

# K형 가셋트-강관 접합부의 편심접합에 관한 연구

## A Study on Eccentric Joint of K-type Gusset-Tube Connection

김 우 범<sup>1)</sup> · 김 갑 순<sup>2)</sup> · 정 수 영<sup>3)</sup>  
*Kim, Woo Bum Kim, Kap Sun Chung, Soo Young*

요 약 : 본 연구에서는 편심률과 세장비가 고려된 가셋트-강관 접합부의 거동 및 극한 강도를 파악하기 위하여 실험 및 유한요소해석을 수행하였다. 실험체는 가력장치의 용량제한으로 1/3 축소모형 실험체로 제작되었으며, 유한요소해석 모형도 이와 동일한 형태로 설정하였다. 여기서, 본 연구의 주된 관심은 횡력에 의한 편심이 접합부 극한강도에 미치는 영향을 파악하는 것으로, 연구결과 세장비, 횡력비, 가셋트 길이에 따른 횡력의 편심이 주재의 좌굴내력에 미치는 영향을 정량적으로 파악하여 가셋트 플레이트 길이 축소가 가능한 편심접합 사용의 가능성을 파악하였으며, 실험결과와의 비교를 통해 설정된 유한요소해석 모형의 검증도 수행하였다.

ABSTRACT : Experiments and the parametric study based on finite element model were conducted to investigate the behavior and strength of a gusset-tube connection concerned with eccentricity and slenderness ratio. Because of limitations in loading capacity, the specimens were fabricated with 1/3 scale of full size. Of primary interest here are the ultimate strength of connections having eccentricity caused by lateral loads. As a result, the effect of eccentricity on the buckling strength was examined, and the validity of the finite element model adopted in this study was verified through comparing with test results.

핵심용어 : 가셋트-강관접합부, 편심접합, 좌굴내력

KEYWORDS : Gusset-Tube connection, Eccentric joint, Buckling strength

### 1. 서론

강관트러스 구조물의 가셋트 플레이트 접합은 현행 설계법<sup>(4)(5)</sup>에서 사재의 교점을 주재의 중심선 상에 일치시키도록 하고 있기 때문에, 강관구

조물의 대형화에 의한 주관 직경의 상승은 가셋트 플레이트 크기를 증가시키고, 이로 인해 구조물 전체 물량이 증가하게 된다. 하지만 사재의 교점을 주재의 관벽에 일치하도록 접합하는 내편심 접합은 가셋트 플레이트 크기 축소로 인한 구

1) 정회원, 한국전력공사 책임연구원, 공학박사

2) 학생회원, 충남대학교, 대학원 박사과정

3) 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 2001년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

조물 전체의 물량절감을 가능하게 한다. 그러나 이는 주재의 세장비가 증가함에 따라 횡력의 편심에 의해 주재에 휩모멘트를 발생시키게 되므로 주재의 좌굴내력을 저하시킬 수 있게 된다.<sup>(7)(8)</sup>

따라서 본 연구의 선행연구<sup>(1)</sup>에서는 주재의 세장비가 작은 경우에는 내편심\*<sup>1)</sup>은 무편심\*<sup>2)</sup>과 비교할 때 동등이상의 내력을 보인다는 결론을 얻었으므로, 본 연구에서는 강관구조의 가셋트 플레이트 접합에서 구조물 전체의 물량절감과 시공성을 향상시키는 내편심접합의 성능을 종합적으로 파악하기 위하여 축소모형실험 및 유한요소해석을 수행하였다.

## 2. 접합부의 유한요소해석

그림 1과 같이 편심·세장비가 고려된 강관 접합부에 축력 및 횡력이 작용할 경우 접합부의 응력분포는 상당히 복잡한 양상을 나타내며 극한강도의 평가는 이론적인 방법으로는 현실적으로 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 가셋트-강관 접합부의 응력분포 및 집중현상을 파악하고 실험결과와의 비교를 위하여 유한요소해석을 수행하여 접합부의 극한강도를 추정하였다.

유한요소해석은 부재의 초기결합을 고려하고, 좌굴 후 거동을 파악할 수 있도록 Riks analysis를 수행하였으며 강관의 국부좌굴변형과 소성

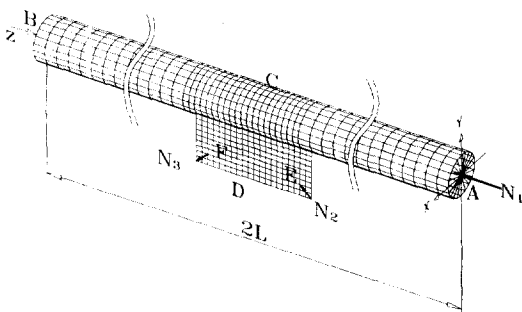


그림 1. 시험체의 유한요소해석 모형

\*1) 횡력의 중심을 가셋트-강관 부착면에 일치시킨 접합  
\*2) 횡력의 중심을 주관의 중심에 일치시킨 접합

흐름을 정확히 모델링하기 위하여 ABAQUS 5.8<sup>(9)</sup>의 S4R5 요소를 사용하였고, 이 요소는각 노드마다 5개의 자유도를 갖는 4노드 4변형 쉘요소이다. 매쉬(mesh) 분할은 그림 1과 같이 예비 해석을 통해 응력집중 현상 및 정확한 최대내력 추정이 가능하도록 설정하였으며, 해석시험체의 형상은 실험결과와의 비교를 위해 축소모형 실험체와 동일한 조건으로 모델링하였다.

재료의 탄성계수와 프아송비는 각각  $2.1 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$ , 0.3으로 적용하였으며, 해석시험체의 항복조건은 von-Mises의 항복조건을 사용하였다. 또한 재료의 항복응력은 실험결과와의 비교를 위한 실험체는 소재 실험결과를 그대로 적용하여 완전소성(perfect-plastic) 응력-변형률곡선으로 가정하였으며, 추가적인 실험체는  $\sigma_y = 3.3 \text{tf/cm}^2$ 으로 동일하게 적용하였다.

해석 시험체에 적용된 경계조건은 축소모형 실험시의 조건을 그대로 구현하기 위하여, 그림1과 같이 주관의 단부에 다이아프램을 설정하여 주절점(그림 1의 B점)을 x축 회전만 가능하게 한 힌지로, A점을 z축 방향으로의 이동 및 x축 회전만 가능하게 한 롤러지지로 설정하였다. 또한 주관의 상부 C점은 y 및 z축 방향의 이동을 자유롭게 하고, 가셋트플레이트 중앙하부의 D점은 z축으로 이동만 가능하게 하며, 두 점 모두 회전은 모든 방향에 대해 자유롭게 하였다.

그림 1에서와 같이 하중재하는 주관단부 A점의 z축상에 주관 도입축력으로 집중하중  $N_1$ 을 가셋트플레이트 내의 E, F점에 지관 도입축력으로 집중하중  $N_2$ ,  $N_3$ 를 작용시켰다.

## 3. 접합부의 축소모형 실험

### 3.1 사용재료 및 재료의 기계적 성질

본 실험에 사용한 강관의 재질은 SPS400으로, 강관의 기계적 성질을 평가하기 위해 시험편은

KS B 0801의 제12호 시험편으로 제작하였다. 소재 인장강도 실험으로부터 평가된 각 시험편의 기계적 성질은 표 1에 나타났다. 실험결과 소재의 항복강도는 2.31~2.47  $tf/cm^2$  정도로 평가되었고, 최대 인장강도는 2.87~2.98  $tf/cm^2$ 로 평가되었다.

표 1. 사용 재료의 기계적 성질

Name	$\sigma_y$ $tf/cm^2$	$\epsilon_y$ $\times 10^{-3}$	$\sigma_u$ $tf/cm^2$	E $tf/cm^2$	$\sigma_y/\sigma_u$ (%)	연신률 (%)
TC2-2	2.33	1.02	2.97	2438	78.3	33.76
TW2-2	2.31	1.11	2.87	2170	80.4	37.13
TC4-2	2.41	1.16	2.98	2288	81.0	35.56
TW4-2	2.41	1.16	2.98	2288	81.0	35.56
TN6-0	2.47	1.21	2.95	2138	83.8	37.36
TC6-2	2.41	1.16	2.98	2288	81.0	35.56
TW6-2	2.31	1.11	2.87	2170	80.4	37.13
TC6-8	2.47	1.21	2.95	2138	83.8	37.36
TW6-8	2.31	1.11	2.87	2170	80.4	37.13
TC8-2	2.31	1.11	2.87	2170	80.4	37.13
TW8-2	2.31	1.11	2.87	2170	80.4	37.13

(E=탄성계수,  $\sigma_y$ =항복응력도,  $\sigma_u$ =인장강도,  $\epsilon_y$ =항복변형률)

### 3.2 단주 압축 실험

단주 압축 실험은 인장실험 결과와의 비교를 통해 제작시의 잔류응력의 영향, 폭두께비에 의한 국부좌굴의 영향을 파악하기 위하여 실시하였다. 시험체는 잔류응력의 영향을 포함하고, 압축시 탄성영역에서 좌굴하지 않도록 SSRC추장에 따라 직경의 3배를 모재로부터 절취하여 양단부에 end plate를 용접 부착하여 제작하였다. 실험은 200tf UTM(만능시험기)을 사용하여 시험체 상·하단부에 구좌를 설치하여 단순재하 하였다. 실험결과, 실험체는 최대하중( $N_u$ )가 8.812  $tf$ 에 이를 때 부재 중앙부의 국부좌굴에 의해 파괴되었으며, 최대응력( $N_u/A$ )은 2.49  $tf/cm^2$ , 항복비( $N_u/N_y$ )는 1.04로 나타났다. 여기서  $N_y$ 은 항복축력으로 재료의 인장시험에서 얻어진 항복응력

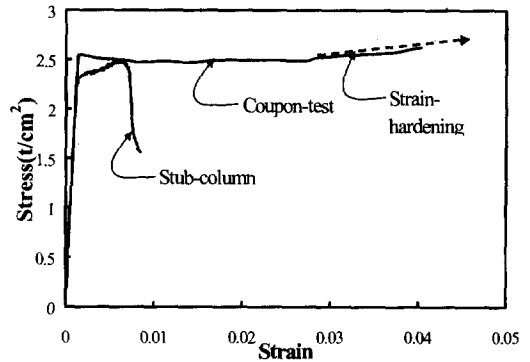


그림 2. Stub-Column 실험결과

( $\sigma_y$ )에 공칭단면적(A)을 곱한 것으로 하였다. 그림 2에 나타난 바와 같이 실험체는 재료실험결과와 비교해 제작시의 잔류응력의 영향으로 항복전에 비선형성을 보이며 항복후 소성영역에서 국부좌굴로 파괴되었다. 이로부터 국부좌굴은 소성영역에서 발생하므로 부재의 항복내력에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

### 3.3 실험체 계획 및 접합부 형상

세장비, 편심률, 횡력비가 고려된 강관 접합부의 실험을 표 2와 같이 계획하였다. 모든 실험체는 1/3 축소된 축소모형 실험체로 총 11개의 실험체를 계획하였고 폭·두께비는 51.1로 동일하게 적용하였다.

표 2에서 실험체 강관의 직경(D)는 76.6 mm, 두께(t)는 1.5mm, 가셋트 길이는 200 mm로 동일하게 적용하였고, 가셋트 플레이트는 PL-9를 사용하였다. 표 2에서  $\lambda_c$ 는 무차원화 세장비로  $\lambda_c = \lambda / (\pi \sqrt{E/\sigma_y})$ 로 산정할 수 있다. 또한 횡력비( $\alpha$ )는 주관의 축력에 대한 지관 횡력의 수직분력의 비로 나타내었다.

$$\alpha = ((N_2 + N_3) \cos \theta) / N_1$$

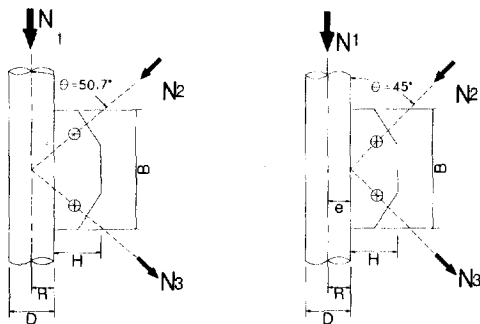
접합부의 형상과 하중조건, 실험체의 형상 및 측정위치는 그림 3과 그림 4에 나타내었다.

표 2. 실험체 제원

실험체명	세장비		횡력비 (%)	편심률 (e/R)	지점간거리 2L(mm)
	$\lambda$	$\lambda_c$			
TC2-2	20	0.22	20	0	1060
TW2-2	20	0.22	20	1	1060
TC4-2	40	0.43	20	0	2120
TW4-2	40	0.43	20	1	2120
TN6-0	60	0.65	20	0	3180
TC6-2	60	0.65	20	0	3180
TW6-2	60	0.65	20	1	3180
TC6-8	60	0.65	80	0	3180
TW6-8	60	0.65	80	1	3180
TC8-2	80	0.87	20	0	4240
TW8-2	80	0.87	20	1	4240

\* TC2-2— 축력에 대한 횡력의 수직분력비(0:0%, 2:20% ...)

- 주관의 세장비(2:  $\lambda=20$ , 4:  $\lambda=40$  ...)
- 횡력의 중심 (N: 횡력×, C: 무편심, W: 내편심)
- 실험체 단면 형상 (tubular: 원형)



(a) 무편심(e/R=0) (b) 내편심(e/R=1)

(\* B=200, D=76.6, H=80)

그림 3. 접합부 형상 및 하중조건

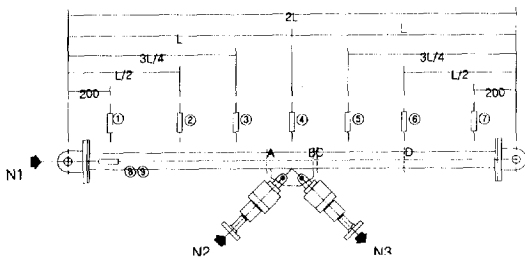


그림 4. 실험체 형상 및 측정위치

### 3.4 실험방법 및 측정방법

하중가력은 주관의 축력은 50tf 용량의 오일잭 (Oil Jack)을 사용하여 주관의 단부에서 가력하였고, 지관으로부터의 횡력은 2대의 20tf 용량 오일잭(Oil Jack)에 의해 압축과 인장력을 가력하였다. 실험체의 지지조건은 반력측은 이동이 없는 핀지지로하고, 재하측은 관축방향만 이동자유인 핀지지로 하였다. 또한 주관의 중앙부(가셋트 플레이트 중앙부)는 관축방향만 이동자유인 경계조건을 가지므로, 회전에 의한 변형은 구속시키지 않았지만 면의 변형방지를 위해 단면의 4점을 롤러로 지지하였다.

재하시 실험체에 발생하는 복잡한 응력거동을 파악하기 위해 스트레인 게이지를 그림 4의 A~D단면에 부착하여 접합부와 강관부의 변형률을 측정하였고, SDT(변위 측정기)를 그림 4와 같이 설치하여 관축방향 및 축의 직각방향 변위를 측정하여 부재의 좌굴모드와 하중-변위의 관계를 파악하였다.

### 4. 실험결과

#### 4.1 실험체의 최대내력

표 3은 실험결과와 유한요소 해석결과를 비교한 것이다. 표 3에서 해석결과는 실험체 제작시의 초기 휨변형, 잔류응력등의 원인으로 실험결과를 다소 과대평가하고 있지만, 최대내력의 오차가 8% 이내이고, 세장비, 편심률, 횡력비에 따른 최대내력의 분포와 거동이 일치하므로 세장비를 고려한 강관접합부 실험체의 유한요소해석에 의한 거동 파악이 가능함을 알 수 있다.

#### 4.2 실험체의 파괴성상

표 4에는 실험체의 파괴위치, 파괴형태, 좌굴형상을 나타내었다. 표4에서 볼 수 있듯이 TC형

표 3. 실험결과와 유한요소해석 결과 비교

Name	N <sub>y</sub> (tf)	FEM		EXP		$\frac{N_{r-f}}{N_{r-e}}$
		N <sub>r-f</sub> (tf)	$\frac{N_{r-f}}{N_y}$	N <sub>r-e</sub> (tf)	$\frac{N_{r-e}}{N_y}$	
TC2-2	8.246	7.938	0.963	7.6	0.922	1.044
TW2-2	8.175	7.83	0.958	7.55	0.924	1.037
TC4-2	8.529	8.19	0.960	7.843	0.920	1.044
TW4-2	8.529	8.172	0.958	7.998	0.938	1.022
TN6-0	8.741	8.625	0.987	8.523	0.975	1.012
TC6-2	8.529	8.19	0.960	7.829	0.918	1.046
TW6-2	8.175	7.434	0.910	6.917	0.846	1.075
TC6-8	8.741	6.453	0.738	6.3	0.721	1.024
TW6-8	8.175	6.912	0.845	6.825	0.835	1.013
TC8-2	8.175	7.848	0.960	7.325	0.896	1.071
TW8-2	8.175	6.75	0.826	6.297	0.770	1.072

(FEM : 유한요소해석 결과, EXP : 실험결과, N<sub>y</sub> : 항복하중, N<sub>r-e</sub> : 실험에 의한 최대하중, N<sub>r-f</sub> : 유한요소해석에 의한 최대하중)

표 4. 실험체의 파괴성상

실험체명	파괴위치	파괴형태	부재좌굴형상
TC2-2		가셋트 하단부 국부 소성 변형	
TW2-2		가셋트 하단부 국부 좌굴	
TC4-2		가셋트 하단부 국부 소성 변형	
TW4-2		강관부 국부 좌굴	
TN6-0		강관부 휨 좌굴	
TC6-2		가셋트 하단부 국부 소성 변형 + 강관부 휨 좌굴	
TW6-2		강관부 휨 좌굴	
TC6-8		가셋트 하단부 국부 소성 변형	
TW6-8		강관부 휨 좌굴	
TC8-2		강관부 휨 좌굴	
TW8-2		강관부 휨 좌굴	

실험체의 파괴모드는 세장비가 작은 TC2-2, TC4-2실험체에서는 관벽모멘트로 인한 접합부의 국부소성변형으로 파괴되고, 세장비가 증가함에 따라 TC6-2실험체는 접합부 국부소성변형과 강관부 휨좌굴이 복합적으로 일어나는 파괴거동을 보이고, 세장비가 비교적 큰 TC8-2실험체는 강관부의 휨좌굴로 파괴되었다. 또한 TW형 실험체의 파괴모드는 세장비가 작은 TW2-2 실험체에서는 횡력에 의한 응력 집중으로 인해 가셋트하단부의 국부좌굴로 파괴되고, 세장비가 증가함에 따라 국부좌굴의 위치가 가셋트하단부에서 강관부쪽으로 이동되고 있으며, 세장비가 비교적 큰 TW6-2, TW8-2실험체에서는 편심모멘트로 인한 강관부 휨좌굴로 파괴되었다. 하지만 횡력비가 큰 TC6-8실험체는 비교적 세장비가 클지라도 접합부의 관벽모멘트 영향이 커서 접합부 국부소성변형으로 파괴되었으며, TW6-8 실험체는 강관부의 휨좌굴로 파괴되었다. 또한 TN6-0실험체는 가셋트하부에 추가적인 압축력이 작용하지 않으므로 가셋트 상부에서 강관부 좌굴로 파괴되었다.

### 4.3 각 변수에 따른 영향

#### 4.3.1 세장비에 따른 편심영향

그림 5과 그림 6에는 TC형 실험체와 TW형 실험체의 세장비 증가에 따른 하중-변위곡선을 나타내었다.

그림 5의 TC형 실험체의 경우엔 세장비 증가

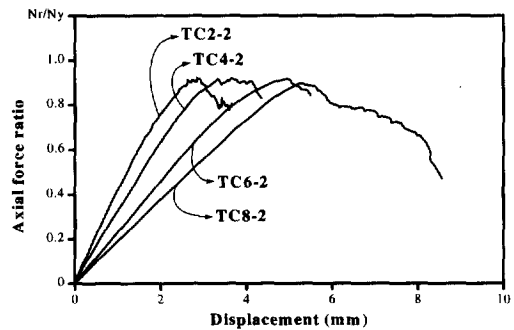


그림 5. 세장비에 따른 축력-변위곡선 I

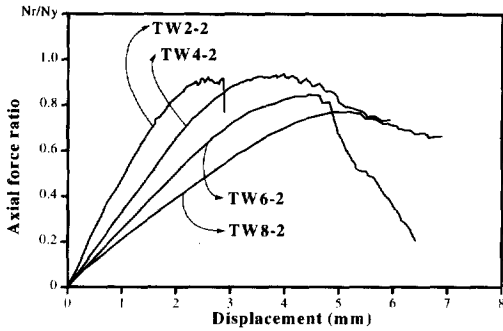


그림 6. 세장비에 따른 축력-변위곡선II

에 따른 내력저하가 미소하나 그림 6의 TW형 실험체의 경우엔 내력저하가 큼을 알 수 있는데, 이는 세장비가 커질수록 부재의 좌굴내력에 의해 최대내력이 결정되므로 TW형 실험체의 경우 횡력에 의한 편심모멘트로 인해 주관의 좌굴내력이 크게 저하되기 때문이다.

#### 4.3.2 횡력비에 따른 편심영향

그림 7과 그림 8에는 세장비가 60인 경우의 TC형 실험체와 TW형 실험체의 횡력비 증가에 따른 하중-변위곡선을 나타내었다. TC형 실험체의 경우 접합부의 국부소성변형에 의한 파괴가 이루어지므로 그림 7에서 볼 수 있듯이 횡력비가 증가할수록 접합부의 관벽모멘트 증가로 인한 내력저하가 뚜렷이 나타나지만, TW형 실험체에서는 그림 8과 같이 횡력비가 20%에서 80%로 증가할 때 이에 따른 내력저하는 크게 나타나지 않

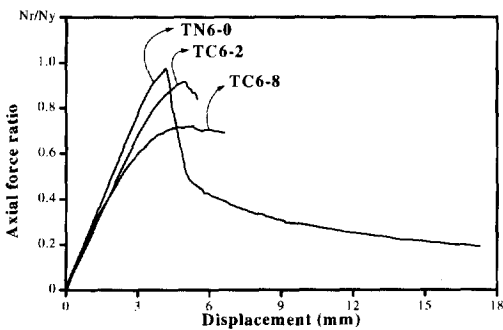


그림 7. 횡력비에 따른 축력-변위곡선 I

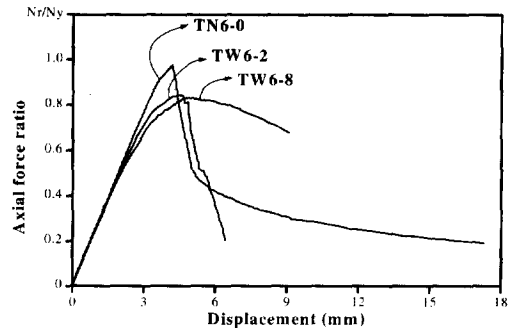


그림 8. 횡력비에 따른 축력-변위곡선II

는데, 이는 세장비가 60인 경우 강관부의 휨 좌굴에 의한 파괴가 이루어지고 하중가력시 축력에 의한 2차모멘트 효과와 횡력에 의한 편심모멘트가 동시에 발생하기 때문으로 파악된다.

#### 4.3.3 세장비, 횡력비에 따른 최대내력

세장비, 횡력비에 따른 내편심점합의 영향을 파악하기 위하여 그림 9에는 세장비-횡력비-편심률에 따른 최대내력값을 나타내었다. 그림 9에서 알 수 있듯이 세장비가 40이하에서는 내편심 점합의 경우가 무편심 점합과 비교할 때 동등이상의 내력을 나타내지만, 세장비가 커질수록 편심모멘트로 인한 주관의 좌굴내력 저하가 발생하기 때문에 내편심점합 실험체의 내력이 더 작게 나타남을 알 수 있다. 하지만, 횡력비가 큰 실험체에서는 내편심인 실험체의 내력이 무편심인 실험체의 내력보다 크게 나타남을 알 수 있는데, 이는

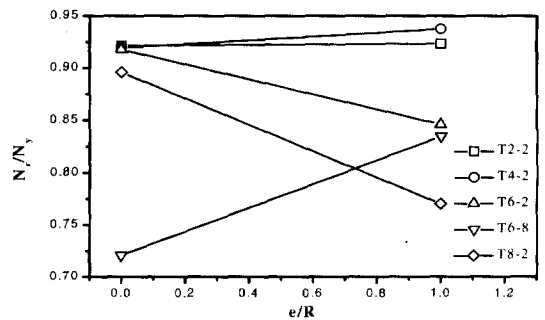


그림 9. 세장비-횡력비-편심률에 따른 최대내력

무편심 집합의 경우 횡력비가 클 경우에는 횡력에 의한 관벽모멘트 증가로 인해 집합부의 내력이 크게 저하되기 때문이다.

## 5. 해석결과

축소모형실험에서는 실험장치의 제한과 가벽기의 용량제한으로 제한된 범위의 세장비와 횡력비에 대한 검토만을 수행하였으므로, 편심집합의 성능을 종합적으로 파악하기 위하여 각 변수에 따른 집합부의 유한요소해석을 수행하여 시험체의 극한강도를 추정하였다.

### 5.1 각 변수에 따른 영향

#### 5.1.1 세장비에 따른 편심영향

횡력비가 20%이고, 가셋트 길이가 200mm인 시험체의 세장비-편심률에 따른 집합부의 최대내력 분포를 그림 10에 나타내었다.

세장비와 편심률의 변화에 따른 최대내력은 그림 10에서 볼 수 있듯이 내편심집합의 경우 세장비가 50이하에서는 무편심에 비해 거의 동등한 내력을 보였으나, 그 이상의 세장비에서는 세장비 증가에 따라 부재 편심모멘트로 인한 주관의 좌굴내력저하로 내력저하 비율이 점점 증가됨을 알 수 있다. 하지만, 외편심집합의 경우는 관벽모멘트와 편심모멘트가 동시에 작용하므로 최대내력이 모든

경우에 대하여 무편심의 경우보다 낮게 나타남을 볼 수 있다. 또한 이러한 편심집합으로 인한 내력저하는 한계세장비( $\lambda_p=80$ ) 근처에서 외·내편심의 모든 경우에 대해 가장 크게 나타나고, 그 이상에서는 주관의 좌굴내력에 의해 최대내력이 결정되므로 외편심과 내편심의 내력저하 비율이 동등해짐을 볼 수 있다.

세장비가 큰 경우에는 주관의 좌굴내력이 부재강도를 전적으로 지배하기 때문에, 횡력의 편심( $e/R$ )이 최대내력에 미치는 영향이 크지 않은 것을 볼 수 있다.

#### 5.1.2 횡력비에 따른 편심영향

세장비가 60이고 가셋트 길이가 200mm인 시험체의 횡력비-편심률에 따른 집합부의 최대내력 분포를 그림 11에 나타내었다.

횡력비 변화에 따른 최대내력은 그림 11에서 볼 수 있듯이 내편심집합의 경우 세장비가 증가할 지라도 횡력비가 큰 경우에는 무편심과 비교해 동등이상의 내력을 보임을 알 수 있었다. 이는 횡력비가 큰 경우에는 내편심에서 세장비 증가에 따른 주관의 좌굴내력저하가 발생하지라도, 무편심 경우의 관벽모멘트로 인한 집합부 내력저하가 더욱 크게 발생하기 때문으로 파악된다.

또한 외편심집합의 경우는 관벽모멘트와 편심모멘트가 동시에 작용하므로 횡력비가 증가할지라도 모든 경우에 대하여 무편심의 경우보다 최대내력

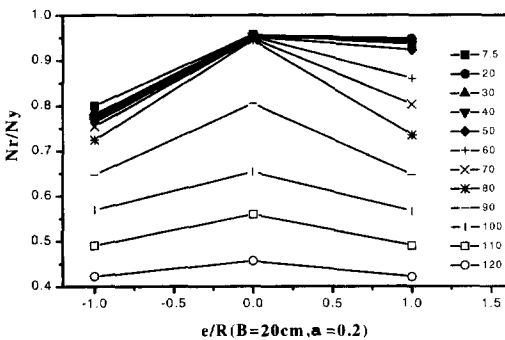


그림 10. 세장비-편심률에 따른 최대내력 비교

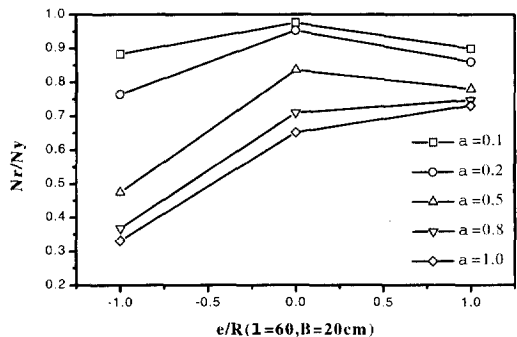


그림 11. 횡력비-편심률에 따른 최대내력 비교

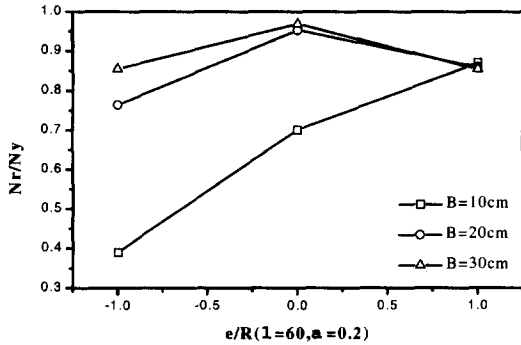


그림 12. 가셋트길이-편심률에 따른 최대내력 비교

이 낮게 나타남을 볼 수 있다.

### 5.1.3 가셋트 길이에 따른 편심영향

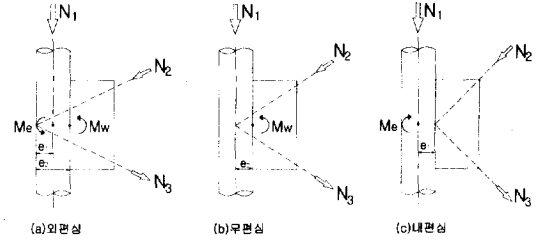
횡력비가 20%이고 세장비가 60인 시험체의 가셋트길이-편심률에 따른 접합부 최대내력 분포를 그림 12에 나타내었다.

그림 12에서와 같이 가셋트길이 변화에 따른 최대내력은 가셋트길이가 작은 경우엔 내편심접합이 무편심의 내력을 상회함을 볼 수 있는데, 이는 가셋트 길이가 작아질수록 접합부내력이 저하되므로, 관벽모멘트로 인한 접합부 내력저하가 현저하게 발생하기 때문으로 파악된다. 외편심접합의 경우는 관벽모멘트와 편심모멘트가 동시에 작용하므로 가셋트 길이가 작아질수록 내력저하 비율이 더욱 커져 모든 경우에 대하여 무편심의 경우보다 최대내력이 낮게 나타남을 볼 수 있다.

## 5.2 결과 분석

이상의 세장비, 횡력비, 가셋트길이, 편심률이 고려된 가셋트-강관 접합부의 유한요소해석에 의한 거동특성의 분석결과를 종합하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

먼저, 편심률에 따른 가셋트-강관접합부의 파괴 거동은 그림 13과 같이 나타낼 수 있다. 따라서 세장비가 고려된 가셋트-강관 접합부의 내편심접합의 성능에 대한 종합적인 사항을 고찰할 때, 세



$$\begin{aligned} \text{횡력의 수직분력}(N_v) &= (N_2 + N_3) \cos \theta \\ \text{부재 편심모멘트}(M_e) &= e_1 \cdot N_v \\ \text{접합부 관벽모멘트}(M_w) &= e_2 \cdot N_v \end{aligned}$$

그림 13. 편심률에 따른 파괴거동

장비가 작을수록, 횡력비가 클수록, 가셋트길이가 짧을수록 최대내력은 강관부가 아닌 접합부내력에 의해 결정되며, 이러한 경우 내편심접합은 무편심접합에 비해 동등이상의 내력을 나타낼 수 있음을 알 수 있다. 또한 이러한 가셋트-강관접합부의 파괴거동은 세장비, 횡력비, 가셋트길이 등의 영향요소들에 의해 복합적으로 나타남을 알 수 있다.

## 6. 결론

축력 및 횡력을 받는 가셋트-강관접합부의 세장비, 횡력비, 편심률에 따른 실험 및 유한요소해석 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 실험결과, 횡력비가 0.2일 때  $\lambda_c$ 가 0.43이하에서는 무편심의 경우엔 접합부의 국부소성변형이 내편심의 경우엔 국부좌굴이 최대내력의 결정요소가 되었고,  $\lambda_c$ 가 0.65이상에선 접합부와 강관부의 복합적인 파괴거동이 발생했으나, 횡력비가 큰 TC6-8 실험체는 세장비가 클지라도 접합부의 국부소성변형에 의한 파괴양상을 나타냈다.
- (2) 실험결과, 횡력비가 0.2일 때  $\lambda_c$ 가 0.43이하의 경우에는 내편심접합은 무편심과 비교해 동등이상의 내력을 보이므로 이에 의한 가셋트길이 축소가 가능하지만,  $\lambda_c$ 가 0.65



이상에서는 편심모멘트로 인한 주관의 좌굴 내력 저하가 발생되므로 이에 의한 영향을 고려할 필요가 있다

- (3) 유한요소법에 의한 결과는 실험결과와 비교해 최대내력의 오차가 8%이내이고, 파괴모드, 변형형상, 응력분포를 잘 예측하므로 이에 의한 파괴거동 예측 및 내력평가가 가능하다.
- (4) 세장비가 작을수록, 횡력비가 클수록, 가셋트 길이가 짧을수록 최대내력은 접합부내력에 의해 결정되며 이러한 경우 내편심접합은 무편심접합에 비해 동등이상의 내력을 나타내며 이에 의한 가셋트길이 축소가 가능하다. 따라서 내편심접합의 적용성은 주재의 세장비, 횡력비, 가셋트길이 등의 복합적인 영향을 고려하여 검토되어야 한다.

본 연구는 초대형구조연구센터(ERC)의 지원으로 수행되었기에 이에 감사의 뜻을 표합니다.

## 참 고 문 헌

1. 김우범 외, "가셋트 플레이트를 부착한 원형강관 접합부에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 1997. 3
- 2.3. 장수영 외, "K형 가셋트-강관 접합부의 편심 접합에 관한 실험적(해석적) 연구", 한국 강구조학회 학술발표 논문집, 2000. 6
4. 한국전력공사, "架空送電用 鐵塔設計標準"
5. 대한건축학회, "강관구조 설계기준 및 해설" 1998.
6. 日本建築學會, "鋼管構造設計指針 同解説", 1990.
7. 日本建築學會, "鋼管構造의 偏心接合에 관한 實驗的 研究", 1992. 3
8. 日本建築學會, "鋼管構造의 偏心接合에 대한 主管의 彈塑性解析", 1997. 2
9. ABAQUS Manual(Version 5.8), HKS Inc.
10. "세장비가 고려된 가셋트-강관 접합부의 거동 특성에 관한 연구" 김갑순, 충남대학교 대학원 학위논문(석사)

(접수일자 : 2000년 11월 13일)