

비계지지브라켓 유형별 구조기준 설정에 관한 실험적 연구

Establishing the Structural Criteria to install Scaffolding-Use Brackets

손기상*·갈원모**
Ki-Sang Son·Won-Mo Kal

ABSTRACT

It is only three(3) years since we applied brackets for scaffolding in the construction area. Unfortunately, there is no structural criteria on how to install those in the site so far, despite the fact that those brackets have been applied into the site by the firms already.

It is shown that resistant capacity of each bracket type has been investigated, analyzed from this experimental study.

Accident-concerning data on construction site analyzed by the Ministry of Labor, show temporary structure involves 18.6% of the total industrial accidents, which the accidents from scaffold-supporting brackets have rate of 42.5% of the ones occurred from the temporary structures.

There are two main aspects to be observed : one is how much resistant capacity the brackets have themselves, the other is how exactly to install those without eccentricity. But practically, nobody does check of this bolt-installing conditions in the site and no check of tightening level of nut because there is no available tool to check torque amount for this kind of nut. We just have to rely on scaffolders experience of this tightening. This experiment involves just this variable of tightness at site. Eventually this insufficient tightness causes to collapse those scaffolding structures. The bracket might have less the one than its original capacity due to this insufficient tightness.

Three(3) times of PIVOT tests show that fractured condition of two(2) row brackets has occurred mostly at lower bolt due to shear force.

Therefore, tightness of bracket-installing bolt, tensile strength of the bolt, shear strength of the bolt, loading condition with equal two point or unequal two point loads, are mainly investigated as variables in this study.

* 산업안전교육원

** 서울보건전문대 산업안전과

1. 서 론

국내에서 가설비계지지 브라켓을 사용한지는 불과 3년에 지나지 않는다. 공사지면 레벨에서부터 강관비계, 틀비계 등을 설치 가설하는 경우 상부공정 때문에 해체 할 수 없는 상황에서 지면레벨의 주위의 굴착공사를 필요로 하는 경우가 발생한다. 이러한 비용 손실 및 공정 지연에 직접관련 되는 난관의 사전예방조치로서 비계지지 브라켓을 1층 바닥 레벨에 주로 지지시킨다.

현장에서는 계속 사용되고 있음에도 표준안전작업지침이 아직도 마련되고 있지 않음에 문제가 크다 하겠다.

노동부산업 재해분석의 기인물별 재해원인분석 결과 중에서 본 논제와 관련된 가설건축구조는 18.6%이고 전산업 498건에서 367건이 건설업에서 발생하였고 이 367건 중에서 비계 및 건축구조물은¹⁾ 비계지지브라켓에 해당되는 항목으로서 156건에 해당되어 가설건축구조물 중에서 비계지지 브라켓 구조와 관련하여 42.5%이므로 중요한 안전체검 대상이 되며 고층구조가 되는 경우 붕괴 위험성 체크는 필수적이라 하겠다. 브라켓 자체가 어느정도 내력을 지지할 수 있는지도 중요하지만 이 브라켓을 설치할 때 강관파이프를 브라켓 수평대의 중심에 일치시켜 고정하느냐는 아주 중요함에도 현장에서 그 심각성이 무관심하게 지나치는 경우가 많다. 또 브라켓에 지지시키는 본래의 목적을 망각하고 클램프로 강관파이프를 브라켓에 고정시키는 현장사례가 너무 많음은 놀라운 사실이다. 이런 경우 브라켓지지력이 아니고 클램프 파괴내력 밖에는 상부하중을 지지할 수 없는 것은 자명한 일이다. 이 브라켓 안전내력에 대한 검증은 현재 몇몇 제작회사에서 자체방식으로 일점 하중 테스트를 하여 현장에 공급설치하고 있을 뿐이다. 그러나 현장에서 이 브라켓을 설치하는 경우 수직 수평 확보를 확인하고 볼트조임 정도를 체크하는 기준이 없어 작업자가 설치한 상태로 공사가 진행되는 것이 현장실정이어서 실제내력은 브라켓 구조자체가 갖는 내력에 비해 상당한 감소내력을 갖을 수 있음이 고려되지 않고 있어 잠재적 붕괴위험을 내재하고 있다.

따라서 브라켓 구조가 설치된 뒤 어느 지점에서 파괴가 먼저 발생하는지는 예측하는 것은 매우 중

요한 일이다. 파이프를 브라켓에 지지시킨 접속지점의 정확성에 좌우되는 편심에 의한 파괴, 브라켓 구성요소의 국부파괴, 브라켓을 콘크리트벽에 부착시킨 접속볼트의 고정조임정도, 접속볼트의 인장력, 접속볼트의 전단력 등이 브라켓 파괴에 중대하게 영향을 미치는 변수들이다. 이것을 알아 보기 위해 3회에 실시된 내력실험에서 볼트의 전단력에 의한 파괴가 브라켓 상·하볼트중 하부볼트에서 발생하였다. 이것은 브라켓의 콘크리트벽 접속판의 마찰력이 전단력 파괴에 어느정도 영향을 미치는 지도 아울러 조사되어야 하는 문제를 제기 하였다.

본 연구에서는 볼트 조임정도, 브라켓 구성요소, 직경, 재질, 단면 등을 실험조사 포인트로 정하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

가력기계는 LOAD CELL부착 20톤 유압잭을 이용하였으며 브라켓을 시험설치하기 위하여 별도의 기둥 H-250×250×9×13을 1500mm높이로 기존의 이동식 철골받침대에서 고정하고 브라켓 고정볼트구멍 상·하간 간격은 1200mm로 하여 볼트는 $\Phi 16 \times 400L$ $\Phi 20 \times 400L$ 관통용 SBC를 설치고정 하였다.

브라켓 지지점에서 50mm수평거리에 인장측정을 위한 철재용 변형계이지 KFG-5-120-CI-1113 M2R을 실험체당 1개소 그리고 같은 요령으로 하단 압축요소의 수평거리 50mm 지점에 부착하여

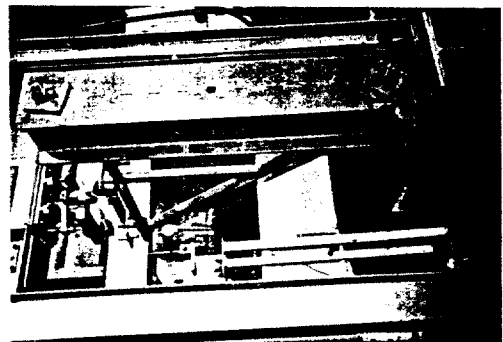


Fig. 1 Set up of PIVOT test

변형을 측정토록 하고, 브라켓 끝자유단에서의 처짐체크를 위하여 다이얼게이지 일본 Spp-100C 감도 $50 \times 10^{-6}/\text{mm}$ 를 설치하였다. (Fig. 1)

2.2 시 료

실험에 사용되는 브라켓 실험체는 상용으로 건설현장에 공급되어 사용되고 있는 유형중에서 고층용을 주된 연구대상으로 하였다. 붕괴위험체크는 이들고층 비계구조에서 잠재하고 있기 때문이다.

실험대상은 현장에서 주로 사용되고 있는 TSS 303 쌍줄비계 15층용, TSS-301 외줄비계 15층용, TSS-101 외줄비계 15층용, TSS-103 쌍줄비계 15층용 4가지로 하였다. 재료강도 시험은 별도로 하지 않고 제작회사에서 실시한 것을 이용하였다 (Fig 2, 3, 4, 5).

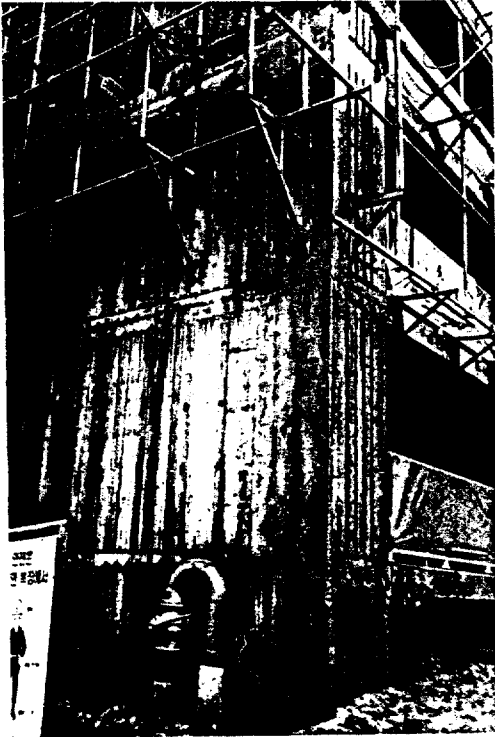


Fig. 2 TSS 303 in practice

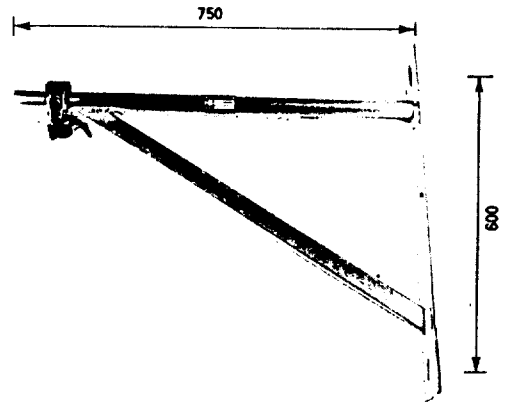


Fig. 3 TSS 101 one row, 15 story use

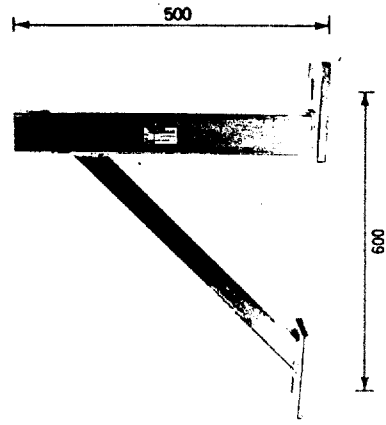


Fig. 4 TSS 301 one row, 15 story use

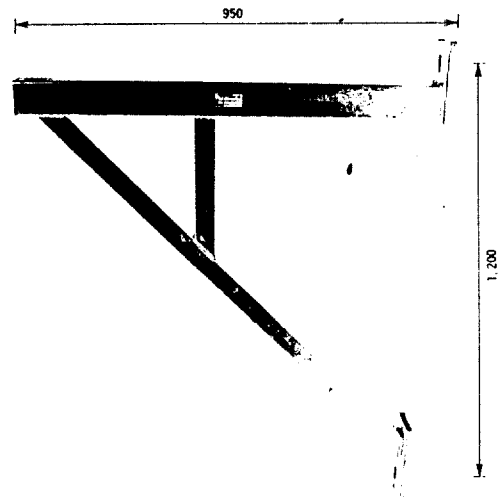


Fig. 5 TSS 303 two row, 15 story use

2.3 실험 방법

가력하중은 100kg씩 구분, 증분하여 항복강도까지 1차체크후 파괴강도까지 시험토록 하며 본 실험을 하기에 앞서 pivot실험 Tss-301 만으로 3회 실시하여 전반적인 안전내력과 파괴양상을 체크한 후, 실험장치와 변형계이지 작용에 이상이 있는지 여부를 점검한 후 본 실험에 착수하는 것으로 하였다(Fig. 1). 본 실험에서는 Tss-301 3개, Tss-303 3개, Tss-101 3개, Tss-103 3개에는 각 2개씩 강제용 스트레인지에지를 지지단에서 수평거리 5cm 지점에 부착하여 가력하면서 안전내력은 물론 인장 및 압축위치에서의 변형체크를 하고 브라켓이 가장 많이 처지는 끝지점(Fig. 1)에서 처짐체크를 하여 처짐과 가력하중관계를 체크코자 하였다.

Φ16×400L 관통용 설치볼트의 조임정도가 중요한 인자이므로 토크치를 체크하여야 하지만 볼트용 너트가 아니고 나비형이어서 손으로 조인 후 목공이 현장에서 사용하는 손망치로 3회 두드림, 6회 두드림 두가지를 번수로한 파괴양상을 관찰코자 하였다. 즉 볼트조임은 현장조건을 맞추기 위하여 브라켓을 직접 사용하는 목공이 조이도록 하였다.

또한 실제 비계구조에서 쌍줄비계일 경우 비계 기둥간 폭인 장선간격에서 양 기둥에 하중이 언제나 균등히 작용되지 않을 수 있으므로 본 실험에서도 각기둥에 일정하중이 아닌 부동하중이 작용하는 경우를 추가로 실험하였다.

(Table 1. Tss 301 C, D; Tss 303 C, D; Tss 103 C, D)

2.4 컴퓨터 프로그램 해석

본 실험결과를 입력하여 검증할 수 있는 프로그램을 제작하였다. 이 프로그램을 이용하여 브라켓 구조단면 변경, 가력하중변경, 구조변경, 볼트직경변경에 따라 각 부재의 응력을 자동 계산되도록 하여 사용자는 전문지식이 없어도 브라켓 구조체를 할 수 있도록 하였다. 프로그램의 흐름도는 아래와 같다(Fig. 6).

3. 실험 결과

3.1 실험 결과

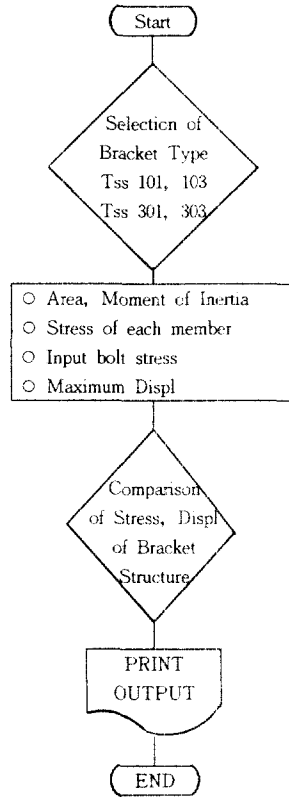


Fig. 6 Flow chart for computer program analysis of bracket

본 실험 실시 결과들은 대체로 PIVOT 실험에서 쌍줄비계용 원형단면인 강관부재구성 브라켓의 내력이 6회 평균 6.05t으로 나타난 것과 큰 차이는 없었다.

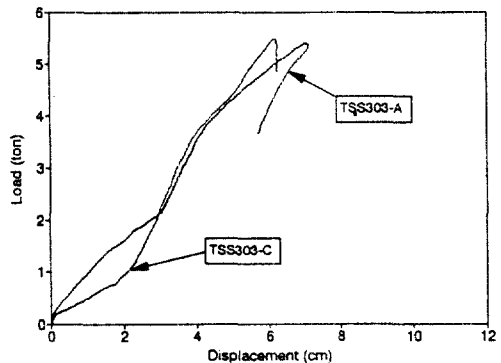


Fig. 7 The relationship of load & displ TSS 303A & C

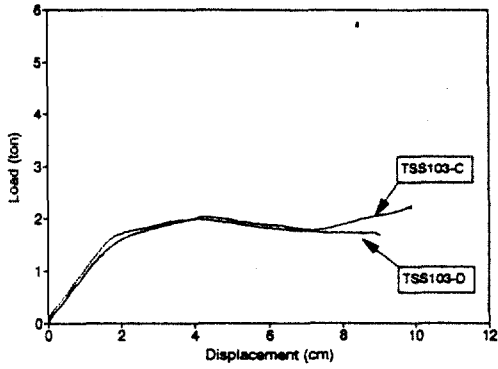


Fig. 8 The relationship of load & displ TSS 103C & D

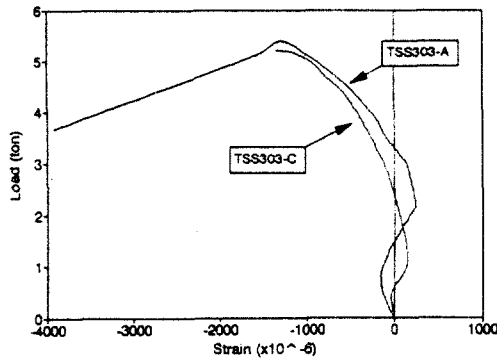
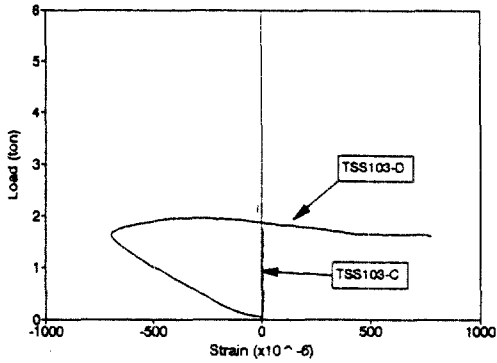
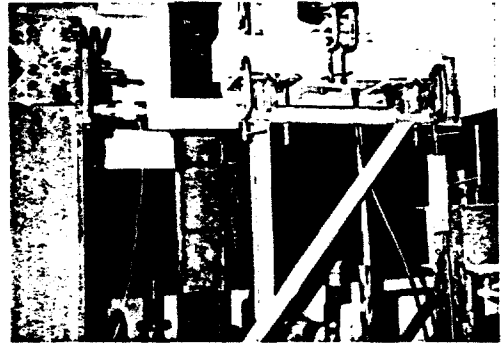
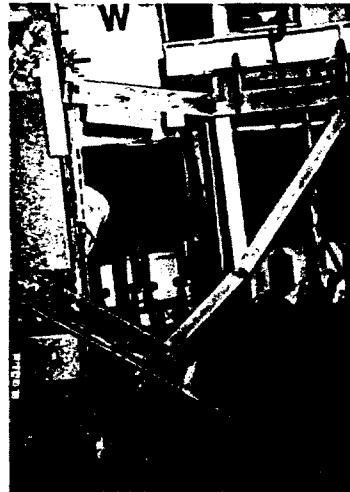


Fig. 9 Load-Strain curve TSS 103 & 303 series

그러나 상기와는 달리 외줄비계에서는 쌍줄비계의 약 50% 수준인 2.5t 정도에서 항복되었다. Tss 303 A 쌍줄비계, 15층용 4각형 단면(Table 1)의 경우 하중가력 초기에는 브라켓 볼트하단부에서 압



(a) Set up of TSS 301A test piece



(b) Loading



(c) Fracture shape at yielding point

Fig. 10 Test piece TSS 303-A

축 변형이 발생하기 시작한후 항복하중에 접근하면서 브라켓 상부 체결볼트 부분 리브(rib)가 급격히 변형되면서 브라켓구조 전체가 항복되는 양상을 보였다. 또한 브라켓 상부 수평부재의 4각형 형상이 크게 일그러져 변형되었다(Fig. 7, 8, 9, 10).

TSS 303B에서는 브라켓구조 전체의 뒤틀림이 약간 발생하여 내력이 5.0t으로 0.5~1.0t 정도 감소되는 양상을 보여 브라켓 구성부재를 조사한 결과 상부의 수평 4각형 단면 부재를 지지하는 수직재와 경사버팀대가 수평 4각형 단면 중심부 1cm 편심을 갖고 있음을 발견하였다.(Fig. 11)

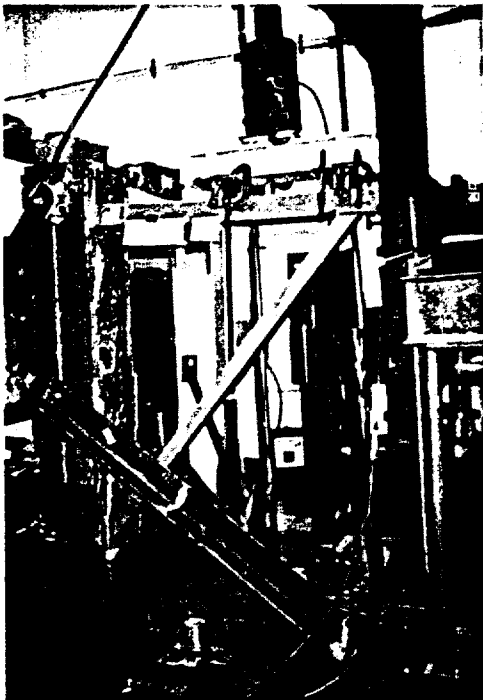
TSS 303C에서는 브라켓구조의 내력은 약 6t 정도에서 항복되었는데 이때 수직재와 경사버팀대가 만나는 지점에서 버팀대의 면외좌굴이 발생하여 조사해본 결과 수직재 하단부의 용접부위 면적이 부족하여 지탱하지 못하고 파괴되었음을 발견하였다. 이때 수평4각형 단면부재 자체의 변형도 물론 발생하였다(Fig. 12)

TSS 303D에서는 브라켓 수평부재 4각형 단면의 변형이 생겼으며 상단부 지지볼트 주위의 리브 부분에서 변형이 있었지만 지지볼트를 $\Phi 20\text{mm}$ 를 사용한 결과 브라켓 전체의 내력이 약 6.0t 정도에서



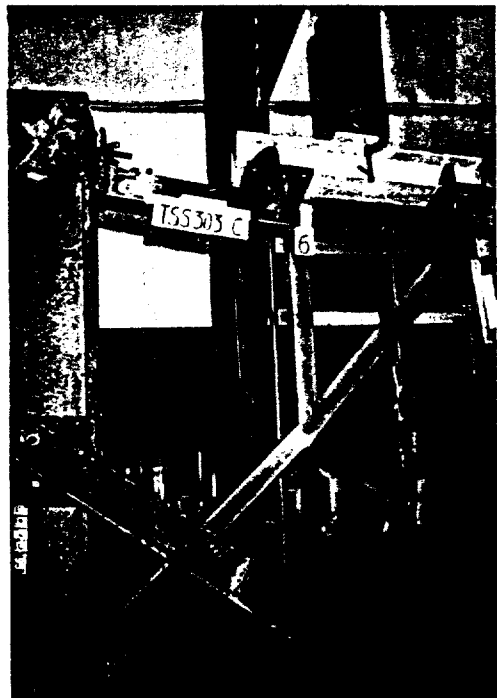
(b) Longitudinal shape of (a)

Fig. 11 Test piece TSS 303B



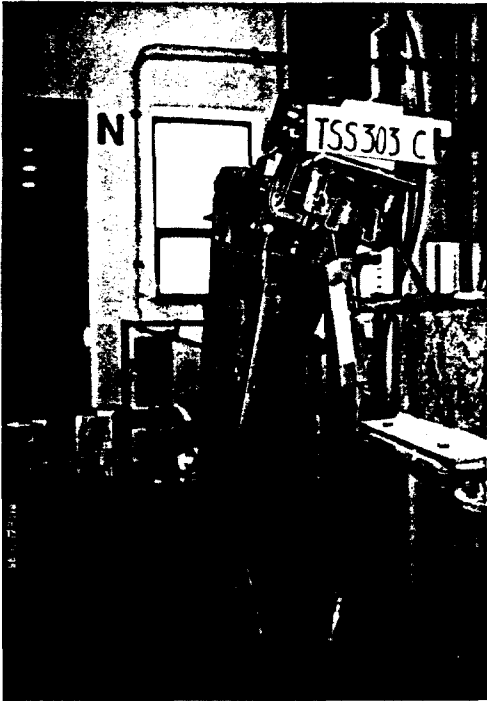
(a) Fracture shape at yielding

Fig. 11 Test piece TSS 303B



(a) Fracture shape at yielding

Fig. 12 Test piece TSS 303C



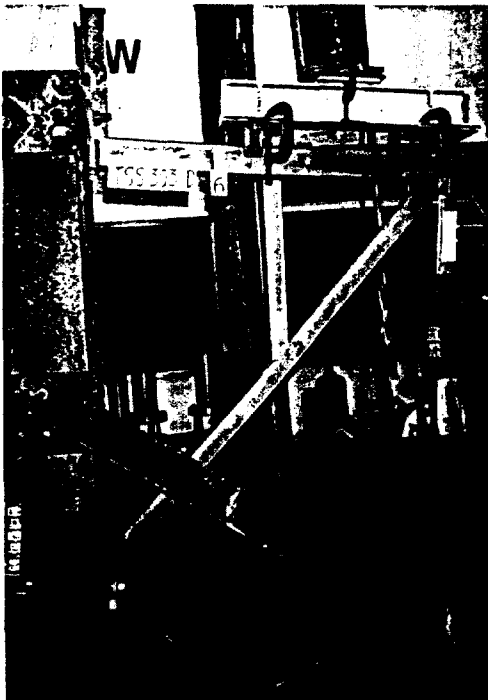
(b) Longitudinal shape of (a)

Fig. 12 Test piece TSS 303C



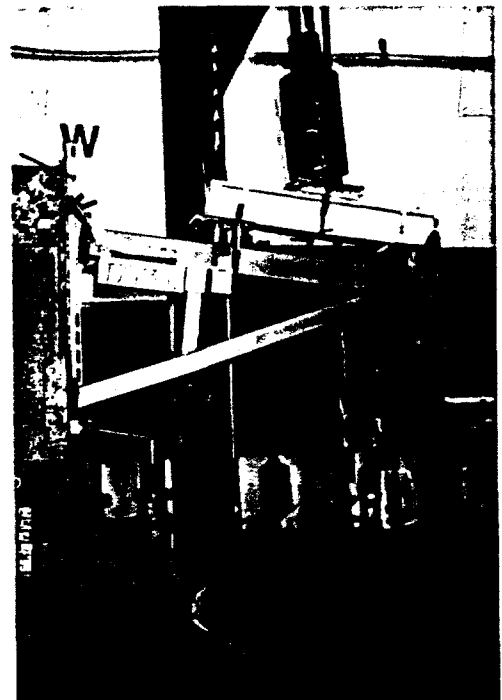
(b) Longitudinal shape of (a)

Fig. 13 Test piece TSS 303D



(a) Yielding

Fig. 13 Test piece TSS 303D



(a) TSS 103C

Fig. 14 Fracture shape TSS 103C & D



(b) TSS 103D

Fig. 14 Fracture shape TSS 103C & D

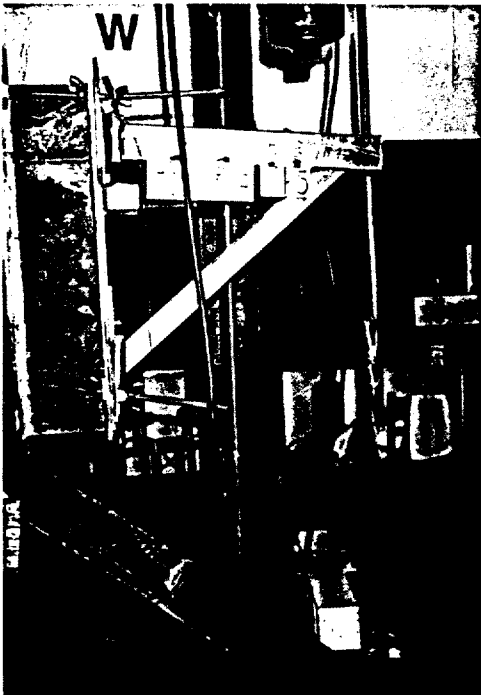


Fig. 15 Fracture shape of TSS 103A

Table 1 Sources & Method of Testing for Scaffolding Bracket practice

Names	Types	Size		Diameter of Bolt	Remarks
		Honz	Vert		
Tss 101-A		750	600	Φ16×400L	2strain gage equal loading
Tss 101-B		750	600	Φ20×400L	"
Tss 103-A		500	600	Φ16×400L	"
Tss 103-B		500	600	Φ20×400L	"
Tss 301-A		950	1200	Φ16×400L	"
Tss 301-B		950	1200	Φ20×400L	"
Tss 303-A		950	1200	Φ16×400L	"
Tss 303-B		950	1200	Φ20×400L	two strain gage equal loading
Tss 301-C		950	1200	Φ16×400L	two strain gage inequal Loading
Tss 301-D		950	1200	Φ20×400L	"
Tss 303-C		950	1200	Φ16×400L	"
Tss 303-D		950	1200	Φ20×400L	2 strain gage inequal loading
Tss 103-C		950	600	Φ16×400L	2 strain gage equal loading
Tss 103-D		950	600	Φ16×400L	2 strain gage inequal loading

항복되는 내력 10~20% 증가를 보였다(Fig. 13).

TSS 103C와 D는 같은 유형의 브라켓이지만 하중지지점이 균등 지지되는 경우 (a) TSS 103C와 불균등 지지되는 (b) TSS 103D 두가지를 비교하는 것으로 내력에서는 0.5t 정도 차이를 보였으며 구성부재 자체보다는 볼트지지 부위에서의 항복변형을 일으켰다.

TSS 103A에서는 수평 4각형 단면 부재를 경사 부재 1개로만 지지하는 단순구조임에는 3.5t까지 내력을 보였다(Fig. 15).

3.2 컴퓨터 프로그램 해석결과

*** 브라켓 유형 ***

외출비계 15층용 원형 단면구조 TSS 101

원형단면 외경 7.000 Cm

원형단면 내경 6.600 Cm

탄성계수 E = 2100000 Kg/Cm2

원수율 PAI = 3.141591

원형강관 두께 THK = 2.3 mm

원형강관 단면적 A = 5.4400 Cm2

4각형 단면 외변폭 7.000 Cm

4각형 단면 내변폭 6.600 Cm

4각형 단면 외변높이 7.000 Cm

4각형 단면 내변높이 6.600 Cm

탄성계수 E = 2100000 Kg/Cm2

4각형 강관 두께 THK = 2.3 mm

4각형 강관 단면적 A = 5.440 Cm2

4각형 강관 단면 2차 모멘트 I = 41.961 Cm4

** 볼트 허용 응력도 **

브라켓 체결볼트 직경 1.60 C/m

브라켓 볼트 인장력 0.00 Kg/Cm2

브라켓 체결 볼트 전단력 0.00 Kg/Cm2

*** 브라켓 각부재 응력 계산 ***

** 브라켓 수평길이와 수직 길이로 구성된 삼각형 AEB **

** 브라켓 수평길이 E-D-A 부재에서 ED부재응력 **

** 브라켓 경사 부재 E-C-B 부재에서 EC부재응력 **

* E절점을 기준으로 E점에 수직 하중 P1, D점에 수직하중 P2에 작용하는 현장조건 *

브라켓 수평에서 양출비계 외측기둥 하중점 E점 위의 하중 2500.00 Kg

브라켓 수평부재에서 양출비계 내측 기둥의 하중점 D점위의 하중 2500.00 Kg

브라켓 수평길이 E-D-A 부재의 ED부재길이 47.500 Cm

브라켓 수평길이 E-D-A 부재의 DA부재길이 47.500 Cm

브라켓 경사길이 E-C-B 부재의 EC부재길이 53.000 Cm

브라켓 경사길이 E-C-B 부재의 CB부재길이 53.000 Cm

수평길이 E-D-A의 중심선과 콘크리트벽이 만나는 지점-경사길이 E-C-B부재가 콘

크리트벽과 만나는 지점간 수직거리 120.000 Cm

수평길이 E-D-A 와 경사길이 E-C-B사이의 수직보강부재 = 양출비계 내측기둥밀의 브

레수직부재 DC길이 60.000 Cm

수평부재 E-D-C와 경사부재 E-C-A가 이루는 기울기 SETA 계산

SETAD 돌 각도로 SETAD 로 환산

*SETAD = 51.63 도

E절점을 기준으로 수평력, 수직력 총합

*ED부재응력 = F, DA 부재응력 = T2, EC 부재응력 = C1, CB 부재응력 = C2, DC 부재

응 = C3 *

E점 수직력 총합 계산 *

브라켓 구성요소 EC부재응력 2552.79 Kg

E점수평력 총합 계산

브라켓 구성요소 ED부재응력 516.47 Kg

D 절점 수평력 총합

브라켓 구성요소 CB부재응력 2500.00 Kg

C절점 수평력 총합

브라켓 구성요소 CB부재응력 2552.79 Kg

A절점 수평력 총합

*A점에서의 수평력 = 인장력 = 볼트상단지점 = HA *

브라켓 체결볼트 상단지점 인장력 HA = 0.21 Kg

*B절점 수직력 = 하단볼트전단력 VB = 516.47 Kg
 *B절점 수평반력 = 하단볼트 인장력 HB2500.00 Kg
 브라켓 구조의 처짐 Cm 계산
 브라켓 구조전체의 E지점에 수직변위 계산
 E절점에 작용하는 단위하중P11 = 1 작용시 각부재응력 계산
 * E절점에 작용하는 단위 하중 P11 = 1.00 *
 단위하중 E절점 수직력 EC부재응력 = 0.00 Kg
 *단위하중 E절점 수평력 ED부재응력 = 0.21 Kg
 *단위하중 D절점 수평력 DA부재응력 = 0.21 Kg
 *단위하중 C절점 수평력 CB부재응력 = 1.02Kg
 *단위하중 A절점 볼트상단 수평력 = 0.00 Kg
 *단위하중 B절점 볼트하단 수직력 = 0.00 Kg
 E점의 수직변위 - DELTAEV Cm 계산
 *E점 = 브라켓 위에 지지하는 양줄 비계 외측기둥 지지점 처짐 DELTAEV = 0.7420 Cm
 CPU TIME = -37.0000 sec

4. 분 석

T쌍줄비계 15층용 4각형 단면 부재 위에 지지되는 내측, 외측 비계기둥에 균등하게 하중이 작용되었을 때는 불균등 작용시보다 내력은 5% 정도 더 작지만 처짐은 10% 정도 더 큰 상태에서 항복하여 내력차이는 거의 없으면서도 더 큰 인성을 갖고 있음을 알 수 있었다.

쌍줄비계용이면서 15층용인 브라켓과는 지지 볼트 상·하 간격이 1200mm에서 600mm로 낮추어져 브라켓 수평부재와 경사 버팀대가 이루는 각도가 약 45도에서 약 30도로 좁아진 경우 내력은 약 50%정도 감소를 나타냈고 같은 600mm구조로서 균등하중시와 불균등하중시에서는 균등하중시에 약 15%정도 증가된 것으로 판단되었다.

쌍줄비계 균등하중시와 불균등하중시의 변형비교에서 불균등하중시와 큰 차이는 없으나 불균등하중시에 더 일관성 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

건설현장에서 중요하게 사용되고 있는 비계지지 브라켓구조 실험을 통하여 브라켓 유형에 따른 안전내력과 파괴양상, 취약개소인 지지볼트 상·하부위 브라켓 리브에 부착한 변형을 측정된 결과와 현장실태 조사 등 비교분석을 통하여 다음과 같은

결론을 얻었다.

- 1) 쌍줄비계 15층용 4각형 단면에 지지하는 비계기둥 1개 내력이 2.5t 초과치 않도록 배치하도록 하여야 한다.
- 2) 4각형 단면으로 구성된 브라켓 전체내력은 구성부재의 용접결함에 따른 편심작용에 대비하여 안전율을 20%까지 증가시켜 현장적용한다.
- 3) 주요하중재하 브라켓구조일 경우에는 동일조건에서 $\Phi 20$ mm 지지볼트를 사용하여 약 15% 내력 상승을 확보할 수 있다.

앞으로 브라켓 사용지침기준을 현장에서 적용토록 제시하기 위하여 무작위로 건설현장에서 샘플을 채취하여 구조결함 조사는 물론 각각의 안전내력을 용도별 수직간격별로 실험하여야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 노동부산업안전국, 다. 기인물별 원인분석, pp. 208~216, '94산업재해분석, 노동부, 1995.7.
- 2) 김덕재외 4인, 4. 가상일 법, pp. 335~340, 건축구조역학, 중앙대학교출판국, 1992.1.
- 3) 清田 清可 外 1인, IV.8 트러스 변형계산공식, pp. 241~242, 건축토목구조 메뉴얼, 중앙기능개발연구소, 1980.8.