

축력과 모멘트를 받는 H형강 주각부의 거동에 관한 해석적 연구

An analytical study on the structural behavior of H shape column base plates under axial loads and moments

김 정 현¹⁾ · 이 승 준²⁾
Kim, Jeong Hyun Lee, Seung Joon

요약 : 본 연구에서는 축력과 모멘트를 받는 H형강 주각부의 거동에 대해 조사하였다. 주각부의 거동을 분석하기 위하여 유한요소해석법을 이용하였으며 주각부의 해석적 모델을 도출하고자 하였다. 6개의 시험체에 대하여 축력비와 앵커볼트 크기, 베이스플레이트의 두께를 변수로 두고 각각의 거동을 알아보려고 하였으며 H형강 주각부의 실험결과와 유한요소해석결과 그리고 해석적 모델을 상호 비교하였다. 또한 일반적으로 축력과 모멘트를 받는 베이스플레이트의 설계에서 가정하는 지압응력과 유한요소해석에 의한 베이스플레이트의 지압응력의 분포를 비교하였다. 연구결과를 비교한 결과 주각부의 거동을 나타내는 초기강성과 항복하중은 유사하게 나왔으며, 지압응력은 베이스플레이트의 두께가 얇을수록 기둥의 하단에 집중되는 현상을 보였다.

ABSTRACT : The purpose of this study is to investigate the behavior of H-shape column base plates subjected to axial loads and moments. In this study, the behavior of H-shape column base plates is investigated using finite element analysis method and an analytical modeling of the base plates is obtained. The variations of six test specimens include ratios of axial load, sizes of anchor bolts, and thicknesses of base plates. The experimental results are compared with the results from the finite element analyses and those of the analytical modeling. Bearing pressures of base plates from the finite element analyses are compared with those that are assumed in the design of the base plates. From the results of the research, it is observed that the initial stiffness and yield strengths in the analytical study are very similar to the experimental results. And bearing pressures are concentrated under column section with thin base plates.

핵심용어 : H형강 주각부, 베이스플레이트, 지압응력.

KEYWORDS : H shape column Base, Baseplate, Bearing Pressure

1. 서론

강구조물의 구조부재의 거동에 관한 연구 중에서 기둥의 주각부에 대한 관심은 비교적 적다. 더욱이 축하중과 모멘트를 받는 경우에 대한 연구결과는 매우 미흡하다. 일반적으로 기둥 주각부의 설계는 베이스플레이트를 강체라 가정하고 이에 따라 하부에 발생하는 지압응력과 휨모멘트의 분포는 그림 1과 같이 선형이라고 가정하여 베이스플레이트를 설계한다.

이 설계방법은 실제 거동보다 높은 안전율을 가지고 있다.

이에 따라 실험과 해석적인 연구로써 베이스플레이트의 거동을 알아보려고 하는 시도가 이루어져 왔다. 콘크리트 지압강도에 대한 최초의 연구는 1876년에 Baushinger에 의해 수행되었으며 그 후 Withey 와 Aston(1939)에 의해 연구결과가 발표되었다.

그리고 Meyerhof(1953)는 콘크리트의 지압강도는 기초의 폭에 대한 콘크리트의 두께의 비에 비례하여 증가함을 발표하였다.

탄성체위에 놓인 베이스플레이트에 대한 연구는 많은 연구

1) 아주대 건축학부 대학원 석사과정
(Tel:031-219-2494, Fax:053-950-6564, E-mail:cjdcns@ajou.ac.kr)
2) 정회원, 아주대 건축학부 교수(sjlee@ajou.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2005년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

자들에 의해 수행되었다. Dewolf(1978)는 무근 콘크리트 입방체위에 놓인 플레이트에 대하여 19개의 실험을 실시하였으며 AISC 기준의 내용이 안전측인 것으로 발표하였다. AISC Manual of Steel Construction의 제7판(1973)에 기술되어있는 설계방법은 다소 안전측의 콘크리트의 허용지압강도를 적용하고 있으며 베이스플레이트의 반력이 등분포하다고 가정하여 안전측으로 설계하는 방법이다. Fling(1970)은 항복선 이론과 탄성플레이트의 휨이론을 적용하여 하중이 적은경우의 베이스플레이트의 두께를 결정하는 방법을 제시하였다.

Stockwell(1975)은 H형강 기둥의 베이스플레이트를 설계할 때 플랜지와 웨브의 유효폭 개념을 도입하는 설계방법을 제시하였다. 그 이유는 지압반력은 등분포하게 분포되지 않으며 최대 반력은 H형태로 되기 때문이다. Dewolf, Fling 그리고 Stockwell등은 베이스플레이트와 지지하는 콘크리트 페테스탈사이의 상호작용을 고려하여 설계방법을 제시하였다.

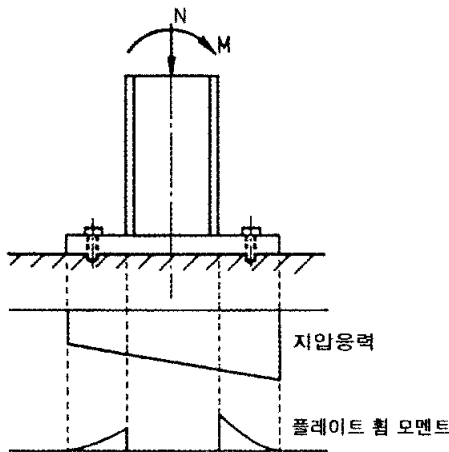


그림 1. 베이스플레이트 하부의 가정된 지압응력과 휨모멘트 분포

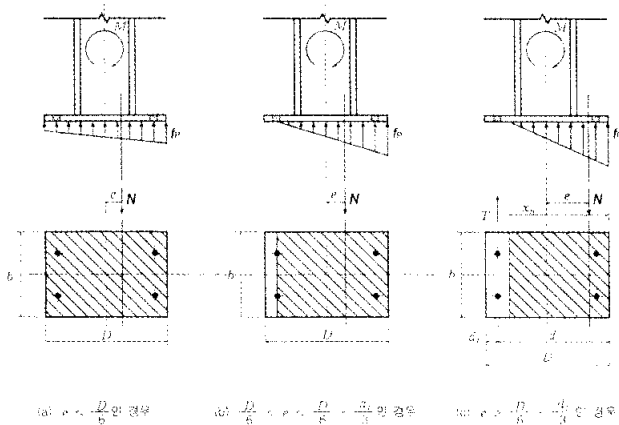


그림 2. 압축응력분포와 앵커 인장력

일반적으로 축력과 모멘트를 동시에 받는 베이스플레이트의 설계식은 그림 2와 같이 모멘트를 축력으로 나눈 편심 ($M/N=e$)에 따라 설계하는 방법이다. 각각의 지압응력의 분포를 그림(a),(b),(c)인 경우로 나누어 지압응력(f_b)과 볼트의 인장력(T)을 계산한다. 각각의 경우에 따라 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$(a) \quad e \leq \frac{D}{6} \text{ 일때}$$

$$f_b = \frac{N}{bD} \left(1 + \frac{6e}{D}\right) \quad (1)$$

$$T = 0 \quad (2)$$

$$(b) \quad \frac{D}{6} < e \leq \frac{D}{6} + \frac{d_t}{3} \text{ 일때}$$

$$f_b = \frac{2N}{3b \left(\frac{D}{2} - e\right)} \quad (3)$$

$$T = 0 \quad (4)$$

$$(c) \quad \frac{D}{6} + \frac{d_t}{3} < e \text{ 일때}$$

$$f_b = \frac{2Ne + \frac{D}{2} - d_t}{bx_n \left(d - \frac{x_n}{3}\right)} \quad (5)$$

$$T = \frac{Me - \frac{D}{2} + \frac{x_n}{3}}{d - \frac{x_n}{3}} \quad (6)$$

위의 식에서 (c)인 경우에 앵커볼트에 인장력이 발생하게 되며 그 값은 식(6)과 같다. 여기서 x_n 은 앵커볼트 인장력과 지압응력이 평형을 이루게 하는 콘크리트의 유효면의 길이이다. 이 값은 수식 또는 도표로써 구할 수 있다.

본 연구의 목적은 축력과 모멘트를 받는 H형강 주각부의 거동을 조사하는 것이다. 주각부의 거동을 나타내는 H형강 기둥 주각부의 하중-변위곡선과 베이스플레이트의 지압응력 분포 등을 유한요소해석에 의해 조사하고 주각부의 해석적 모델을 도출하며 해석결과와 실험결과를 비교하고자 하였다. 또한 현행 사용하고 있는 베이스플레이트의 설계식의 기존 가정과 설계 방법을 비교하고자 하였다.

2. 주각부의 실험결과

축력과 모멘트를 받는 H형강 기둥 주각부의 거동을 조사하기 위하여 실험적 연구가 수행되었다(이태권, 2004). 본 해석적 연구의 결과를 비교하기 위하여 이태권(2004)의 실험결과를 인용하였다. 시험체의 형태는 그림 3과 같으며 표 1은 시험체의 종류를 나타낸다. 시험체는 예상되는 파괴모드에 따라 앵커볼트가 항복되는 경우와 베이스플레이트가 항복되는 경우로 구분하였으며 앵커볼트의 크기와 베이스플레이트 두께를 변수로 제작되었다. H형강 기둥의 단면은 H-150×150×10×12이며 높이는 900mm이다. 베이스플레이트의 크기는 360×360mm를 사용하였으며 두께는 베이스플레이트 항복을 유도하기 위해 16mm, 앵커볼트 항복을 유도하기 위해 40mm로 계획하였다. 앵커볼트가 항복되는 경우 기둥에 작용하는 축력을 고려하여 M20, M16 그리고 M12를 사용하였다. H형강 주각부는 800mm 입방체의 콘크리트 페데스탈에 설치되었으며 두께 30mm의 몰탈 그라우팅을 하였다.

표 1. 시험체 일람표

파괴모드	시험체명	축력비(%)	베이스플레이트	앵커볼트
앵커볼트 항복	SH40-N00	0	360×360×40	M20 (6EA)
	SH40-N15	15	360×360×40	M16 (6EA)
	SH40-N25	25	360×360×40	M12 (6EA)
베이스플레이트 항복	SH16-N00	0	360×360×16	M24 (6EA)
	SH16-N15	15	360×360×16	M24 (6EA)
	SH16-N25	25	360×360×16	M24 (6EA)

조사하기 위해 축력비(N/N_y)는 각각 0%, 15%, 25%를 사용하였다. $N_y = \sigma_y A$ 이며 H형강의 항복하중을 나타내며 각각의 축력비에 따른 축력(N)은 0kN, 264.6kN, 431.2kN이다.

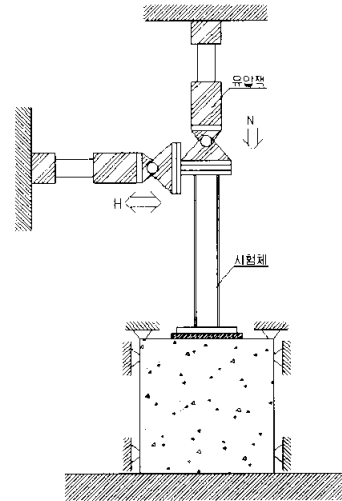


그림 4. 시험체 기력계획

실험은 그림 4와 같이 콘크리트 페데스탈을 구속시켜 H형강 기둥 상단의 변위를 알아보고자 하였다. 일정한 축력을 유지하면서 반복횡력을 주었으며 주각부의 거동을 나타내는 하중-변위 관계를 그래프로 나타낼 수 있었다. 실험 결과를 정리하면 SH40계열에서는 앵커볼트가 베이스플레이트보다 상대적으로 강성이 작기 때문에 앵커볼트의 항복에 의한 파괴모드를 보였다. SH16계열은 베이스플레이트와 기둥의 접합면에서 베이스플레이트가 항복하는 파괴모드를 보였다. 일반적으로 시험체의 거동은 베이스플레이트의 두께와 앵커볼트의 강도에 따라 다르게 나타났으며 축력비가 증가할수록 최대 횡력과 변형능력은 줄어드는 경향을 보였다. 하중-변위 관계 그래프는 5장 실험결과와 해석결과의 비교에서 기술하였다.

3. 유한요소해석(FEM)

유한요소해석법을 이용하여 H형강 기둥 상단의 하중-변위 관계와 베이스플레이트 지압응력 분포 등 주각부의 거동을 알아보고자 하였다. 유한요소해석법은 주각부의 거동과 베이스플레이트의 지압응력을 해석하는데 편리한 방법이다. 특히 콘크리트 페데스탈과 베이스플레이트가 이격되는 경우 해석을 하는데 편리한 방법이다. 유한요소해석은 비탄성해석프로그램인 ANSYS 6.1을 이용하였다. 그림 5는 주각부의 유한요소해석 모델을 보여주고 있다. 시험체는 2축 대칭이지만 주각부 전체를 모델링하였으며 실험시 고려되었던 구속조건과 동

H - 150 X 150 X 10 X 12

A A

Grouting

SECTION A-A'

그림 3. 시험체의 모습

실험에서 주각부에 작용하는 축력의 크기에 따른 거동을

일하게 해석모델에 경계조건을 부여하였다. 베이스플레이트와 H형강기둥은 플레이트 요소로 모델링하였고 앵커볼트와 콘크리트 페데스탈은 3차원 입체요소를 사용하였다. 베이스플레이트와 콘크리트 페데스탈 사이의 몰탈 그라우팅은 압축만을 받을 수 있는 스프링 요소로써 모델링하였다. 스프링 요소는 압축에는 유효하게 지지하며 인장을 받는 경우에는 베이스 플레이트의 들뜸(uplift) 때문에 응력을 받지 못한다. 표 2는 유한요소해석에 적용된 주요한 재료의 정수를 보여주고 있다.

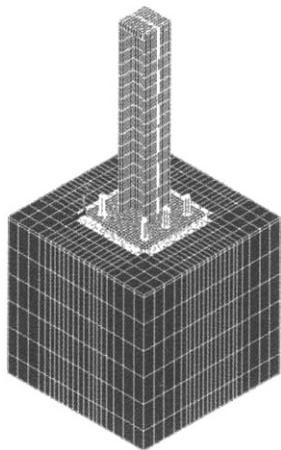


그림 5. 주각부의 유한요소해석 모델

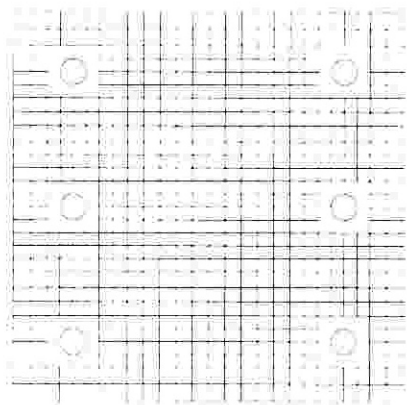


그림 6. 베이스플레이트의 매쉬

표 2. 주요 재료 정수

종 류	요 소	탄성계수 (MPa)	포화중비	항복강도 (MPa)
베이스플레이트	SHELL 181	2.06×10 ⁵	0.3	352.8
앵커볼트	SOLID 45	2.06×10 ⁵	0.3	367.5
콘크리트	SOLID 45	2.06×10 ⁴	0.167	.
그라우트	LINK 10	2.06×10 ⁴	0.167	.
H, 각형강	SHELL 181	2.06×10 ⁵	0.3	.

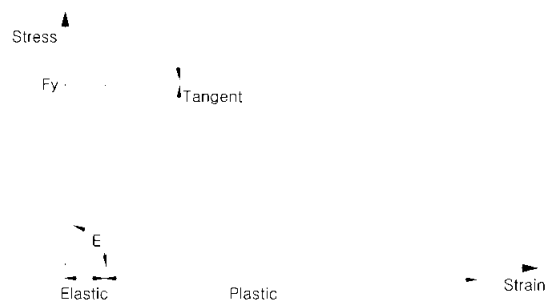


그림 7. 강재의 Bilinear stress-strain 특성

본 해석 모델에 적용된 베이스플레이트와 앵커볼트는 그림 7과 같이 탄성-소성의 bilinear 모델을 적용하였다.

Tangent modulus 값은 인장시험의 결과를 반영하여 베이스플레이트는 E/20을 사용했으며 앵커볼트는 E/50의 값을 사용하였다. 매쉬의 크기는 해석의 시간적 효율과 정확성을 위하여 비교적 정확한 결과를 얻기 위하여 작은 요소망을 생성하였다. 그림 5와 그림 6은 베이스플레이트의 거동을 알아보기 위해 세부적으로 나눈 매쉬의 모습이다. 실험과 동일하게 앵커볼트 크기와 베이스플레이트의 두께를 변수로 두고 모델링 하였으며 축력비에 따라 해석을 수행하였다.

해석에서도 실험과 동일하게 일정한 축력을 유지하면서 횡력을 점진적으로 증가시켰다. 이러한 해석을 하기 위하여 ANSYS의 Multiple Load Step을 이용하였으며 이 방법은 시간이력에 따른 하중을 부여하는 방식으로 시간 간격으로써 하중을 제어하였다.

4. Analytical Modeling

구조물의 거동에 미치는 주각부의 영향을 분석하기 위해서는 간략화된 주각부의 해석모델이 필요하다. 주각부의 거동을 축력을 포함하는 주각부의 모멘트(M)와 회전각(θ)의 관계로 표현할 수 있다. 다만 본 연구에서는 시험체 기둥 상단에서의 횡변위를 결정하는 주각부의 영향요소를 구분하여 조사하였다. 기둥 상단부의 횡변위에 영향을 주는 요소로는 다음과 같이 3가지로 구분된다. 그림 8은 이 3가지 요소들에 의한 기둥 상단부의 횡변위를 그림으로 나타내고 있다.

그림 (a)는 기둥만의 변형을 고려한 것으로 한 쪽 끝단이 고정된 캔틸레버로 간주하여 기둥의 휨모멘트와 전단 영향에 의한 주각부 상단의 변위(Δ_c)를 알아낼 수 있다.

그림 (b)는 기둥과 베이스플레이트의 영향을 고려하지 않기 위해 강재로 가정하고 순수하게 앵커볼트에 걸리는 인장력으로 앵커볼트가 늘어난 길이에 의한 주각부 상단의 변위(Δ_b)를 보여준다.

그림 (c)는 기둥과 앵커볼트를 강체로 가정하고 순수하게 베이스플레이트 변형에 의한 주각부 상단의 변위 (Δ_b)를 나타낸 그림이다. 기둥상단의 하중 변위 곡선은 이 요소들의 합이며 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

$$\sum \Delta_t = \Delta_c + \Delta_b + \Delta_p \quad (7)$$

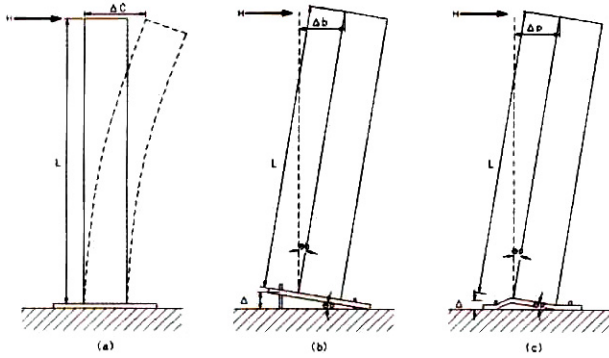


그림 8. 변위 요소

해석적 모델에서 종국상태는 앵커볼트가 항복하거나 베이스플레이트가 항복할 때로 결정할 수 있다. 따라서 횡하중의 최대값은 앵커볼트 또는 베이스플레이트가 항복하는 횡하중 중에서 작은 값을 취하면 된다. 앵커볼트와 베이스플레이트의 항복은 아래 식에 의해 결정된다.

$$T_b = F_y A_b \quad (\text{앵커볼트 항복}) \quad (8)$$

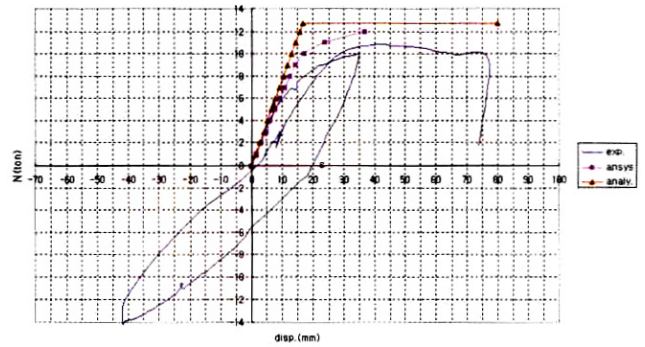
$$M_p = F_y Z_p \quad (\text{베이스플레이트 항복}) \quad (9)$$

따라서 시험체의 횡변위는 탄성-완전소성의 특성을 갖는 모델을 할 수 있다. 이 요소들을 정량적으로 분석함으로써 실험결과와 유한요소해석 결과와 비교하고자 하였다. 주각부의 거동을 주각부의 모멘트(M)와 회전각(θ)의 관계로 표현하기 위해서 Δ_b 와 Δ_p 를 이용할 수 있다.

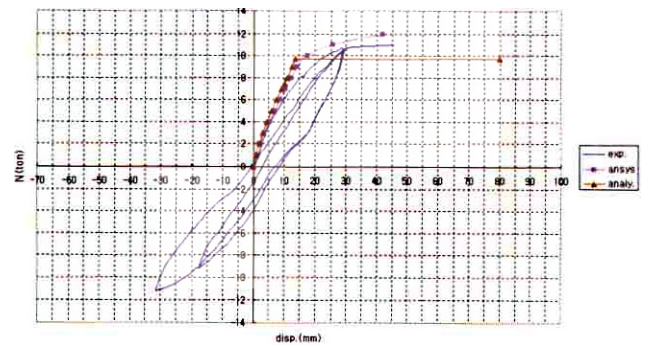
5. 실험결과와 해석결과와의 비교

5.1 기둥-하중변위

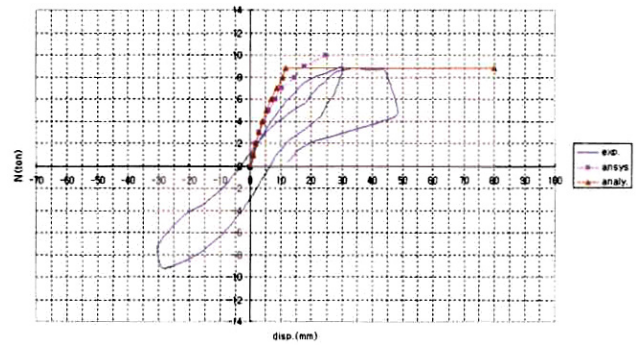
앞에서 기술한 유한요소해석의 결과와 해석적 모델의 결과를 시험체에 대한 실험결과를 하중-변위 곡선으로 비교하였다. SH40계열과 SH16계열의 6개 시험체의 결과를 비교하였다. 이 2가지 계열의 시험체는 파괴모드가 뚜렷하여 주각부의 거동에 미치는 요소들의 영향을 알 수 있기 때문이다.



(a) 하중-변위 곡선(SH40-N00)



(b) 하중-변위 곡선(SH40-N15)



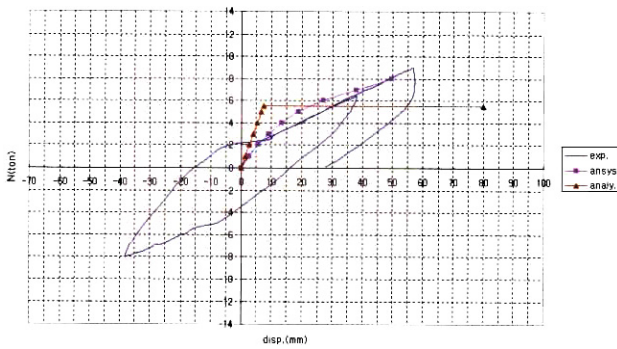
(c) 하중-변위 곡선(SH40-N25)

그림 9. 하중-변위 곡선비교 (SH40계열)

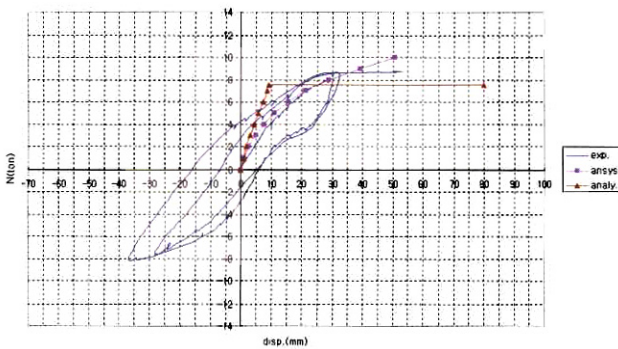
SH40계열의 시험체는 베이스플레이트의 두께가 40mm로써 베이스플레이트의 소성휨모멘트는 50.8kN·m이다. 이 시험체는 축력비에 따라 앵커볼트 크기가 서로 다르며 축력비가 0%, 15%, 25%일때 각각 앵커볼트의 크기가 M20, M16, M12이다. 이 앵커볼트의 항복강도는 115.44kN, 73.89kN, 41.55kN이다. 3개 시험체 모든 경우에 베이스플레이트가 항복하기 전에 앵커볼트가 먼저 항복했다. 그림 9는 실험결과와 해석결과를 하중-변위 곡선으로써 비교한 것이다.

여기서 실험결과를 살펴보면 축력비가 커질수록 최대 횡력의 값은 줄어들었으며 변형능력 또한 줄어든 것을 알 수 있

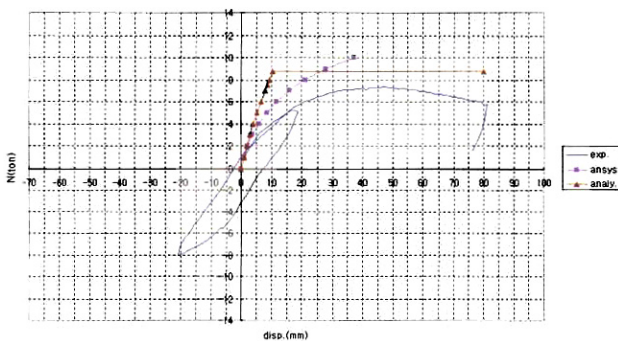
다. 해석결과와 비교한 결과 탄성영역에서의 기울기는 모든 해석에서 거의 유사한 것으로 나타났다. 이것은 탄성구간에서는 앵커볼트의 변형이 지배적이기 때문이다. 또한 앵커볼트의 크기가 작을수록 횡력의 최대값은 작아졌으며 실험과 해석적 모델의 최대하중은 0.1%~18%정도의 오차를 보였다.



(a) 하중-변위 곡선(SH16-N00)



(b) 하중-변위 곡선(SH16-N15)



(c) 하중-변위 곡선(SH16-N25)

그림 10. 하중-변위 곡선비교 (SH16계열)

SH16계열의 시험체는 베이스플레이트의 두께가 16mm로써 베이스플레이트의 소성휨모멘트가 8.13kN·m이며 앵커볼트는 M24로써 항복강도는 166.1kN이다. 두께가 40mm보다 강성이 작으며 많이 변형하는 거동을 보였다. 실험과 유

한요소해석 그리고 해석적 모델에서 베이스플레이트가 먼저 항복하는 것으로 나타났다. 해석적 모델 방법에서 축력비 0%, 15%, 25%일때 횡력이 53.9kN, 73.5kN, 86.24kN이 가해지면 베이스플레이트가 항복하는 것으로 나타났다.

그림 10은 실험결과와 해석결과를 비교한 것이며 초기탄성 강성은 유사한 것으로 나타났다. 횡력의 최대값은 축력비가 0%일때 다소 차이가 났으며 15%, 25%일때는 16%~17%의 오차를 보였다.

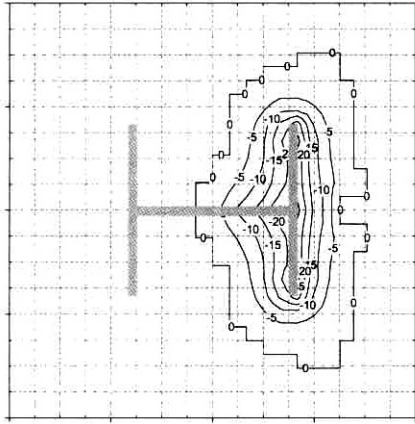
5.2 지압응력분포

그림 11과 그림 12는 축력비 15%, 25%일때 횡력이 39.2kN이 작용한 SH40과 SH16의 지압응력 contour를 보여주는 것이다. 지압응력이 0이 되는 부분은 콘크리트 면과 베이스플레이트 면이 떨어지는 부분으로써 들뜸(uplift)현상이 일어나는 부분이다. 베이스플레이트의 두께가 얇을수록 강성이 작기 때문에 변형이 많이 생겨 기둥의 단부에 지압응력이 집중되는 것을 알 수 있다. 두께가 16mm일때 앵커볼트의 구속영향에 의해 베이스플레이트의 왼쪽 끝단부도 변형하는 것을 알 수 있다.

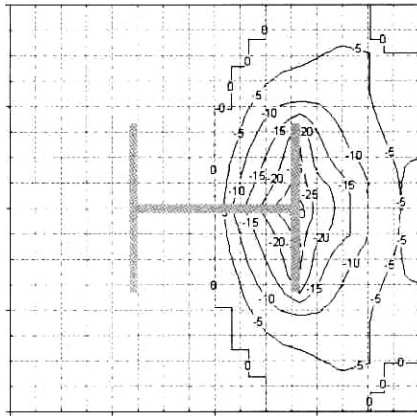
그림 13과 그림 14는 횡력(H)이 39.2kN 일때 축력비 15%, 25%대 한 지압응력의 분포를 유한요소해석의 결과와 기존 설계시 가정되는 지압응력의 값(*)을 비교한 그림이다. 유한요소해석에서 지압응력의 최대값은 시험체 SH40-N15일 때 26.85MPa, SH40-N25일 때 32.05MPa로 나왔으며 시험체 SH16-N15일 때 62.33MPa, SH16-N25일 때 67.914MPa로 나타났다. 최대값이 발생하는 부분은 베이스플레이트의 두께에 따라 다르게 나타난 것을 알 수 있다. 그러나 설계식에서 구한 지압응력의 최대값은 SH40-N15일 때 8.82MPa, SH40-N25일 때 8.82MPa로 나왔으며 SH16-N15일 때 8.04MPa, SH16-N25일 때 8.72MPa로 나타났다. 베이스플레이트 두께가 같으면 축력비에 상관없이 유사한 값이 나왔다.

이는 기존 설계식에서 베이스플레이트의 두께에 따른 영향은 고려하지 않고 편심거리와 인장을 받는 볼트의 단면적만 고려한 것이기 때문에 해석에서 구한 값과 많은 차이를 보였다. 베이스플레이트의 두께가 두껍고 축력이 작으면 지압응력이 끝단에 집중이 되지만 두께가 얇을수록 기둥단부에 응력이 집중되었으며 축력이 커질수록 그 값은 커지는 것으로 나타났다. 또한 베이스플레이트의 두께가 두꺼울수록 지압을 받는 면적은 증가하는 것으로 나왔다. 그러므로 현행 설계식의 베이스플레이트 끝단부의 지압응력이 큰 것이 아니라 기둥 하부의 지압응력을 찾아내어 설계에 반영하는 것이 효율적이라 할

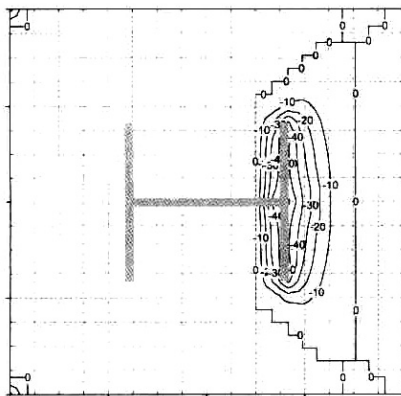
수 있다.



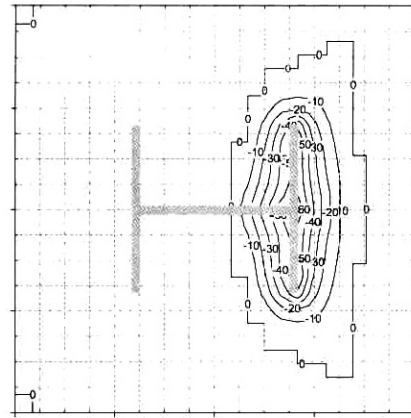
(a) 지압응력의 분포 contour(MPa) (SH40-N15)



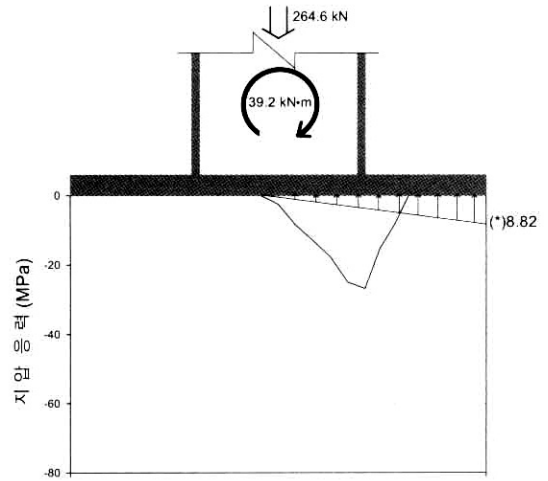
(b) 지압응력의 분포 contour(MPa) (SH40-N25)
그림 11. SH40 지압응력의 분포 contour



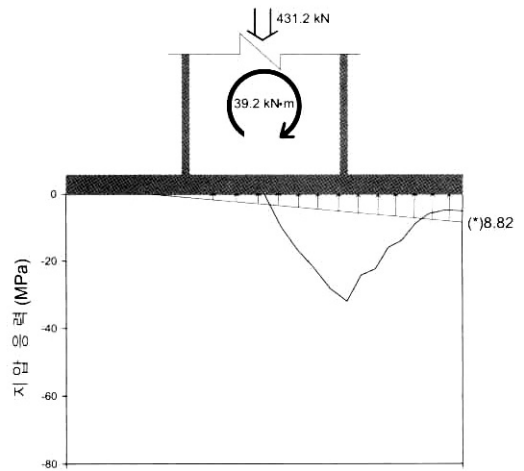
(a) 지압응력의 분포 contour(MPa) (SH16-N15)



(b) 지압응력의 분포 contour(MPa) (SH16-N25)
그림 12. SH16 지압응력의 분포 contour

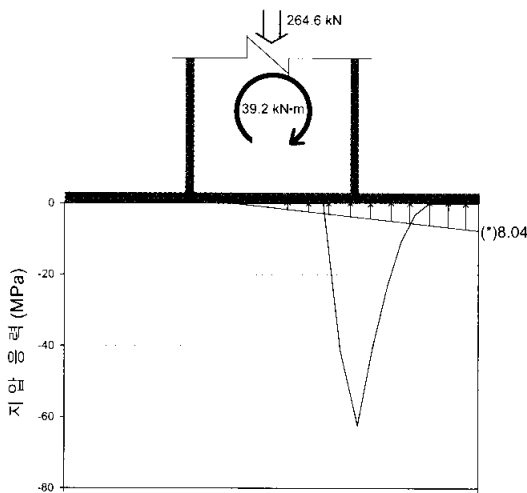


(a) 지압응력의 분포 (SH40-N15)

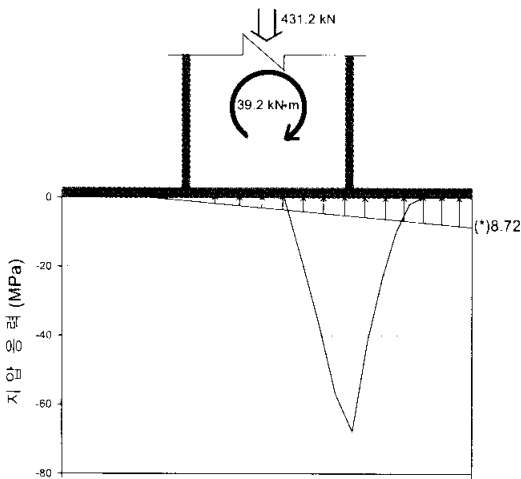


(b) 지압응력의 분포 (SH40-N25)

그림 13. 지압응력의 분포 단면도 (SH40계열)



(a) 지압응력의 분포 (SH16-N15)



(b) 지압응력의 분포 (SH16-N25)

그림 14. 지압응력의 분포 단면도 (SH16계열)

6. 결 론

본 연구는 H형강 기둥 주각부의 지압응력의 분포와 하중-변위 관계를 통한 주각부의 거동을 파악하고자 실시한 것이다. 이를 위해 현행 베이스플레이트의 설계법을 분석하고 실험적 연구결과를 분석하며 주각부의 구조적 거동에 관하여 유한요소해석과 해석적 모델을 이용하여 비교 분석 하였다. 이상의 연구내용에 관한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 주각부에 대한 유한요소해석결과와 실험적 연구결과는 전체적으로 유사하게 나타났다. 탄성초기강성은 매우 유사하게 나타났으며 최대강도는 다소의 오차를 나타냈다. 이것은 앵커볼트, 베이스플레이트, 콘크리트 지압면과의 복잡한 상호작용 때문이라고 판단되며 보완

적인 연구가 필요하다고 사료된다.

- (2) 탄성-완전소성 형태의 해석적 모델은 초기강성과 최대 강도를 예측하기에 비교적 충분한 것으로 나타났다. 그러나 주각부의 중간 소성화과정을 예측하기에는 불충분하며 구조물의 거동에 미치는 주각부의 영향을 분석하기 위해서는 소성화과정을 고려한 해석적 모델을 제시할 필요가 있다.
- (3) 베이스플레이트 하부에 발생하는 지압응력은 설계시 가정하는 것과 크게 차이를 보였으며 두께가 얇고 횡력이 증가할수록 지압응력이 기둥단면의 하부에 집중되는 현상을 보였다.
- (4) 주각부의 거동은 매우 복잡하여 예측하기가 매우 어려운 과제라고 판단된다. 보다 많은 실험적 연구와 해석적 연구가 필요하다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00239-0) 지원으로 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 대한건축학회(1997) 강구조 한계상태 설계기준, 대한건축학회.
- 이태권 (2004) 축력과 모멘트를 받는 철골주각의 거동에 관한 연구, 석사학위 논문, 아주대학교.
- AISC(1994) Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Building, 2nd Ed., Chicago, American Institute of Steel Construction.
- Thompson, B. G., D. L. Wade, and T. M. Murray (1976) Behavior of Lightly Loaded Steel Column Base Plates, Research report submitted to Star Manufacturing Company, Oklahoma City, OK, School of Civil Engineering and Environmental Science, University of Oklahoma- Norman, July.
- Withey, Morton O. and James Aston(1939) Johnson's Materials of Construction John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Meyerf, G. G.(1953) The Bearing Capacity of Concrete and Rock Magazine of Concrete Research: London, vol 4, April.
- Dewolf, John T.(1978) Axially Loaded Column Base

Plates Journal of the Structural Division, ASCE, vol. 104, No. ST5, May.

AISC(1973) Manual of steel Construction American Institute of steel Construction, 7th Ed., New York, pp.3-95.

Fling, R. S.(1980) Design of Steel Bearing Plates Engineering Journal, American Institute of Steel Construction, 8th Ed., Chicago, pp.3-99.

Stockwell, Frank W., Jr(1975) Preliminary Base

Plate Selection Engineering Journal, American Institute of Steel Construction, Vol. 21, No. 3, Third Quarter.

Baushinger, J.(1876) Versuche mit Qudern aus Naturstein, Mitteilungen, Mechanich und Technichen Laboratorium der kgl. Technischen Hochschule, Munich. Germany, Vol. 6.

(접수일자 : 2005. 1. 14 / 심사일 2005. 1. 24 /

심사완료일 2005. 3. 15)