

BRACKET 비계의 설치 기준 개발에 관한 연구

1996. 12. 31



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

목 차

제 1 장 서 론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구기간	2
제 2 장 BRACKET 비제	4
1. Bracket	4
2. 관련규정	6
3. 기존 BRACKET의 문제점	7
제3장 Bracket 실험	11
1. 실험 계획	11
2. 재료실험	11
3. 하중제하 실험	14
4. 실험결과 및 고찰	22
제4장 브라켓 개선 및 평가	45
1. 브라켓 개선	45
2. 실험	46
3. 실험 결과 및 고찰	46
제 5 장 비교분석 및 설치기준개발	57
1. 부재의 변형	57
2. 브라켓의 처짐	58
3. 비교 평가	63
4. 설치기준 개발	65
제 6 장 결 론	69
참 고 문 헌	71
부 록	73

표 목 차

〈표 1〉 단관비계의 구조기준	7
〈표 2〉 동일 현장에서의 브라켓 설치 사례	8
〈표 3〉 KS B 0801 시험편 규격	12
〈표 4〉 재료시험편 실측 치수(기존브라켓)	14
〈표 5〉 외줄용 브라켓 시험체 실측 치수	16
〈표 6〉 쌍줄용 브라켓 시험체 실측 치수	17
〈표 7〉 실험장비 및 가력방법	20
〈표 8〉 인장시험결과	22
〈표 9〉 시험체별 최대하중 및 최대처짐의 평균값	28
〈표 10〉 재료시험편 실측치수(개선브라켓)	46
〈표 11〉 인장실험 결과	49
〈표 12〉 최대하중 및 최대 처짐량	52
〈표 13〉 하중에 따른 시험체별 평균 처짐량	58
〈표 14〉 하중별 통과시험체수 및 최대하중과 최대처짐량	59
〈표 15〉 하중에 따른 평균 처짐량	60
〈표 16〉 하중별 통과 시험체수 및 최대하중과 최대처짐량	60
〈표 17〉 하중에 따른 평균 처짐량	62
〈표 18〉 하중별 통과시험체수 및 최대하중과 최대처짐량	62
〈표 19〉 개선제품(DB ϕ)과 기존제품의 비교	64
〈표 20〉 브라켓 1본에 작용하는 단관비계 1층분의 고정하중	66

그 립 목 차

[그림 1] 측벽용 브라켓 형상	5
[그림 2] 5호 시험편	13
[그림 3] 12A호 시험편	13
[그림 4] 시험체 표기 (외줄용)	15
[그림 5] 시험체 표기(쌍줄용)	15
[그림 6] 변형게이지 및 처짐측정기 설치위치	21
[그림 7] 1번 시험편 응력 - 변형도 곡선	23
[그림 8] 2번 시험편 응력 - 변형도 곡선(응접)	23
[그림 9] 3번 시험편 응력 - 변형도 곡선	24
[그림 10] 4번 시험편 응력 - 변형도 곡선(응접)	24
[그림 11] 5번 시험편 응력 - 변형도 곡선	25
[그림 12] 6번 시험편 응력 - 변형도 곡선(응접)	25
[그림 13] 7번 시험편 응력 - 변형도 곡선	26
[그림 14] 8번 시험편 응력 - 변형도 곡선(응접)	26
[그림 15] 9번 시험편 응력 - 변형도 곡선	27
[그림 16] SBA - 1 시험체 하중 변형도 곡선	30
[그림 17] SBA - 2 시험체 하중 변형도 곡선	30
[그림 18] SBA - 3 시험체 하중 변형도 곡선	31
[그림 19] SBB - 1 시험체 하중 변형도 곡선	31
[그림 20] SBB - 2 시험체 하중 변형도 곡선	32
[그림 21] SBB - 3 시험체 하중 변형도 곡선	32
[그림 22] SBC - 1 시험체 하중 변형도 곡선	33
[그림 23] SBC - 2 시험체 하중 변형도 곡선	33

[그림 24] SBC - 3 시험체 하중 변형도 곡선	34
[그림 25] DBA1 - 1 시험체 하중 변형도 곡선	34
[그림 26] DBA1 - 2 시험체 하중 변형도 곡선	35
[그림 27] DBA1 - 3 시험체 하중 변형도 곡선	35
[그림 28] DBA2 - 1 시험체 하중 변형도 곡선	36
[그림 29] DBA2 - 2 시험체 하중 변형도 곡선	36
[그림 30] DBA2 - 3 시험체 하중 변형도 곡선	37
[그림 31] DBB - 1 시험체 하중 변형도 곡선	37
[그림 32] DBB - 2 시험체 하중 변형도 곡선	38
[그림 33] DBB - 3 시험체 하중 변형도 곡선	38
[그림 34] DBC - 1 시험체 하중 변형도 곡선	39
[그림 35] DBC - 2 시험체 하중 변형도 곡선	39
[그림 36] DBC - 3 시험체 하중 변형도 곡선	40
[그림 37] SBA 시험체 처짐 곡선	40
[그림 38] SBB 시험체 처짐 곡선	41
[그림 39] SBC 시험체 처짐 곡선	41
[그림 40] DBA1 시험체 처짐 곡선	42
[그림 41] DBA2 시험체 처짐 곡선	42
[그림 42] DBB 시험체 처짐 곡선	43
[그림 43] DBC 시험체 처짐 곡선	43
[그림 44] DBA1과 DBA2시험체 처짐	44
[그림 45] 개선 브라켓(DB□)	47
[그림 46] 개선 브라켓(DB ϕ)	48
[그림 47] 1번 시험편 응력 - 변형도 곡선	50
[그림 48] 2번 시험편 응력 - 변형도 곡선	50
[그림 49] 3번 시험편 응력 - 변형도 곡선	51

[그림 50] DB□ - 1시험체 하중 - 변형도 곡선	52
[그림 51] DB□ - 2시험체 하중 - 변형도 곡선	53
[그림 52] DB□ - 3시험체 하중 - 변형도 곡선	53
[그림 53] DB ϕ - 1시험체 하중 - 변형도 곡선	54
[그림 54] DB ϕ - 2시험체 하중 - 변형도 곡선	54
[그림 55] DB ϕ - 3시험체 하중 - 변형도 곡선	55
[그림 56] DB□ 시험체 처짐	55
[그림 57] DB ϕ 시험체 처짐	56
[그림 58] 외줄 브라켓 평균 처짐	59
[그림 59] 기존 브라켓 평균처짐량 비교(쌍줄)	61
[그림 60] 개선 브라켓 처짐량	62
[그림 61] 쌍줄용 브라켓 처짐 비교	65

제 1 장 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

노동부에서 발간한 「'94 산업재해분석」의 기인물별 재해원인 분석에는 전산업 재해중 가설건축구조에 기인하여 발생한 재해가 18.6%로서 498건의 산업재해가 발생하였다. 가설건축구조에 의해 발생한 산업재해의 75.5%인 376건의 재해가 건설업에서 발생한 것으로 분석되어 있으며, 376건의 재해중 41.5%인 156건의 재해는 「비계 및 건축구조물」에 기인하여 되어 재해가 발생하였음을 보여 주고 있다.

따라서 비계구조의 안전성 및 비계작업에서의 안전성을 확보함으로써 건설재해의 감소는 물론 안전시공의 목표를 성취 할 수 있다. 그러나 최근의 건축물은 초고층화 경향을 보이고 있으며, 그에 따라 외부비계 높이의 고소화 현상은 필연적이다. 근로자 작업공간 확보를 위해 설치하는 외부비계의 고소화는 비계작업에 투입되는 근로자의 안전작업과 비계 자체의 구조적 안전성 유지 등의 안전관리에 보다 세심한 여러 가지 주의가 요구된다.

그러나 최근 국내 건축현장에서 설치하는 외부비계의 공법은 지면을 기초하여 조립하던 전통적 비계공법과는 상이한 비계공법, 즉 본 구조물의 일부를 시공한 다음 브라켓이라는 철물을 구조물에 부착시켜 그 상부에 단판파이프로 비계를 조립하는 공법(이하 “브라켓 비계”라 한다)을 많이 사용하고 있다. 브라켓 비계를 설치 사용한 시점은 정확히 알 수 없으나, 대략 91년 이후로 추정되며 이 비계를 설치 사용함에 있어 안전작업을 위한 「설치기준」, 「작업지침」 및 가설기자재의 근원적 안전확보를 위한 「가설기자재 성능 검정규격」 등은 전혀 준비되어 있지 못한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 브라켓 비계를 조립하여 사용함에 있어 근로자의

안전을 도모하기 위한 설치기준의 개발을 위하여, 현재 건설현장에서 설치하여 사용하고 있는 브라켓 비계의 실태조사 및 내력실험을 수행하여, 조립 및 해체작업 등에서의 문제점을 파악하여 기존 브라켓 보다 안전성과 작업성 및 경제성 측면에서 양질의 브라켓으로 개선하고, 개선된 브라켓을 평가하여 설치기준 (안)을 개발하여 건설현장에 보급함으로써 궁극적 목표인 건설재해 감소에 기여 하고자 한다.

2. 연구기간

1996. 1. 1 ~ 1996. 12. 31

3. 연구방법 및 범위

본 연구는 브라켓 비계를 조립하여 사용함에 있어 근로자의 안전을 도모하기 위하여, 현재 건설현장에서의 브라켓비계 설치 및 사용실태를 조사하고, 내력실험을 통하여 브라켓 자체의 내력을 평가하여, 기존 브라켓 보다 안전성과 작업성 및 경제성 측면에서 개선된 브라켓을 제작, 실험을 통하여 내력을 평가한 다음 기존의 브라켓과 비교 평가하여, 브라켓 비계의 설치 기준 개발이라는 연구 목적 달성을 위하여 다음과 같이 연구방법 및 범위를 설정하였다.

가. 연구방법

- 1) 단판비계에 관한 관련규정을 조사하였다.
- 2) 브라켓의 설치 및 사용 실태를 조사하였다.
- 3) 브라켓을 구성하고 있는 부재의 재료시험을 수행하였다.
- 4) 3개 제조회사의 기존 브라켓 내력을 평가하기 위하여 하중 재하 실험을 수행하였다.

- 5) 실태조사 및 실험결과를 근거하여 기존 브라켓의 단점을 개선하여 시제품을 제작하였다.
- 6) 개선 브라켓의 구성 부재인 강재의 재료 실험을 수행하였다.
- 7) 개선 브라켓의 내력 평가를 위하여 하중재하 실험을 수행하였다.
- 8) 기존 및 개선 브라켓을 비교 분석하였으며 개선 브라켓의 실험을 통해 얻어진 결과를 기초하여 설치기준을 개발 제시하였다.

나. 연구범위

브라켓은 설치장소에 따라 발코니, 슬라브, 측벽용으로 구분되며, 비계조립 방법에 따라 외줄용과 쌍줄용으로 분류되나, 본 연구의 대상은 주로 아파트 공사 건설현장의 측벽에 설치하여 쌍줄용 단관비계 설치를 위한 브라켓으로, 상기의 연구방법을 통해 브라켓을 개선하여 건설현장에서 활용 할 수 있는 브라켓의 설치기준 개발을 연구범위로 설정하였다.

제 2 장 BRACKET 비계

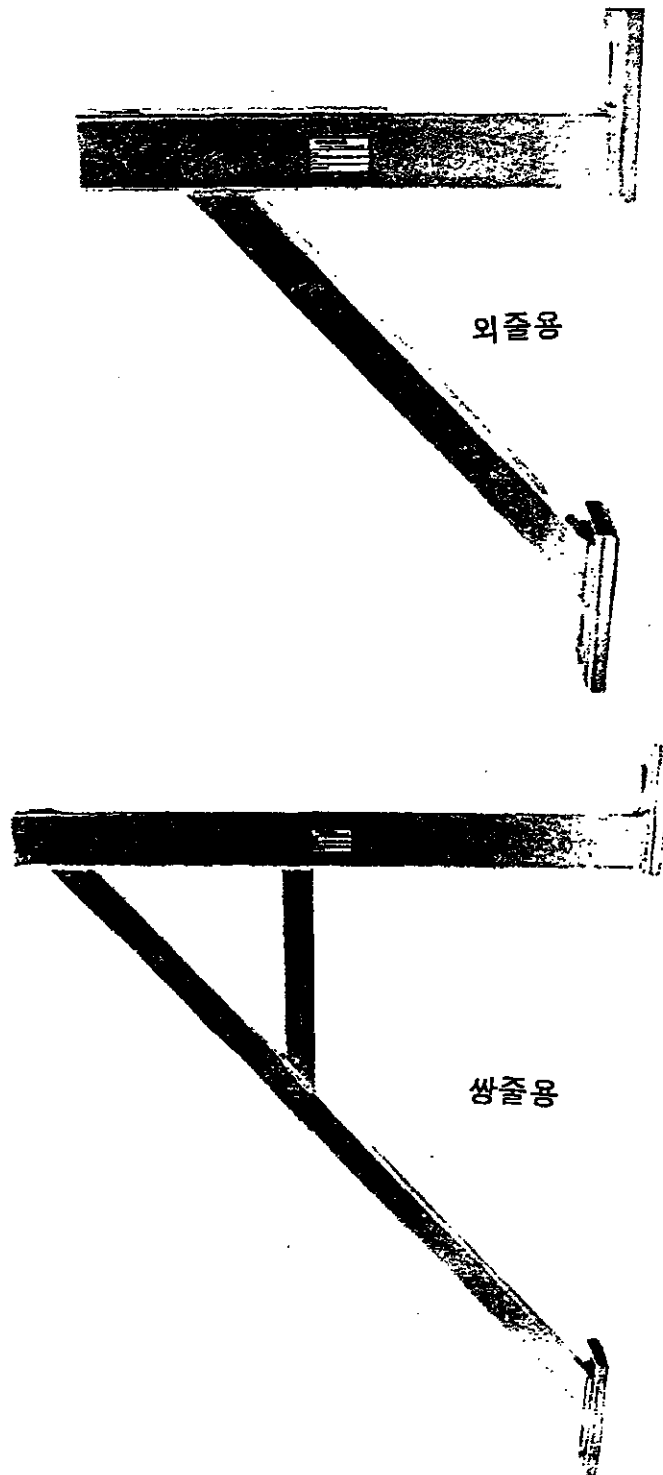
1. Bracket

Bracket은 외부비계 설치를 위한 일종의 지지철물로서 측벽에 설치하는 Bracket 비계는 거푸집 공사에서의 거푸집 체결을 위한 홈타이 볼트 구멍을 활용, 구조물 외벽에 Bracket을 볼트로 부착한 다음 그 상부에 단판파이프와 크램프 등으로 조립한 외부 비계이다.

외부비계 조립용 Bracket의 종류는 설치장소에 따라 발코니, 슬라브, 측벽 용이 있으며, 비계형식에 따라 외줄 및 쌍줄용으로 구분할 수 있다. 본 연구 대상인 측벽용 브라켓의 형상은 그림 1과 같으며, 외줄용인 경우 수평재와 사재로 구성되며, 쌍줄용은 수평재와 수직재 그리고 사재로 구성되어 있다.

기존의 전통적 비계공법은 지면에 밀받침 철물 또는 깔판을 깔고, 그 상부에 통나무, 단판, 강판틀로서 비계를 조립함으로 지면이 상부하중을 지지하는 반면, Bracket 공법은 지면에서 일정 높이의 구조물 벽면에 Bracket이라는 철물을 설치하여 상부하중을 브라켓 자체가 지지하는 차이가 있다. 그러나 지지재 상부 비계의 구조 및 구성부재와 연결재 및 체결재는 단판비계와 동일하다.

Bracket 비계는 공기단축, 유지관리 및 보수 보강 등에서 기존공법에 비해 유리한 즉, 골조공사와 동시에 건축물 주변의 부대공사를 수행할 수 있어 공정관리에 효율과 지반침하로 인한 체결부의 이완 등으로 비계자체에 변형 발생하지 않으며, 고소화와 더불어 증가되는 비계 자체의 하중에 의한 비계 변형시 보수 보강이 용이성 등에 장점이 있어, 최근의 아파트 건축현장에서 브라켓 공법을 선호하고 있는 실정이다.



[그림 1] 측벽용 브라켓 형상

2. 관련규정

Bracket은 전술한 바와 같이 건설현장에서 사용빈도가 많은 주요 가설재이나 안전성 확보를 위한 「가설기자재 성능검정 기준」, 「설치기준」, 「안전작업지침」이 전혀 마련되어 있지 않음으로 근로자의 안전작업과 비계의 안전성 등을 신뢰하기 위한 상기의 기준 및 지침의 시급한 제정이 요청된다.

그러나, 브라켓 비계는 단관비계의 일종이기 때문에 브라켓의 자체 지지력은 알 수 없으나, 브라켓 상부에 조립되는 단관 비계에 대해서는 다음의 관련 규정을 적용 할 수 있다.

가. 산업안전보건법 제4장 유해·위험방지조치

- 1) 제23조 (안전상의 조치)
- 2) 제27조 (기술상의 지침 및 작업환경의 표준)
- 3) 제33조 (유해·위험기계·기구 등의 방호조치등)

나. 산업안전보건법시행령 제27조(방호조치를 하여야 할 유해 또는 위험기계·기구 등)의 별표 7

다. 산업안전보건법시행규칙 제5장 기계·기구의 방호조치 제46조(방호조치)

라. 산업안전기준에 관한 규칙 제6편 제2장 제1절과 제4절

마. 노동부고시 제91-101호 가설 기자재 성능검정규격

상기의 적용 가능한 관련 규정중 브라켓 설치기준 개발과 밀접한 단관비계의 구조 기준을 정리하면 다음과 같다(표 1)

〈표 1〉 단관비계의 구조기준

구 분		구 조 기 준
재 료		성능검정규격 이상
비 계 기 등	보 방향 간격	1.5m-1.8m 이하
	간사이 방향 간격	1.5m 이하
	최고부로부터 31m되는 지점 밑부분	2분의 강관으로 묶어 세울것
	기둥간 적재하중	400kg 이하
기 초		밑받침철물, 깔판, 깔목 밑등잡이설치
접속부, 교차부		적합한 부속철물 사용
벽 연 결	수평방향	5m 이내
	수직방향	5m 이내
보 강 방법		교차가새 설치

3. 기존 BRACKET의 문제점

전술한 바와 같이 브라켓에 대한 안전기준 및 설치지침의 부재에도 급속한 보급 및 사용이 확산된 이유는 기존의 비계공법에 비해 공기단축과 안전관리 그리고 공사비 절감이라는 장점이 있으며, 일부 제조회사에서 제시하는 브라켓 내력 실험의 결과를 건설업체에서 신뢰한 결과로 판단된다. 그러나 이 실험결과는 현장에서의 비계 조립시 브라켓에 작용하는 하중상태와는 상이한 1점 가력방법에 의한 하중재하 실험을 수행한 결과이다.

따라서 현장여건에 적합한 하중재하에 의한 추가실험을 통해 기존 브라켓의 내력을 평가할 필요가 있다.

현장에서의 브라켓 설치시 조립도를 작성하지 않은 상태에서 근로자 임의

조립은 브라켓의 수평유지와 볼트 조임 등에서 시공오차가 발생한다. 이러한 시공오차는 브라켓의 내력을 실제 내력에 비해 상당한 감소를 유발시키는 요인으로 도파재해 발생의 잠재적 우려가 있다.

현장에서의 근로자 임의 조립에 의한 적당설치 사례로서 대전지역 동일건 설회사의 동일현장에 시공하는 아파트 측벽에 설치한 브라켓 수를 실태조사한 결과, 동일한 높이와 측벽길이에 설치한 브라켓의 수량에 차이가 있으며, 오히려 측벽 길이가 짧은 벽에 더 많은 브라켓을 설치한 경우도 있었다(표 2). 이는 어느 한쪽이 과대 또는 과소 설계 되었다고 단언 할 수 있으며, 결국 과대설계시에는 경제적 손실이 초래되며 과소설계시에는 도파재해 유발의 심각한 문제가 야기될 수 있다.

〈표 2〉 동일 현장에서의 브라켓 설치 사례

평 형	측 면 길 이 (m)	브라켓 설치 갯수	
		○○건설	○○건설
23	10.9	6-8	7
28	11.6	7	7
32	11.6	10	7
36	12	7	7

쌍줄비계 조립용 브라켓의 경우 현장에서 브라켓 상부에 단관파이프 조립(기둥)을 위한 철물이 수평재 끝단에는 브라켓 자체에 설치되어 있으나, 건축물쪽의 간사이 방향에 설치의 편의를 위한 비계기둥 조립을 위한 철물은 없다. 따라서 현장에서 비계기둥 조립시 브라켓 수평재 상부에 비계기둥 조립을 위한 수평 띠장을 설치하고 클램프를 이용하여 비계기둥을 조립하고 있다. (사진 1)

이러한 설치방법은 브라켓에 편심하중이 작용하여 브라켓의 내력을 감소시

키며, 브라켓 내력에 의해 비계의 안전성이 결정되는 것이 아니라 클램프 내력이 비계의 안전성이 결정되며, 상부하중 지지를 위해 설치하는 브라켓의 설치 목적에 상반된다.

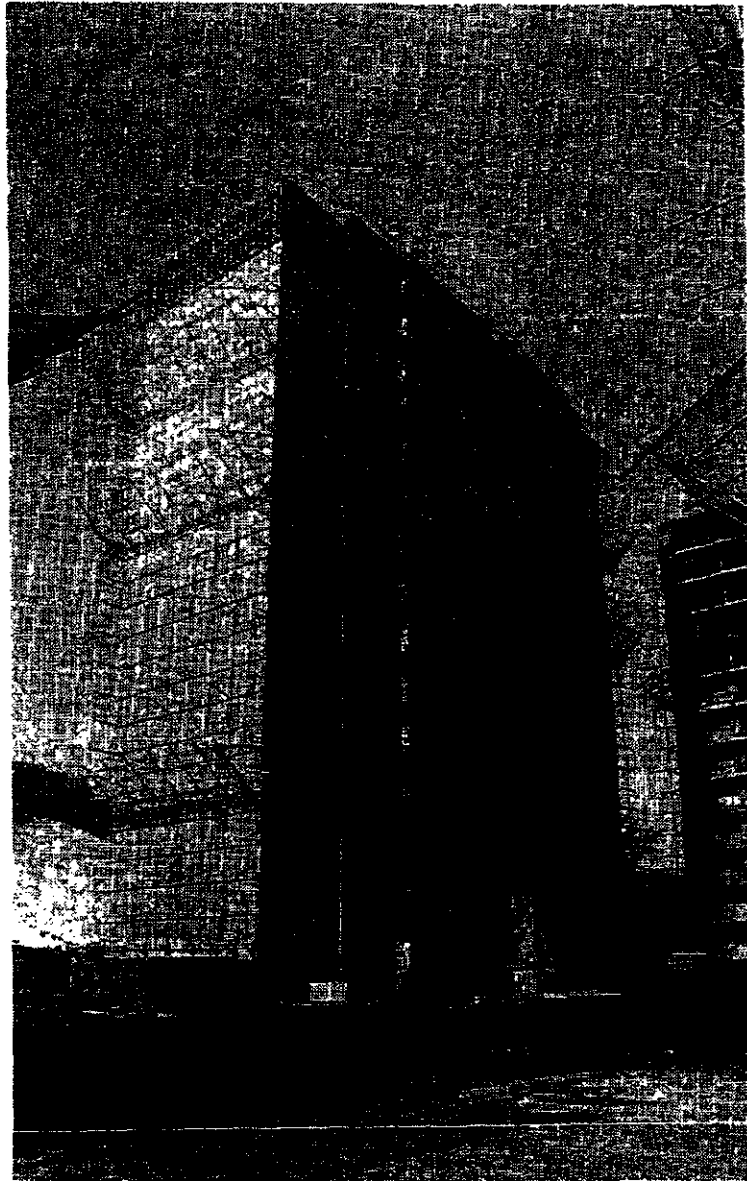


사진 - 1 브라켓 설치 사례

기존 브라켓을 설치 사용함에 있어 문제점을 요약 정리하면 다음과 같다.

가. 제조회사에서 제공하는 브라켓 내력 실험결과는 실제 하중조건과는

상이한 하중재하 실험결과로서 현장여건에 적합한 하중재하 실험을 통한 내력의 평가가 요구된다.

나. 브라켓 수평재 상부에 수평재(단관파이프)를 설치하여 클램프로 비계 기둥을 조립함으로써 브라켓에 전달되는 하중은 편심하중으로 작용하여 내력의 감소가 발생한다.

다. 브라켓 수평재 상부에 수평재(단관파이프)를 설치하고 클램프로 비계 기둥을 체결함으로써 결국 클램프 내력이 비계의 안전성을 결정한다.

라. 조립도 없이 근로자에 의한 적당 및 경험설치와 시공오차는 브라켓 내력 감소의 요인으로 작용한다.

제3장 Bracket 실험

1. 실험 계획

일부 제조업체 자체에서 수행한 브라켓 내력평가 실험 연구는 외줄 및 쌍줄 브라켓 구분없이 동일한 브라켓 끝단의 비계기등 조립지점에 집중하중을 재하하는 하중재하방법으로 수행한 실험결과로서, 외줄용은 하중작용 점이 현장여건과 일치하나, 작업발판을 설치 할 수 있는 쌍줄용은 브라켓에 작용하는 하중점과는 상당한 차이가 있다.

따라서 선행 실험연구 보다 정확한 브라켓 내력을 판단하기 위하여 측벽에 설치하는 쌍줄 비계조립 용도의 브라켓은 건설현장의 설치실태 여건을 고려하여 하중이 작용하는 2점에 수직하중을 재하하는방법으로 실험계획을 수립하였다.

외줄비계 조립용도의 브라켓은 작업발판의 설치가 불가능 하는 등 산업안전보건법에 저촉되고 근로자의 재해 발생 요인이 매우 높지만 건설현장에서 설치사용하는 실정을 고려하여 참고자료로 활용하고자 실험계획에 포함하였다.

실험은 브라켓을 구성하고 있는 구성부재가 구조용 강재로서의 적합성 여부를 판단하기 위한 재료실험과 단관비계 조립시 상부하중 지지를 위한 지지재로서 충분한 내력을 보유하고 있는가에 대한 안전성 여부의 판단을 위하여 하중재하 실험을 계획하였다.

2. 재료실험

재료실험은 브라켓을 직접 구매하여 브라켓을 구성하고 있는 강재를 모재로 시험편을 채취하여 제작하였다.

제작방법은 한국산업규격(KS B 0801)의 5호 및 12A호 시험편 규격(표 3)에 따라 제작하였으며 강재의 형상 및 치수에 따라 각 3개씩 제작 하였다. 또한 용접이 재료의 강도에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 각형강관의 용접유무를 파악하여 동일한 형상 및 치수를 갖는 강재라도 용접부위와 정상부위로 구분하여 시험편을 각각 제작하였다. 또한 브라켓의 설치를 위해 사용하는 볼트는 브라켓에 걸리는 모든 하중을 벽면에 전달시키는 중요한 부재이기 때문에 재료실험을 실시하였다. 제작된 시험편의 실측치수는 표 4와 같다.

실험은 신홍공업전문대학 구조실험에 설치된 100TON 만능시험기를 이용하여 시험편의 중앙부에 부착한 스트레인 게이지에 의한 시험편의 변형도를 측정하였다.

하중의 증분에 따른 변형도의 측정된 값의 기록은 변형도측정장치(UCAM-5A)로 기록하여, 기록된 값은 Computer program QUATTRO PRO 와 SIGMA PLOT를 이용 응력 변형도 곡선을 PLOT하였다.

〈표 3〉 KS B 0801 시험편 규격

시험편	나비	표점거리	평형부길이	어깨부반지름	두께
	W	L	P	R	T
5호	25	50	약 60	15이상	원래두께
12A호	19	50	약 60	15이상	원래두께

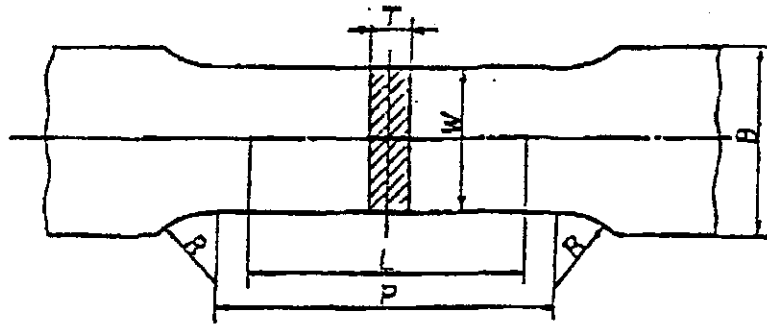


그림 -2, 5호 시험편

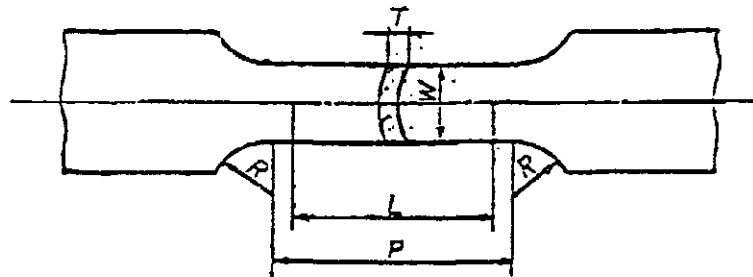


그림 -3, 12A호 시험편

〈표 4〉 재료시험편 실측 치수(기존브라켓)

시편번호	재료종류	두께(mm)	나비(cm)	비고
1-	①	2.5	2.5	
	②	2.5	2.5	
2-	①	2.5	2.3	용접
	②	2.5	2.3	
3-	①	2	2.5	
	②	2	2.5	
4-	①	2	2.5	용접
	②	2	2.5	
5-	①	3	2.5	
	②	3	2.5	
6-	①	3.3	2.5	용접
	②	3.3	2.5	
7-	①	2.5	2.5	
	②	2.5	2.5	
8-	①	2.5	2.5	용접
	②	3	2.5	
9-	①	16		
	②	15.5		
	③	15.5		

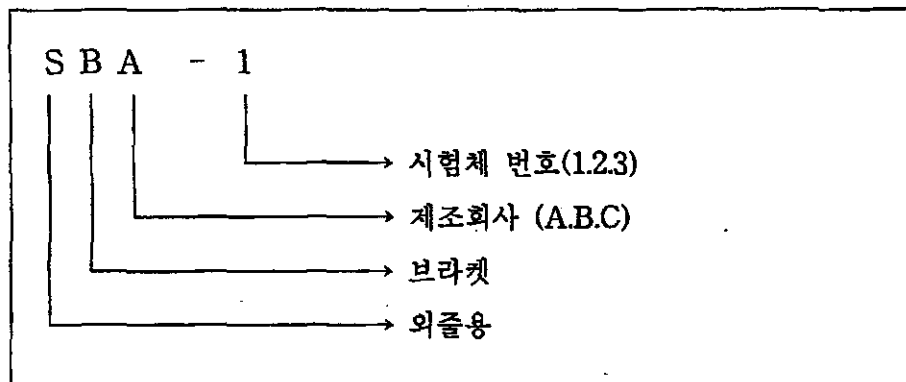
3. 하중재하 실험

가. 실험체

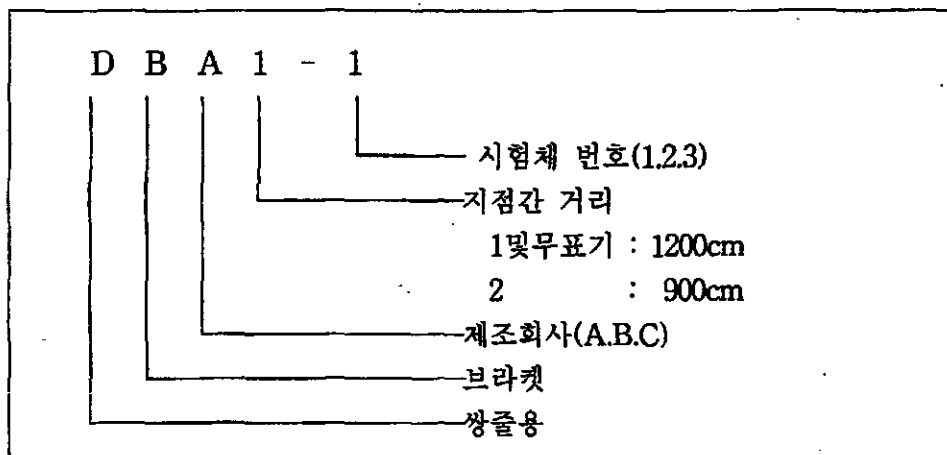
전술한 바와같이 실험체는 시중에서 외줄용 및 쌍줄용 브라켓을 직접 구매한 3개 제조회사의 실물 제품이다. 외줄용 실험체는 지점거리가 모두 600cm로 동일하여 3개사 각각 3개의 브라켓(9개) 실험체이며, 쌍줄용 실험체는 지점거리가 3개사 제품 모두 1200cm인 브라켓이 있으며, 1개사에서 지점거리가 상이한(900cm와 1200cm) 브라켓을 생산하고 있어, 지점거리 변화에 따른 내력

을 평가 하고자 실험대상으로 선정하여 3개사 각각 3개의 브라켓(9개)과 지점거리가 상이한 브라켓 1개사 3개 를 포함하여 12개 실험체이다.

상기의 실험체에 대한 표기는 외줄용은 그림 4, 쌍줄용은 그림 5과 같으며, 구입한 실험체에 대하여 실측4하였으나, DDB-3와 DBC-3 실험체에 대해서는 실험체 반입 날짜의 차이로 실측을 하지 못하였으며, 실측한 결과는 표 - 5, 표 - 6과 같다.



[그림 4] 시험체 표기 (외줄용)



[그림 5] 시험체 표기(쌍줄용)

〈표 5〉 외줄용 브라켓 시험체 실측 치수

시험체명	단면크기(mm)			수평재 길이 (mm)	지점간 거리 (mm)	하중점 거리 (mm)
	수 평 재	수 직 재	사 재			
SBA-1	76.21×76.12		50.01×50.74	540	561	246
	75.23×75.62		49.94×50.61			
	75.52×75.24		50.51×51.05			
SBA-2	76.32×74.58		50.02×51.30	541	561	246
	75.15×75.16		50.01×50.31			
	75.09×75.07		49.92×50.25			
SBA-3	75.70×74.73		50.42×50.20	541	565	244
	75.10×74.88		50.13×49.98			
	74.89×74.97		50.07×49.85			
SBB-1	75.49×75.76		50.75×50.69	549	572	24.9
	75.17×75.60		50.62×50.48			
	75.40×75.62		50.61×50.55			
SBB-2	75.12×75.63		50.96×50.64	544	569	245.5
	75.14×75.57		50.63×50.37			
	75.69×75.49		50.92×50.81			
SBB-3	75.39×75.62		50.50×50.73	551	570	249
	75.54×75.61		50.52×50.88			
	75.95×75.05		50.46×50.89			
SBC-1	75.76×74.15		50.46×51.02	499	568	224
	74.73×74.87		50.38×50.66			
	75.21×74.39		51.03×50.61			
SBC-2	75.47×75.40		50.33×51.72	495	567	215.8
	75.17×75.91		50.60×50.61			
	75.53×75.16		50.36×51.78			
SBC-3	74.70×75.56		50.77×51.22	496	562	223.5
	74.30×75.37		50.14×50.86			
	74.75×75.09		50.88×50.39			

〈표 6〉 쌍줄용 브라켓 실험체 실측 치수

구분 시험체명	단면크기(mm)			수평재 길이 (mm)	지점간 거리 (mm)	하중점 거리 (mm)
	수평재	수직재	사재			
DBA1-1	75.26×75.60	50.30×50.02	49.98×50.36	950	1158	655
	75.06×75.20	50.52×50.24	50.12×50.36			
	75.09×75.37	50.25×50.57	49.93×50.73			
DBA1-2	75.60×75.22	50.91×50.17	50.09×51.70	950	1160	664.5
	75.40×75.01	50.27×50.10	50.14×50.16			
	75.32×75.15	50.39×50.26	50.49×50.92			
DBA1-3	75.39×75.40	50.25×50.12	50.15×50.09	949	1156	679.8
	75.13×75.25	50.08×49.90	49.82×50.14			
	75.27×75.06	50.02×50.03	49.92×50.08			
DBA2-1	75.08×75.05	50.50×50.14	50.34×51.12	946	564	652
	75.55×75.45	50.78×50.82	50.10×50.05			
	74.94×74.95	50.68×50.54	50.13×50.02			
DBA2-2	74.97×75.24	50.48×50.76	50.64×50.62	946	561	649
	74.96×75.58	50.22×51.55	50.11×50.54			
	75.21×75.13	50.50×50.07	50.33×51.12			
DBA2-3	74.70×75.20	50.29×51.50	50.93×51.59	955	565	644
	75.03×75.40	50.23×50.10	50.05×50.29			
	75.91×74.88	50.30×50.60	49.99×50.48			
DBB-1	75.40×75.14	50.44×50.86	50.69×50.90	951	1160	669
	75.22×75.07	50.49×50.83	50.52×50.87			
	75.62×74.86	50.32×50.49	50.31×50.54			
DBB-2	75.32×74.86	50.34×50.32	50.59×50.69	949	1166	663.5
	75.22×75.35	50.28×50.63	50.42×50.56			
	75.50×74.93	50.33×50.35	50.48×50.27			
DBB-3	-	-	-	-	-	-
DBC-1	75.22×75.80	50.59×50.66	50.93×50.49	997	1160	688
	75.55×75.73	50.57×50.69	50.67×50.72			
	75.59×75.64	50.95×50.95	50.75×50.56			
DBC-2	75.32×75.60	50.62×50.43	50.94×50.45	997	1159	693.5
	75.25×75.61	50.53×50.87	50.88×50.64			
	75.30×75.78	50.46×50.57	50.87×50.65			
DBC-3	-	-	-	-	-	-

나. 실험방법

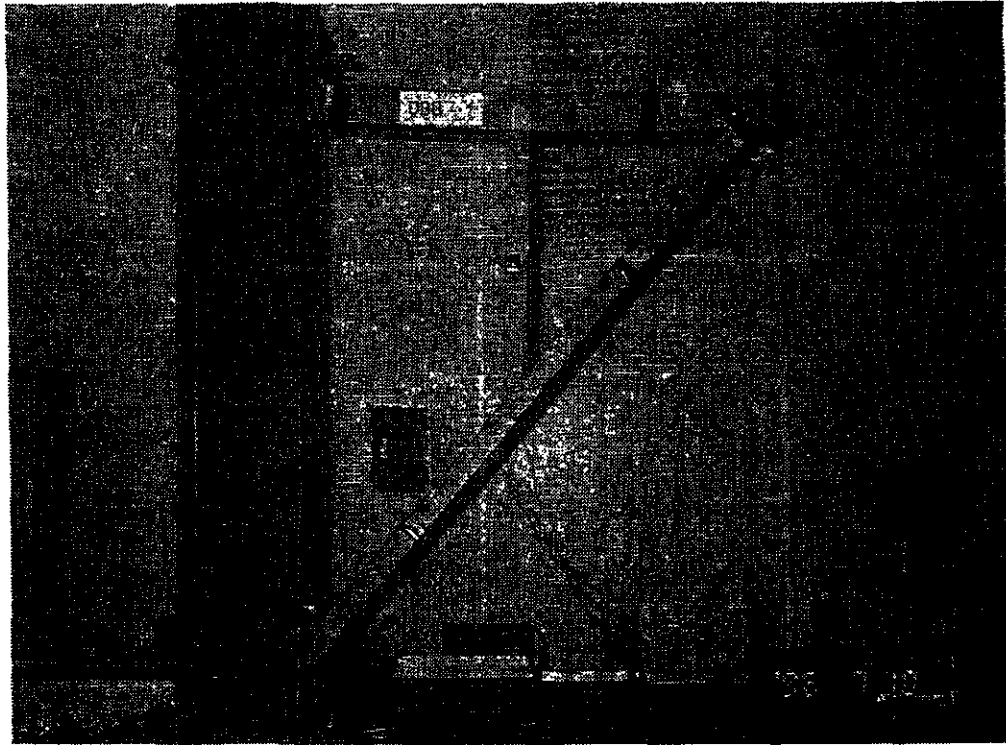
재료실험은 한국산업규격(KS B 0802)에 따라 인장실험을 하였으며, 브라켓은 수직하중의 변화에 따른 브라켓 부재의 변형관계 규명 및 브라켓 끝단에서의 처짐 측정을 위하여 수직하중 재하에 의한 실험으로 실험하여, 실험 중 브라켓의 파괴 양상 관찰 및 항복하중과 극한하중 등을 측정하였다.

하중조건은 현장에서의 비계조립시 브라켓에 작용하는 하중과 동일한 조건이 되도록 외줄 조립용 브라켓은 수평재 끝단부 비계기둥 조립용 철물의 중심을 하중 작용점으로 1점 가력하였으며, 쌍줄 조립용 브라켓은 수평재 끝단부 비계기둥 조립용 철물의 중심과 브라켓 수직재 상부에 비계기둥이 조립되므로 힌지를 제작하여 기둥 조립위치 상부에 설치하고 힌지에 하중이 균등하게 분산되도록 가력보를 설치하여 그 중앙에 하중을 재하함으로써 2점 가력하였다.

실험은 한국산업안전공단 산업안전연구원 가설기자재 검정실험실의 가설기자재 성능검정실험에 사용하는 20TON STM(일본)의 기존 실험장치에 브라켓 설치를 위한 보조철골가구(사진 2)를 제작하여 콘크리트 벽체로 대체하였다. 또한 하중가력시 하중작용점에서 지압 파괴의 발생을 억제하기 위하여 가압 철판을 하중 작용점 상부에 설치하여 가력하였다.

다. 가력 및 측정방법

실험은 한국산업안전공단 산업안전연구원 가설기자재 성능검정실험실의 20TON 스트롱 프레임을 이용 하였으며, 가력방법은 1TON/분 내외의 속도를 유지하여 보다 많은 하중 단위별 부재 변형과 처짐량의 측정이 가능 하도록 가급적 느린속도로 하중을 증분시켜 가력 하였다.



[사진 2] 보조 철골가구

측정은 외줄용 브라켓 및 쌍줄용 브라켓의 하중재하 실험에는 외줄용에는 5개의 변형게이지를 부착하였으며, 쌍줄용에는 7개의 변형게이지를 부착하여 하중의 증분시 마다 부재의 변형관계를 측정하였다. 또한 외줄용 및 쌍줄용 브라켓의 수평재 끝단에 처짐량의 측정을 위하여 변위 변환기(다이얼 타입) 1개를 설치하여 처짐크기를 측정하였다.(그림 6) 측정방법은 재하초기 0.1TON-0.2TON의 하중을 증분하여 재하시 마다 측정하였으며, 예상 파괴하중 부근에서는 가능한 보다 많은 하중 단위별 부재 변형과 처짐의 측정을 위해 좁은 하중간격으로 측정하였다.

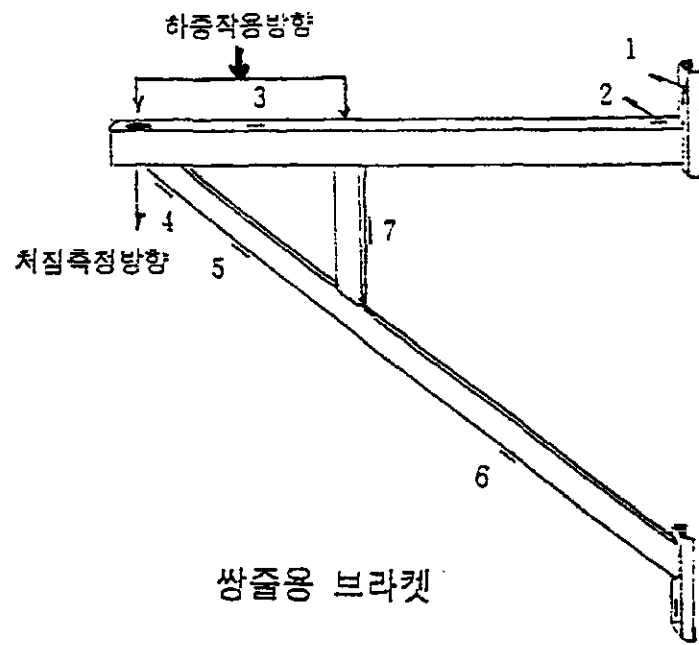
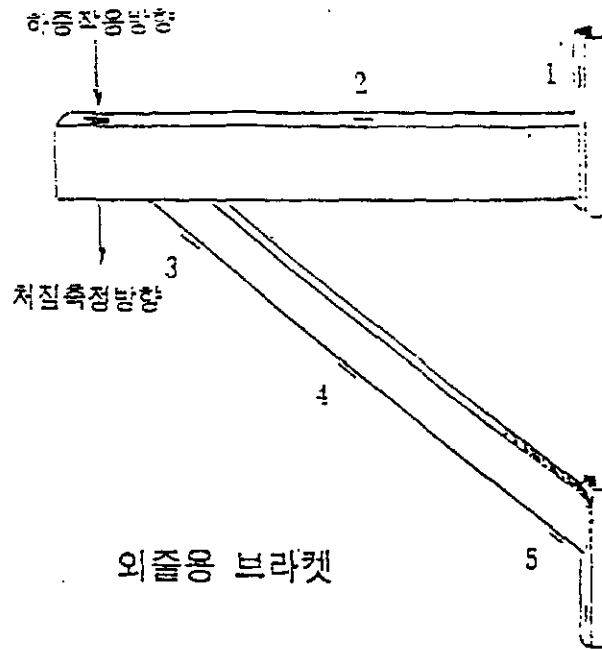
측정된 값의 기록은 변형도측정장치(UCAM-70A)로 기록하여, 기록된 값은 Computer program QUATTRO PRO와 SIGMA PLOT를 이용 하중-변형도

곡선 및 하중-처짐 곡선을 PLOT하였다.

하중재하실험에 사용한 실험장비, 측정기구 그리고 측정기록장치 및 가력 방법은 표 7과 같다.

〈표 7〉 실험장비 및 가력방법

시험체	갯수	실험장소	기기명	측정기구	측정기록 장치	측정개소	가력 방법
SBA	3	산업안전 연구원 가 설기자재 성능검정 실험실	(20TON) STRONG FRAME	변위계 : 1개 스트레인게이지 : 5개	UCAM 70A(KYO WA)	각시험체 5	1점 가력
SBB	3						
SBC	3						
DBA1	3			변위계 : 1개 스트레인게이지 : 6개		각시험체 7	2점 가력
DBA2	3						
DBB	3						
DBC	3						



[그림 6] 변형게이지 및 처짐측정기 설치위치

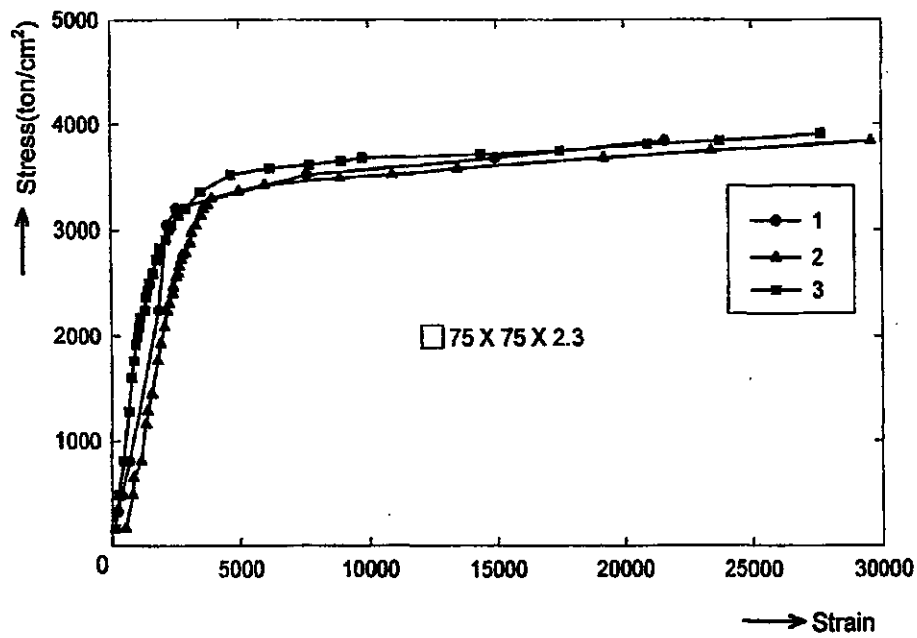
4. 실험결과 및 고찰

가. 재료실험

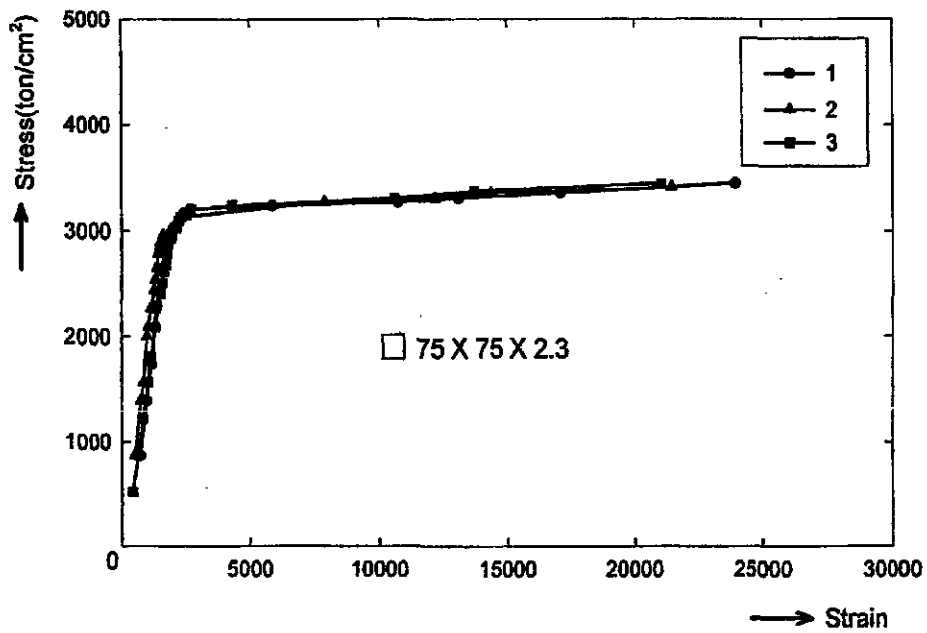
강재의 재료실험은 재료의 종류별 각2개의 시편을 제작하여 인장 실험하였으며 실험결과와 신뢰를 고려하여 시험편별 평균치를 산정하여 정리(표 8)하였으며, PLOT 한 응력-변형도 곡선의 결과는 그림 7부터 15까지와 같다.

〈표 8〉 인장시험결과

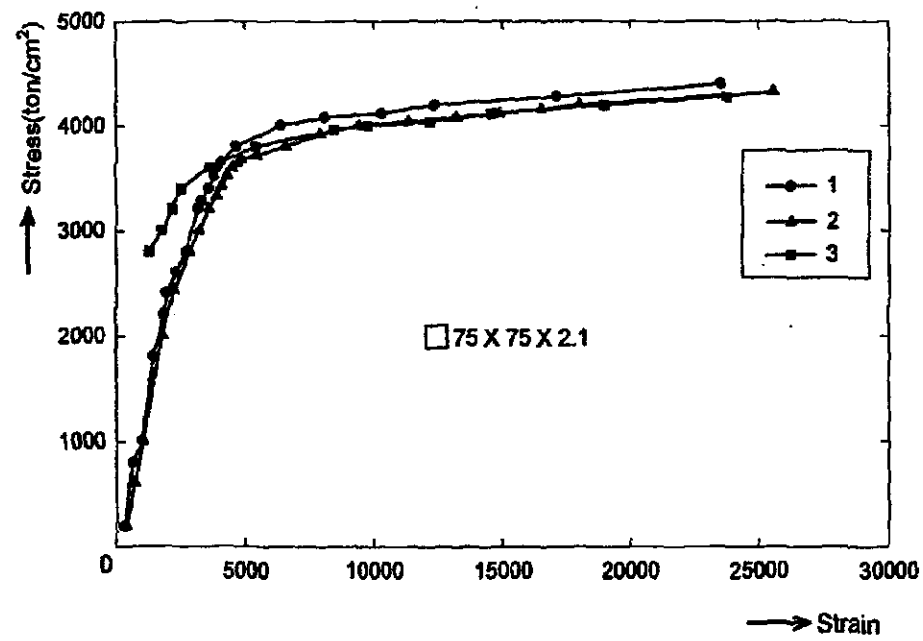
시편번호		항복강도 (kg/cm ²)	극한강도 (kg/cm ²)	단면적 (cm ²)	탄성계수 (×10kg/cm ²)
1-	①	3100	3800	0.625	2.1
	②	3300	3800	0.625	
2-	①	3000	3400	0.575	2.1
	②	3000	3400	0.575	
3-	①	3200	4300	0.5	2.1
	②	3500	4300	0.5	
4-	①	3400	4400	0.5	2.1
	②	3600	4600	0.5	
5-	①	2300	2800	0.75	2.1
	②	2500	30001	0.75	
6-	①	2200	2800	0.825	2.1
	②	-	-	0.825	
7-	①	2600	3800	0.625	2.1
	②	2900	4000	0.625	
8-	①	2800	3600	0.625	2.1
	②	2800	3800	0.75	
9-	①	3500	4900	0.502	2.1
	②	4000	5200	0.487	



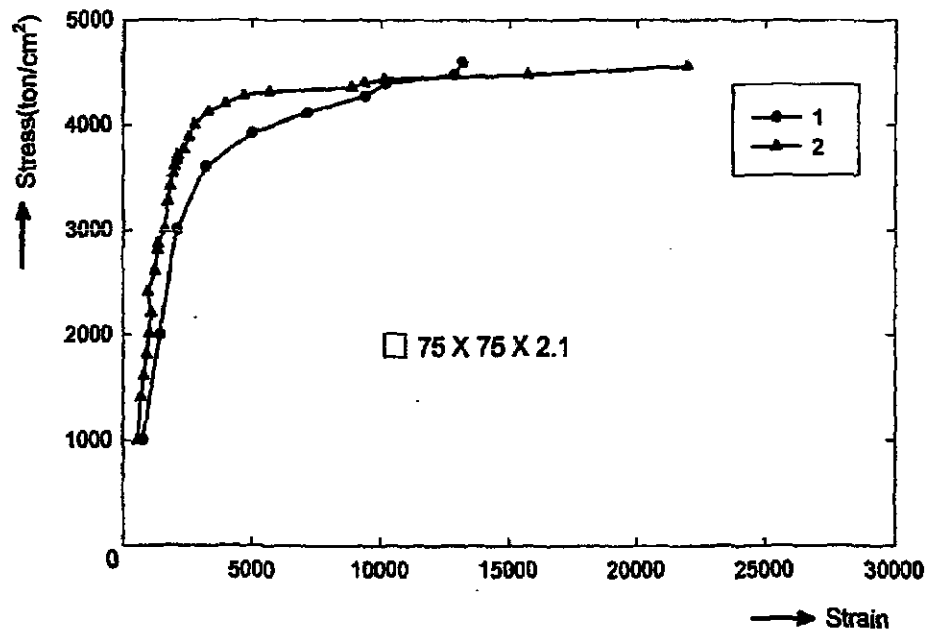
[그림 7] 1번 시험편 응력 - 변형도 곡선



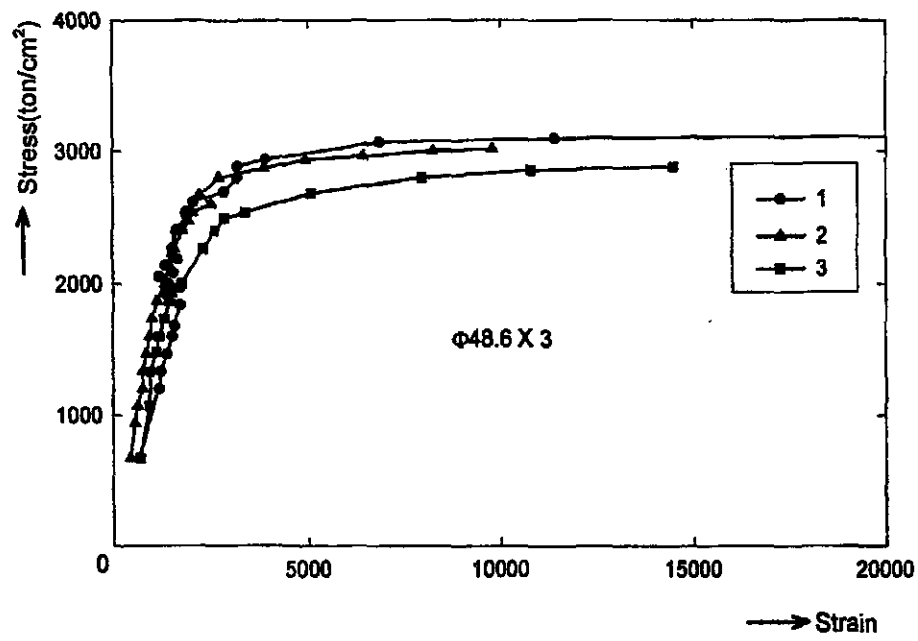
[그림 8] 2번 시험편 응력 - 변형도 곡선(용접)



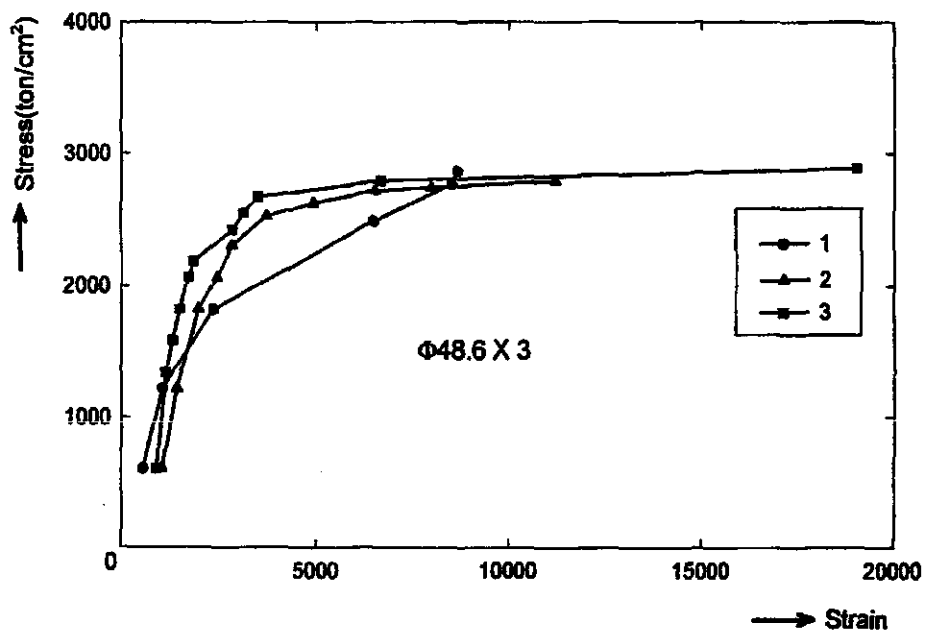
[그림 9] 3번 시험편 응력 - 변형도 곡선



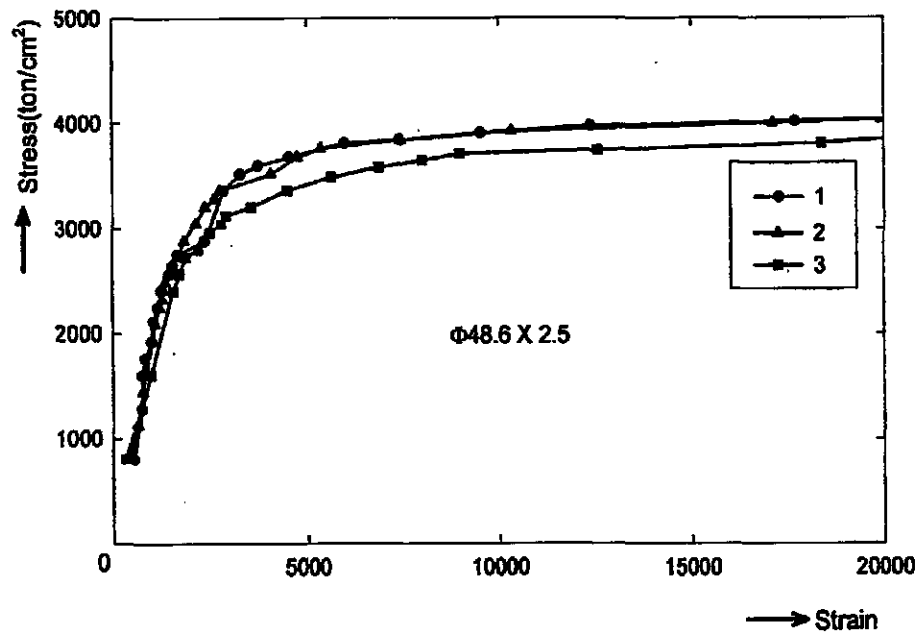
[그림 10] 4번 시험편 응력 - 변형도 곡선(용접)



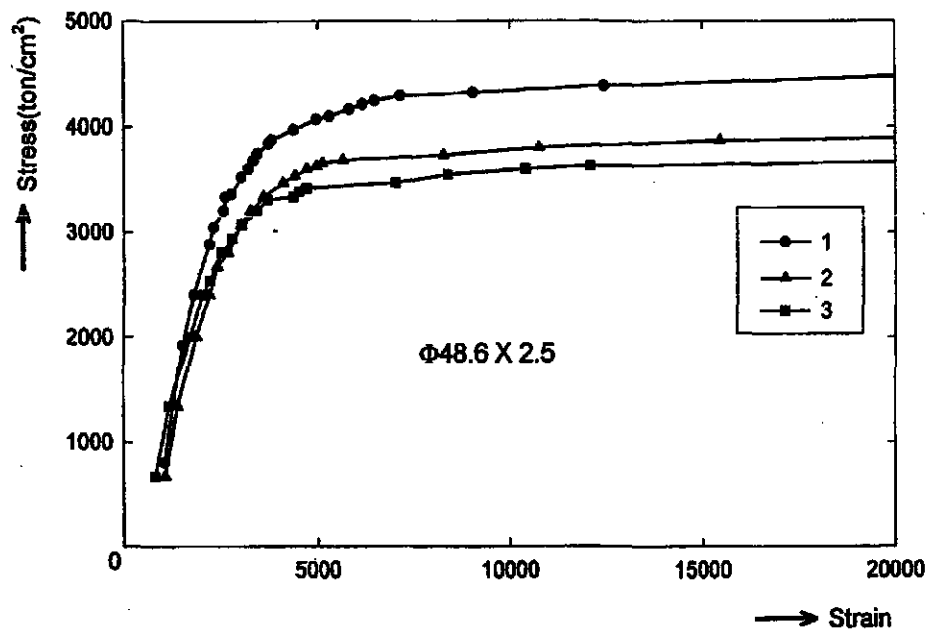
[그림 11] 5번 시험편 응력 - 변형도 곡선



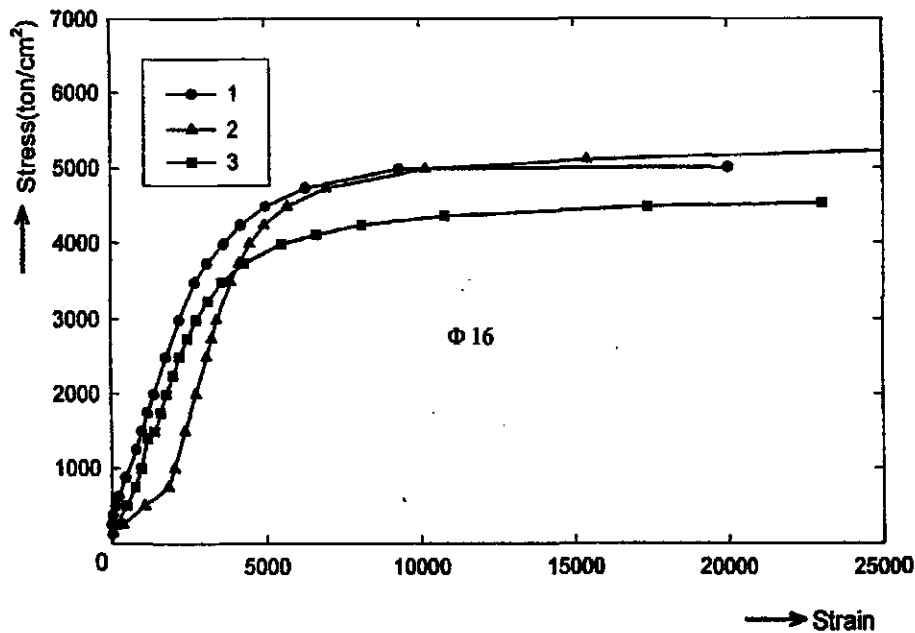
[그림 12] 6번 시험편 응력 - 변형도 곡선(용접)



[그림 13] 7번 시험편 응력 - 변형도 곡선



[그림 14] 8번 시험편 응력 - 변형도 곡선(용접)



[그림 15] 9번 시험편 응력 - 변형도 곡선

(2) 하중재하 실험 결과 및 고찰

수직하중 재하 실험결과 브라켓 구성 부재별 하중에 따른 응력 - 변형도 곡선을 plot한 결과는 그림 16부터 36까지와 같다. 외줄 및 쌍줄 브라켓 부재 중 변형량이 가장 큰 부재는 ①번 게이지가 부착된 상부 지지점이 체결되는 plot에서 변형이 가장 큰 것을 알 수 있다.

파괴형상은 상기의 결과는 하중재하 초기에 상부 지지점에서 인장 변형이 발생하여, 최대하중에 근접하면서 브라켓 구조 전체가 변형되어, 한계에 도달 하면 하부 지지점으로 하중이 전달되어 결국 하부 plot 체결 볼트가 갑작스런 전단 파괴에 이르는 파괴형태를 보이고 있다.

시험체별 최대 하중은 표 9와 같으며, 외줄비계의 최대하중은 2.9TON - 3.52TON이며, 쌍줄비계의 경우 지점거리가 1200mm로 동일한 경우 5.37TON-5.93TON이었다. 쌍줄비계에서 지점거리가 상이한 동일회사 브라켓

(DBA1과 DBA2)의 평균 최대하중은 동일회사 제품에 비해 77%, 타사제품에 비해 85%의 지점간 거리가 900mm(DBA2) 보다 1200mm(DBA1)인 브라켓의 평균 최대하중이 높게 나타났다.

시험체별 최대 처짐은 표 9와 같으며, 외줄용 브라켓의 시험체별 평균처짐을 plot결과는 그림 - 37부터 39 까지이다. 외줄비계의 최대처짐은 22.06mm에서 29.98mm이었다. 쌍줄용 브라켓의 시험체별 평균처짐을 plot결과는 그림 - 40 부터 43 까지이며 지점거리가 1200mm로 동일한 경우 최대처짐은 26.93mm에서 34.78mm이었다. 쌍줄비계에서 지점거리가 상이한 동일회사 브라켓(DBA1과 DBA2)의 평균 처짐은 그림 - 44와 같으며 최대처짐이 동일회사 제품에 비해 1.47배, 타사제품에 비해 1.3배의 평균 최대 처짐을 보이고 있어 지점간 거리가 900mm(DBA2) 보다 1200mm(DBA1)인 브라켓의 우수하였다.

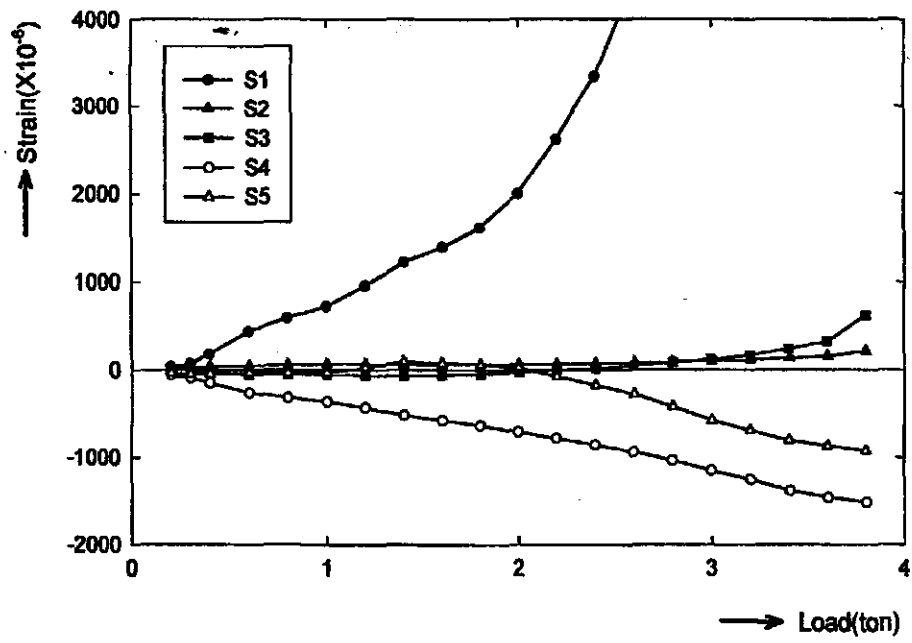
상기의 시험결과 기존 브라켓이 산업안전보건법의 수직지지력 기준은 초과 하는 것으로 확인되었다. 그러나 처짐의 크기 한계 기준이 없으며 외줄비계 설치용 브라켓은 작업발판의 설치가 불가능한 구조이기 때문에 현장에서의 설치사용은 금지 되어야 한다.

〈표 9〉 시험체별 최대하중 및 최대처짐의 평균값

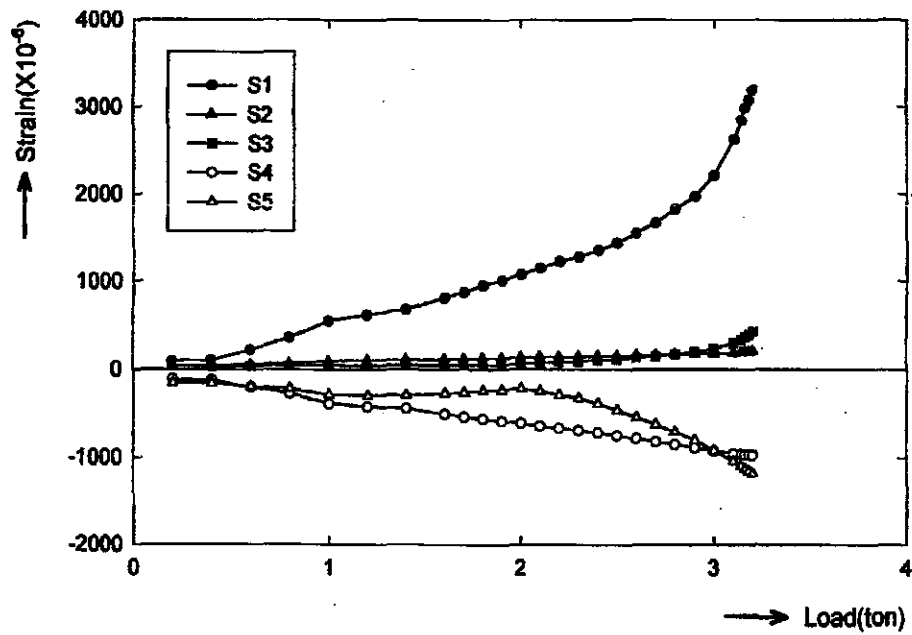
시험체명	최대하중(TON)	최대처짐(mm)	지점거리(mm)
SBA-1	3.8	31.42	600
-2	3.2	16.68	
-3	3.56	26.34	
평 균	3.52	24.81	
SBB-1	2.7	19.43	600
-2	3.44	39.55	
-3	3.25	28.86	
평 균	3.13	29.28	

〈표 9〉 시험체별 최대하중 및 최대처짐의 평균값(계속)

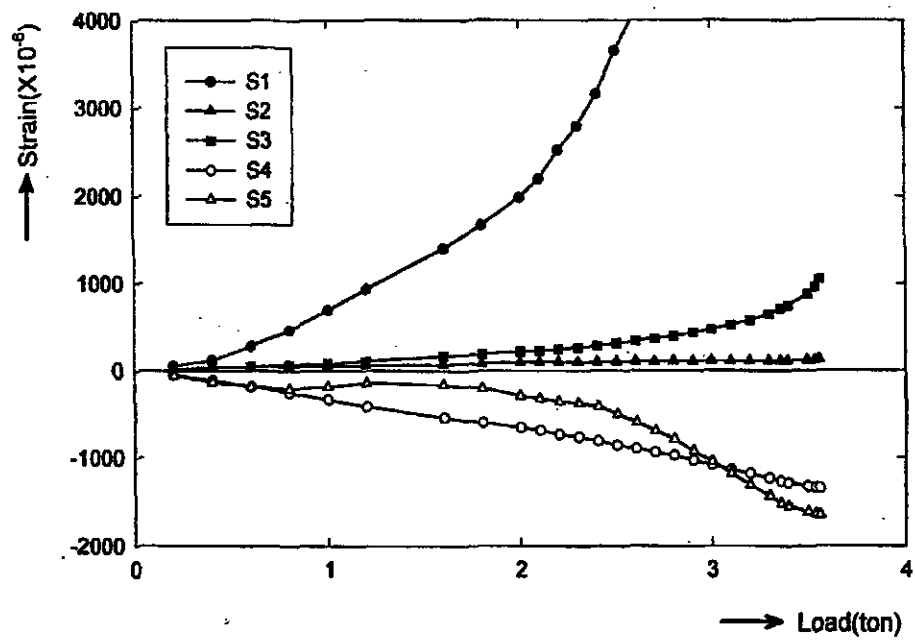
시험체명	최대하중(TON)	최대처짐(mm)	지점거리(mm)
SBC-1	2.7	21.69	600
-2	3.3	25.08	
-3	2.71	19.43	
평 균	2.9	22.06	
DBA1-1	6.14	33.74	1200
-2	5.84	30.2	
-3	5.82	26.93	
평 균	5.93	30.29	
DBA2-1	4.5	41.97	900
-2	4.5	42.4	
-3	4.68	49.49	
평 균	4.56	44.62	
DBB-1	5	35.08	1200
-2	5.6	34.35	
-3	5.7	34.78	
평 균	5.43	34.74	
DBC-1	5.32	35.45	1200
-2	4.8	37.95	
-3	6	28.6	
평 균	5.37	34	



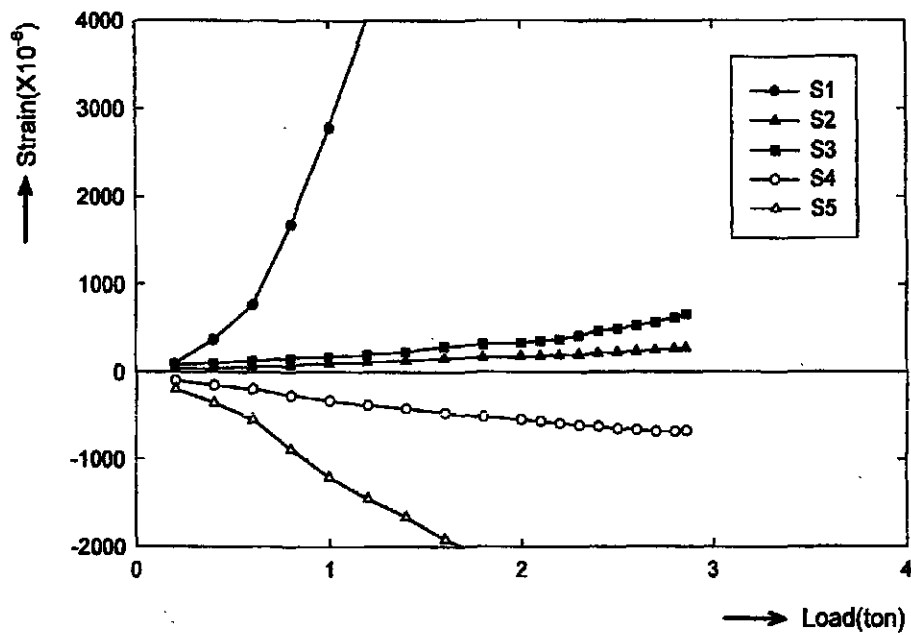
[그림 16] SBA - 1 시험체 하중 변형도 곡선



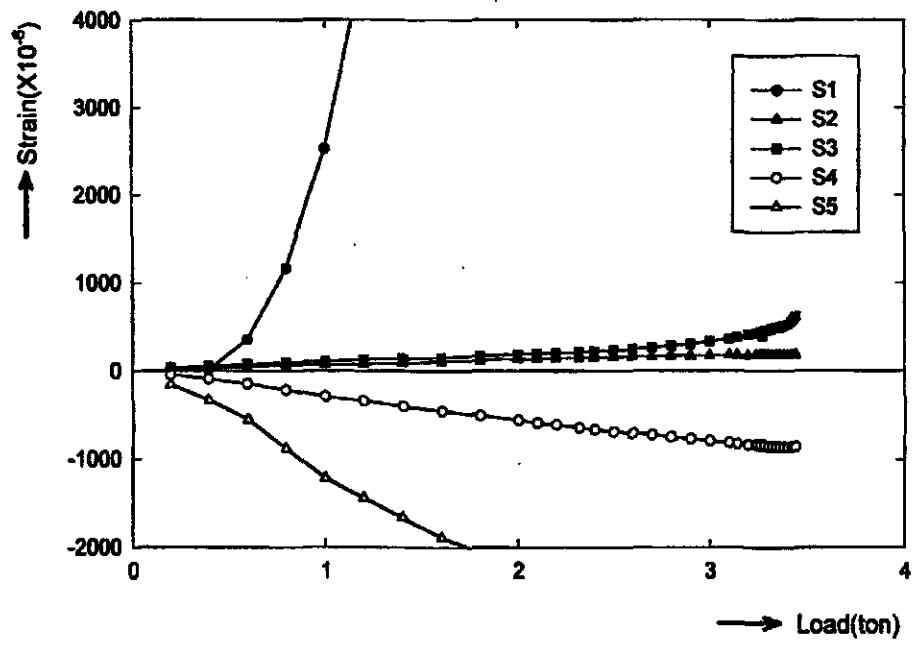
[그림 17] SBA - 2 시험체 하중 변형도 곡선



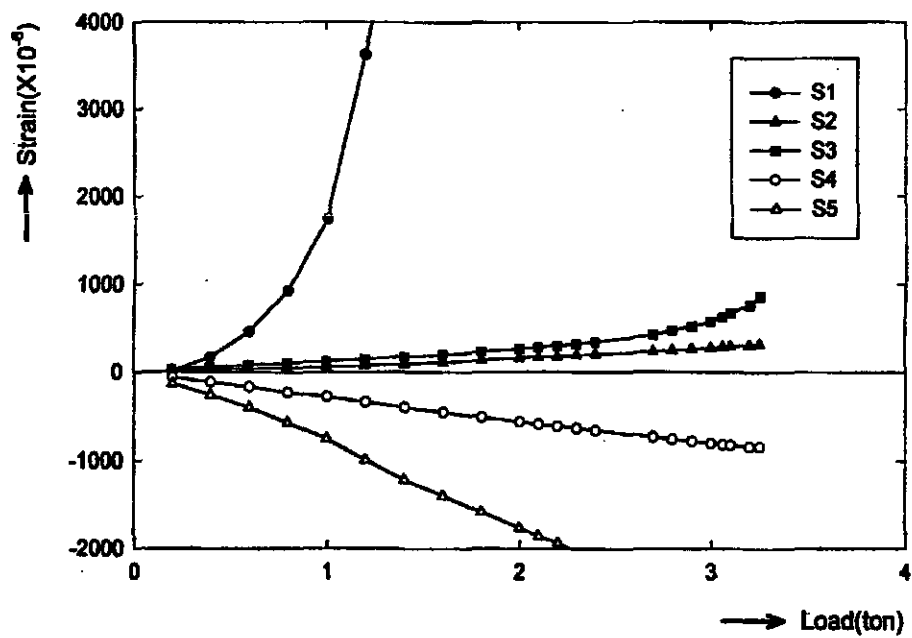
[그림 18] SBA - 3 시험체 하중 변형도 곡선



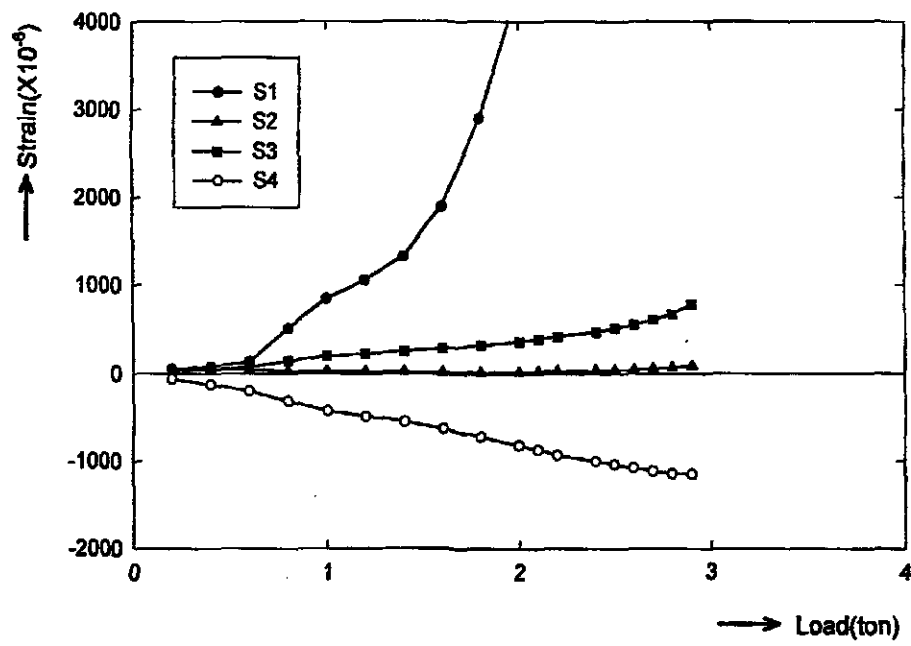
[그림 19] SBB - 1 시험체 하중 변형도 곡선



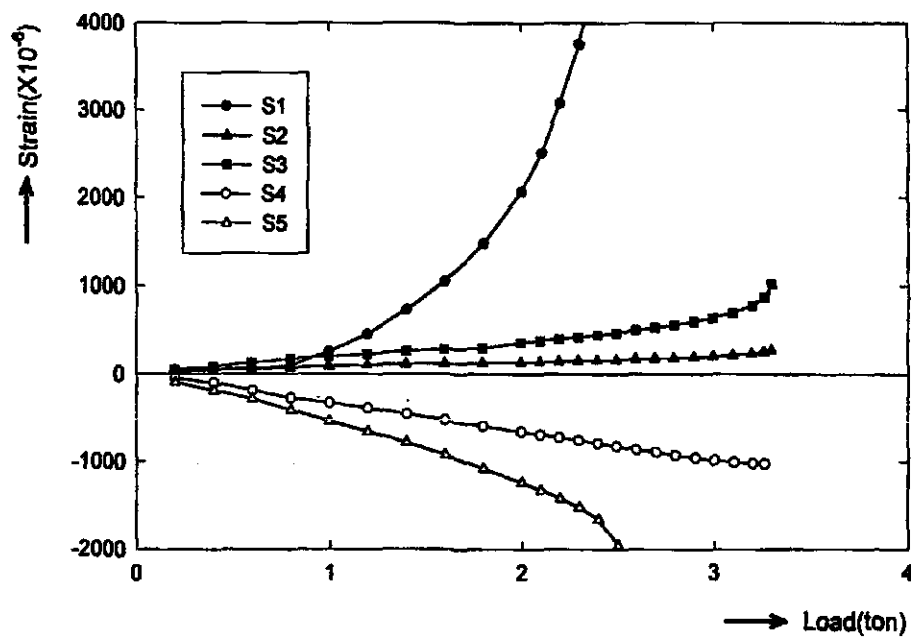
[그림 20] SBB - 2 시험체 하중 변형도 곡선



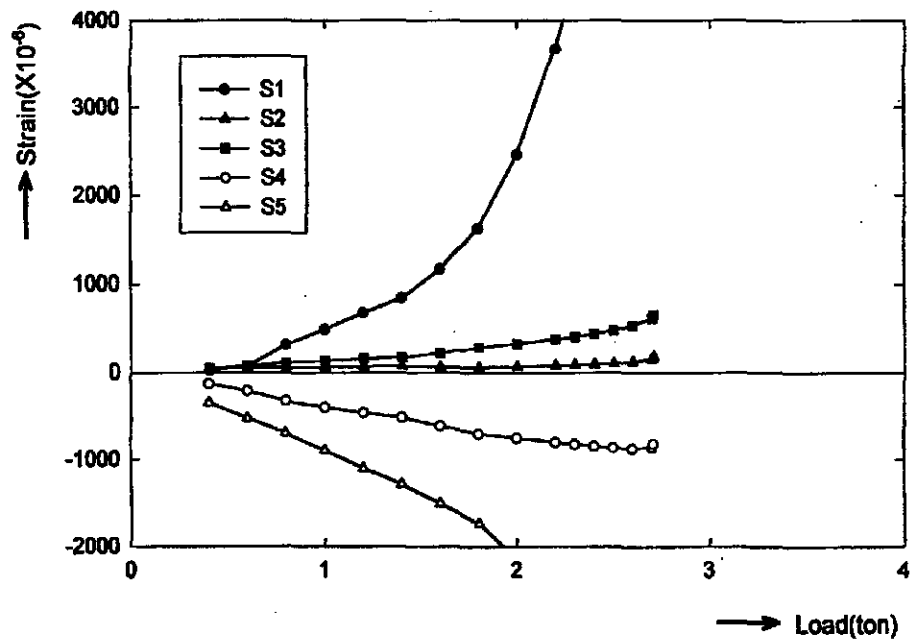
[그림 21] SBB - 3 시험체 하중 변형도 곡선



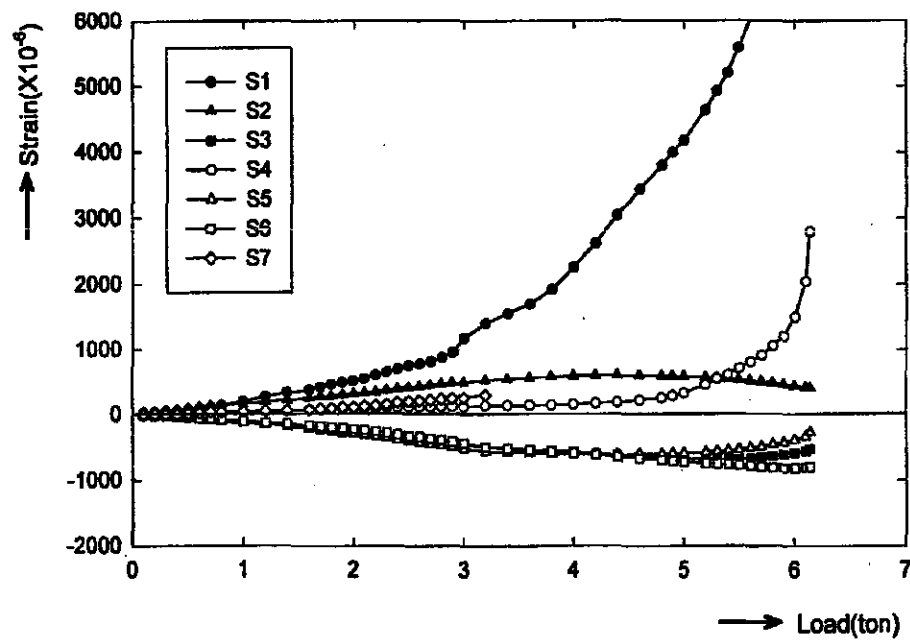
[그림 22] SBC - 1 시험체 하중 변형도 곡선



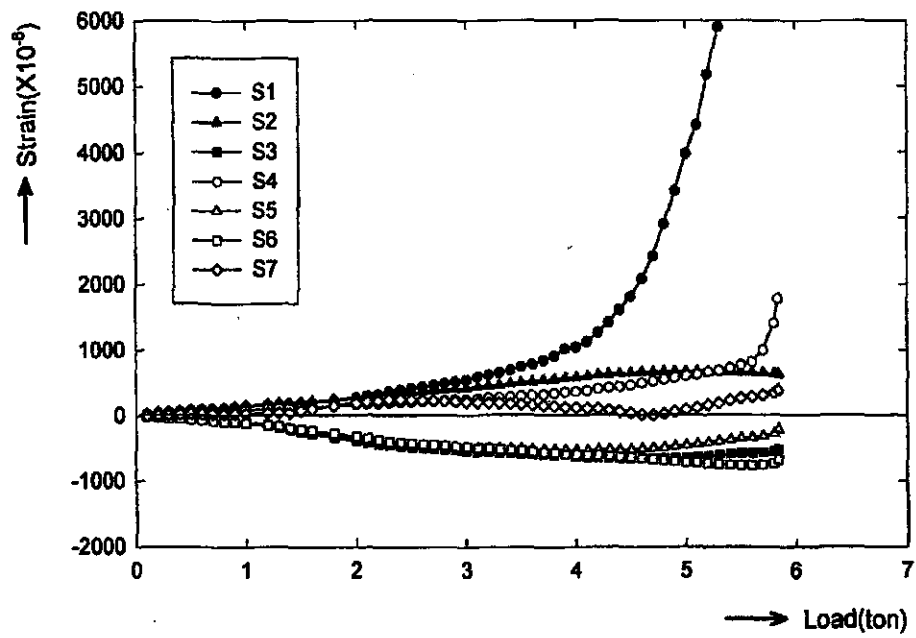
[그림 23] SBC - 2 시험체 하중 변형도 곡선



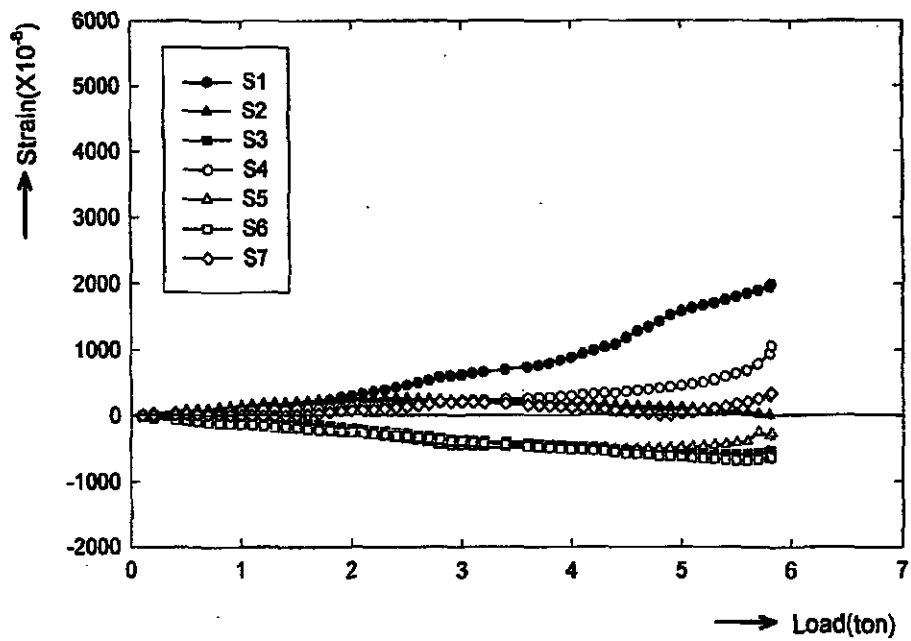
[그림 24] SBC - 3 시험체 하중 변형도 곡선



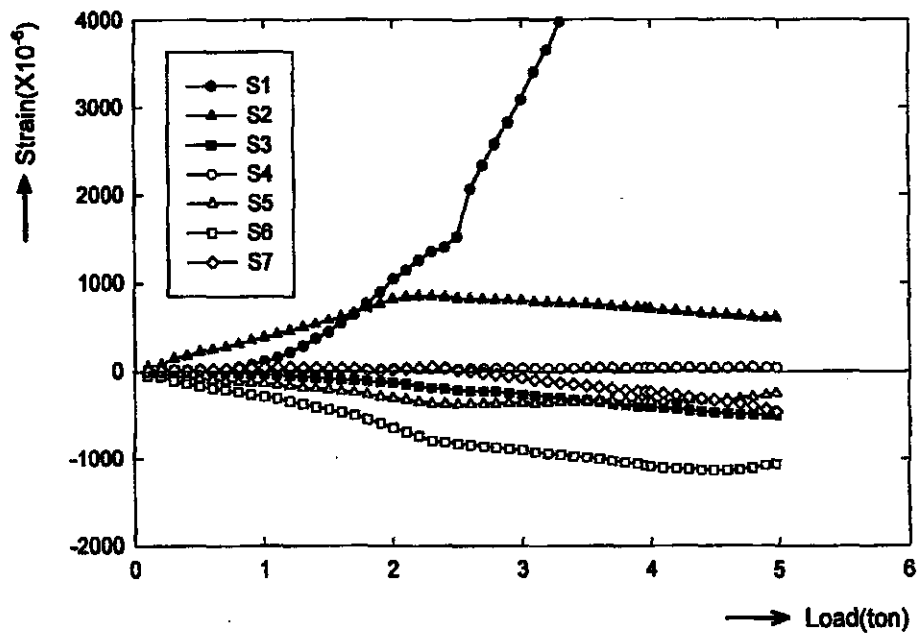
[그림 25] DBA1 - 1 시험체 하중 변형도 곡선



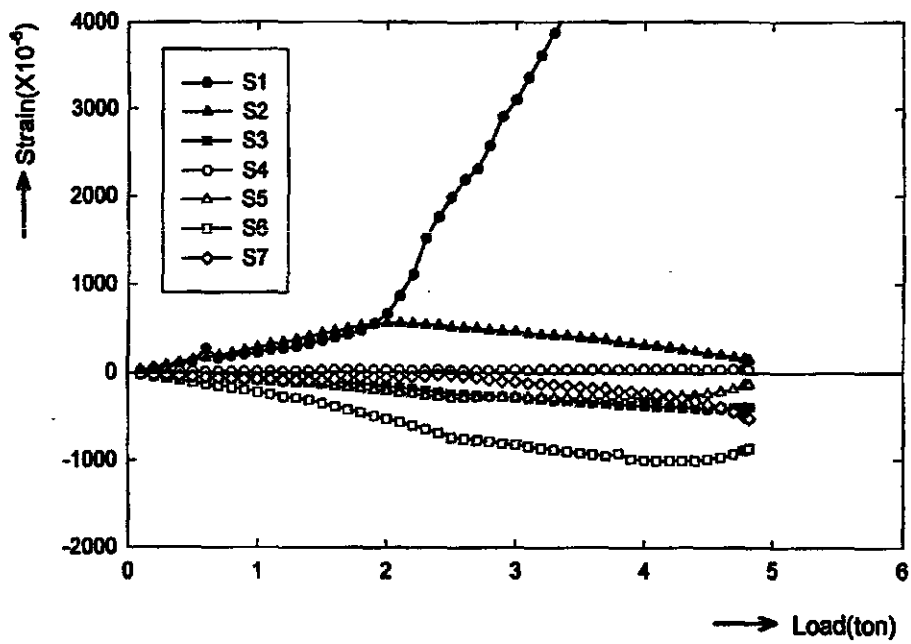
[그림 26] DBA1 - 2 시험체 하중 변형도 곡선



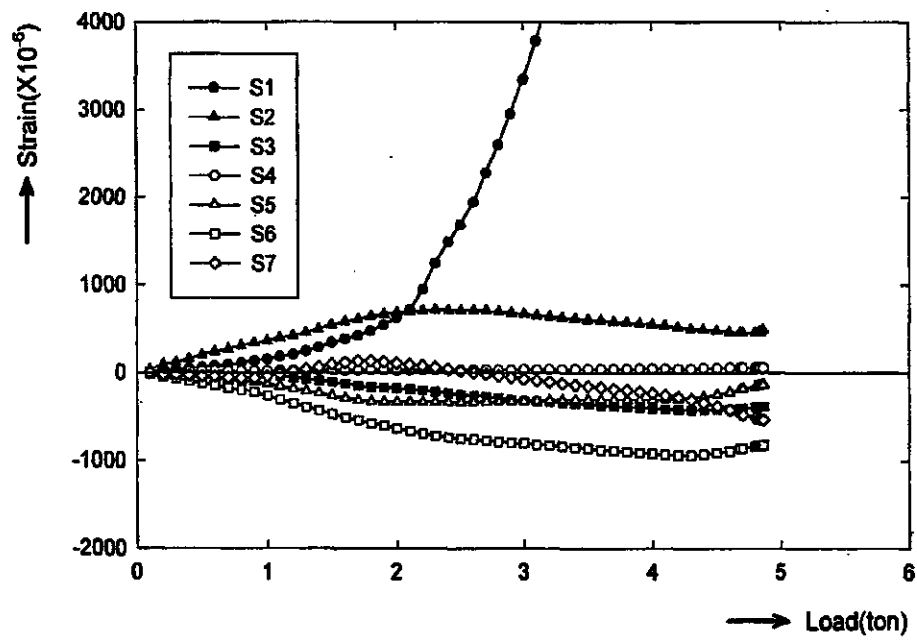
[그림 27] DBA1 - 3 시험체 하중 변형도 곡선



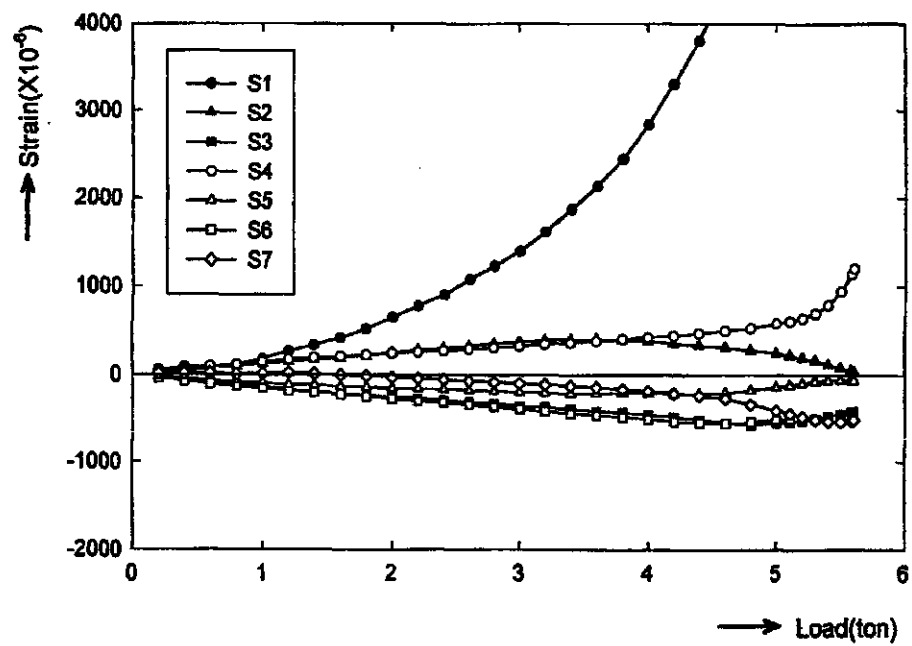
[그림 28] DBA2 - 1 시험체 하중 변형도 곡선



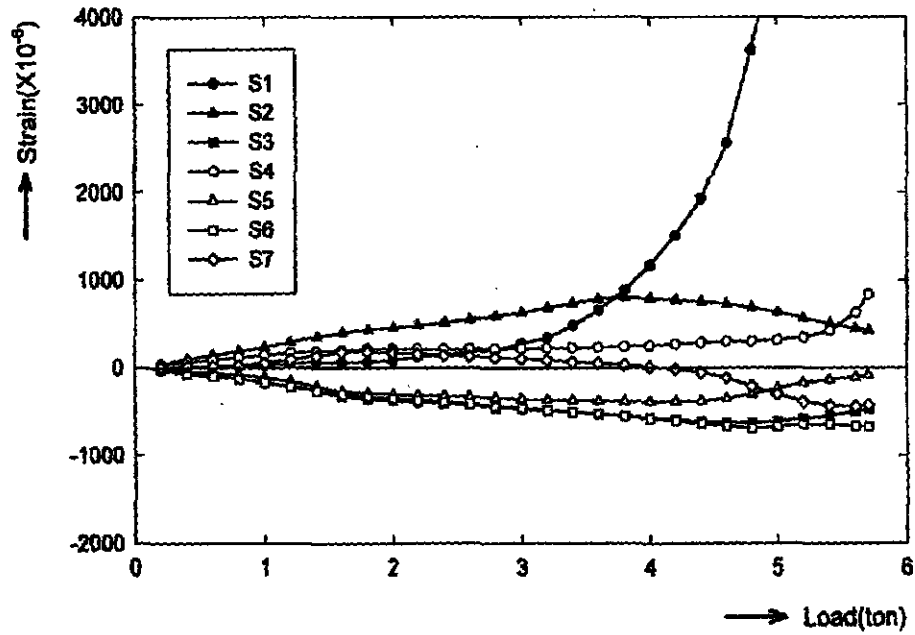
[그림 29] DBA2 - 2 시험체 하중 변형도 곡선



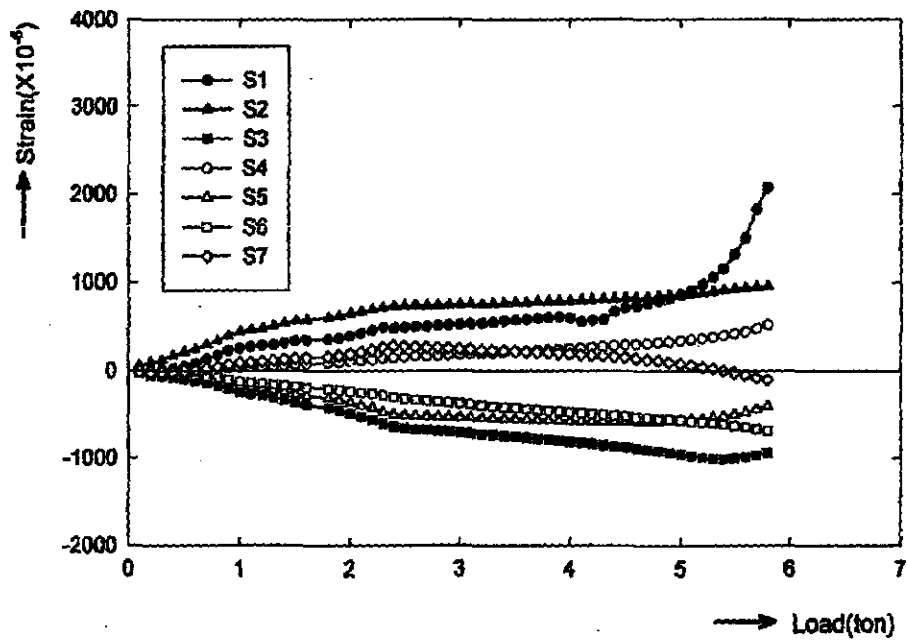
[그림 30] DBA2 - 3 시험체 하중 변형도 곡선



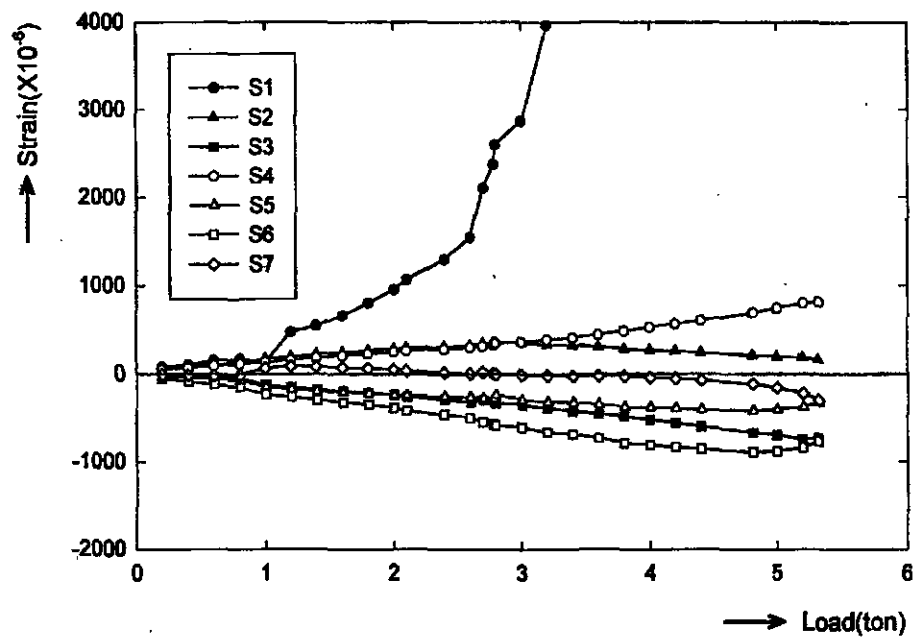
[그림 31] DBB - 1 시험체 하중 변형도 곡선



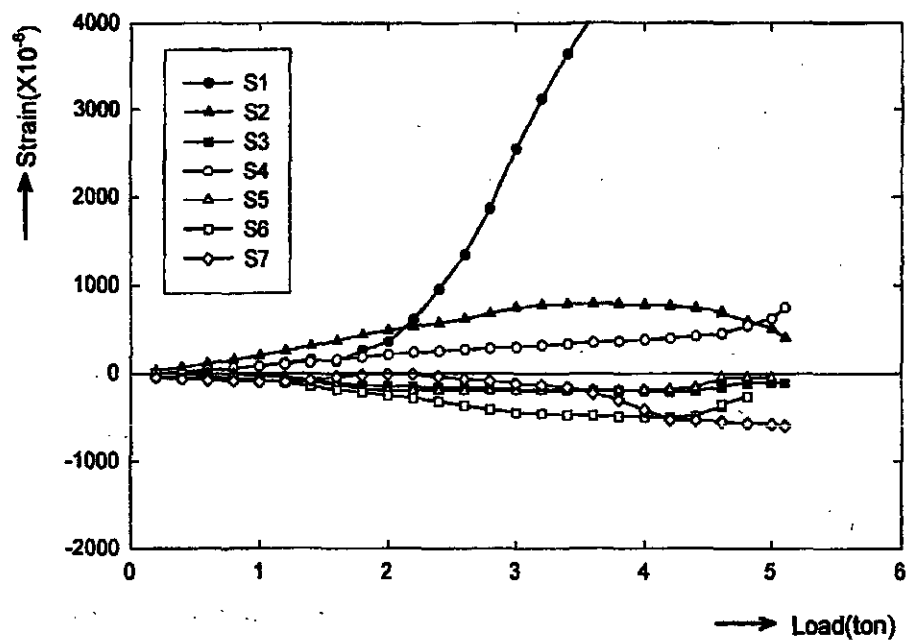
[그림 32] DBB - 2 시험체 하중 변형도 곡선



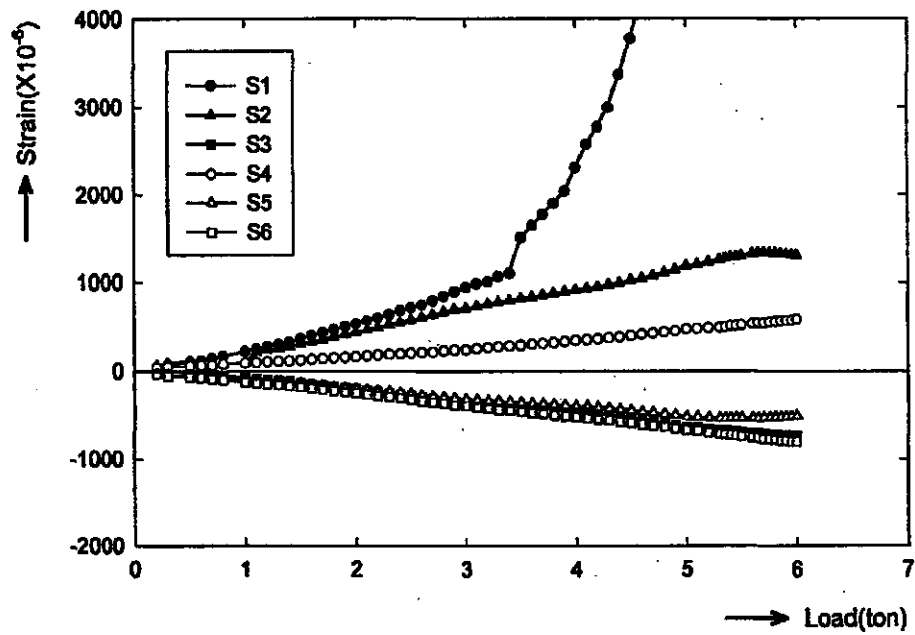
[그림 33] DBB - 3 시험체 하중 변형도 곡선



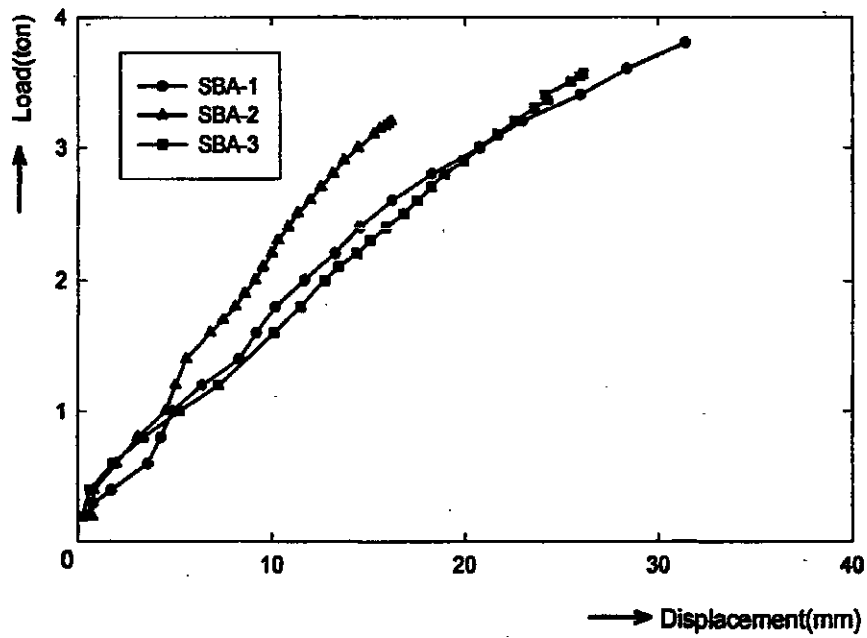
[그림 34] DBC - 1 시험체 하중 변형도 곡선



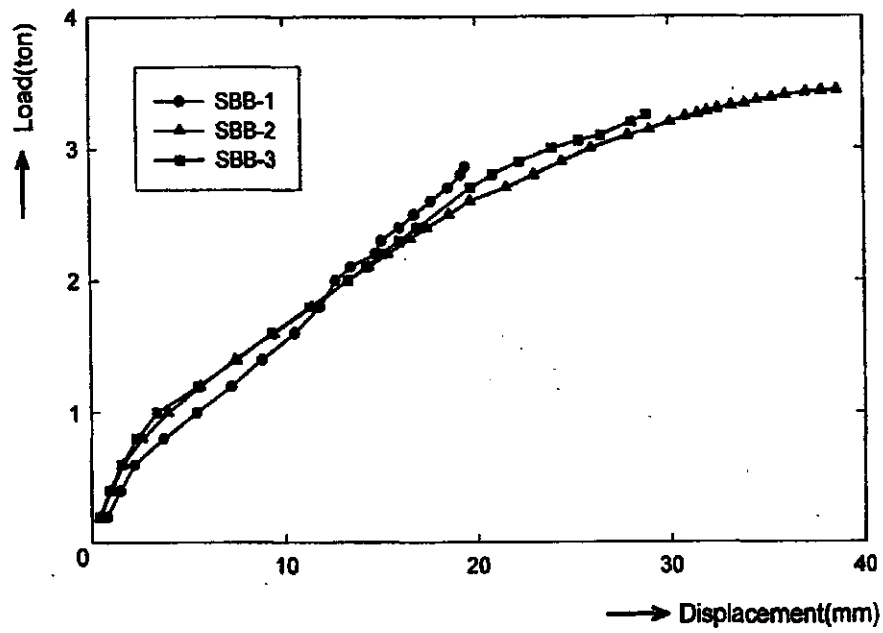
[그림 35] DBC - 2 시험체 하중 변형도 곡선



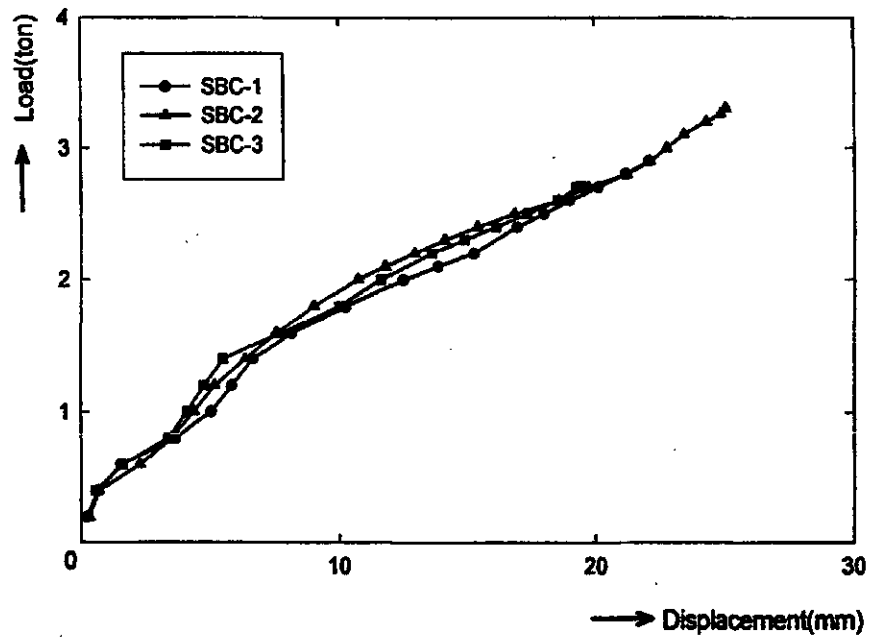
[그림 36] DBC - 3 시험체 하중 변형도 곡선



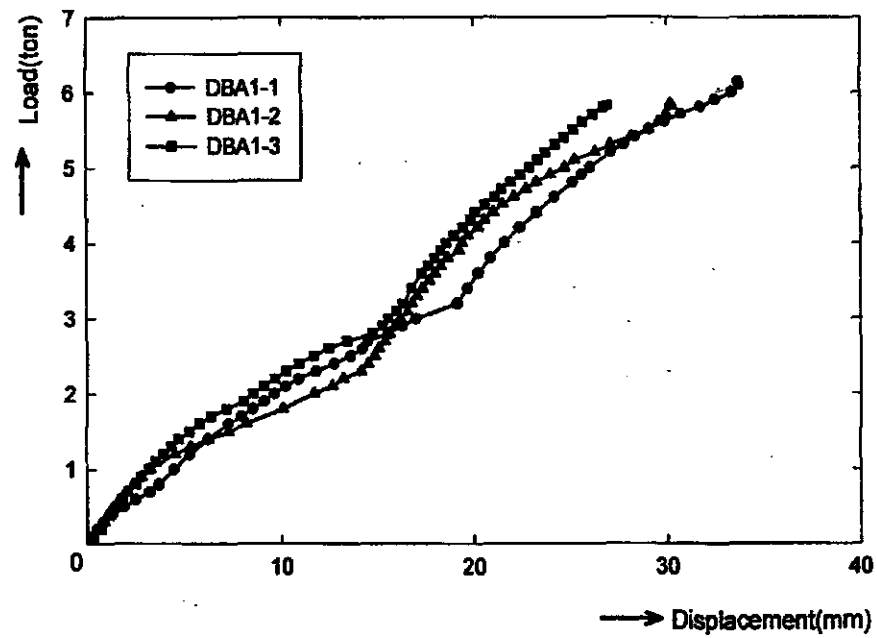
[그림 37] SBA 시험체 처짐 곡선



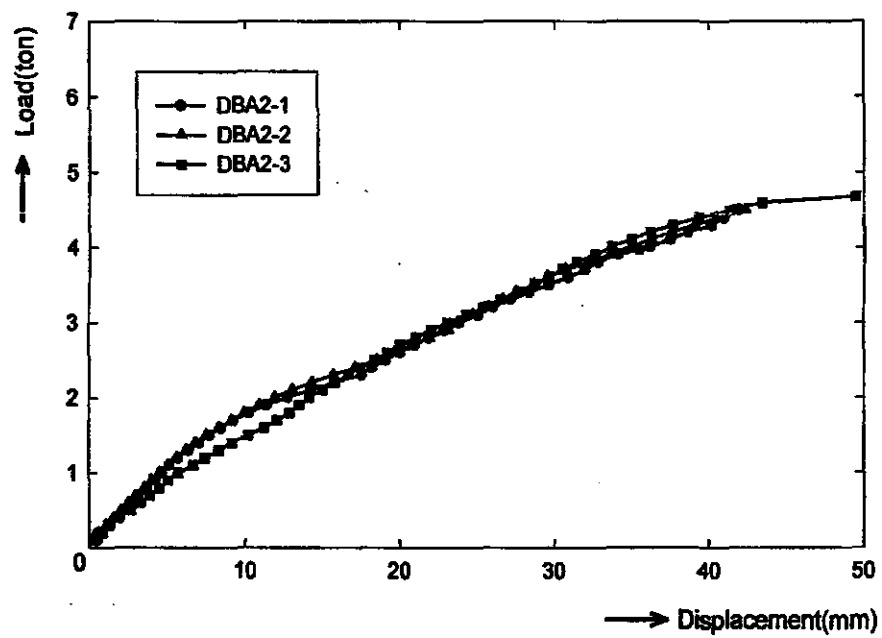
[그림 38] SBB 시험체 처짐 곡선



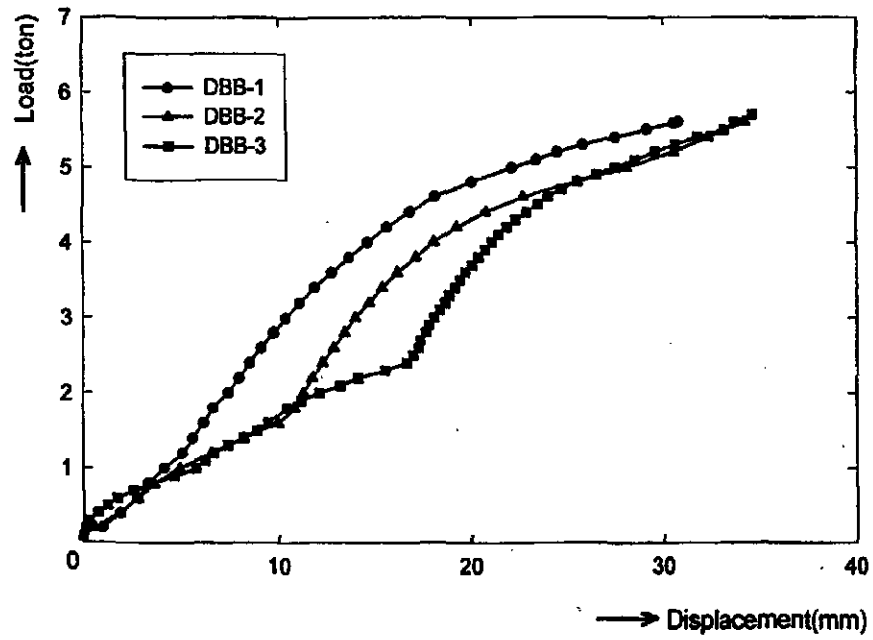
[그림 39] SBC 시험체 처짐 곡선



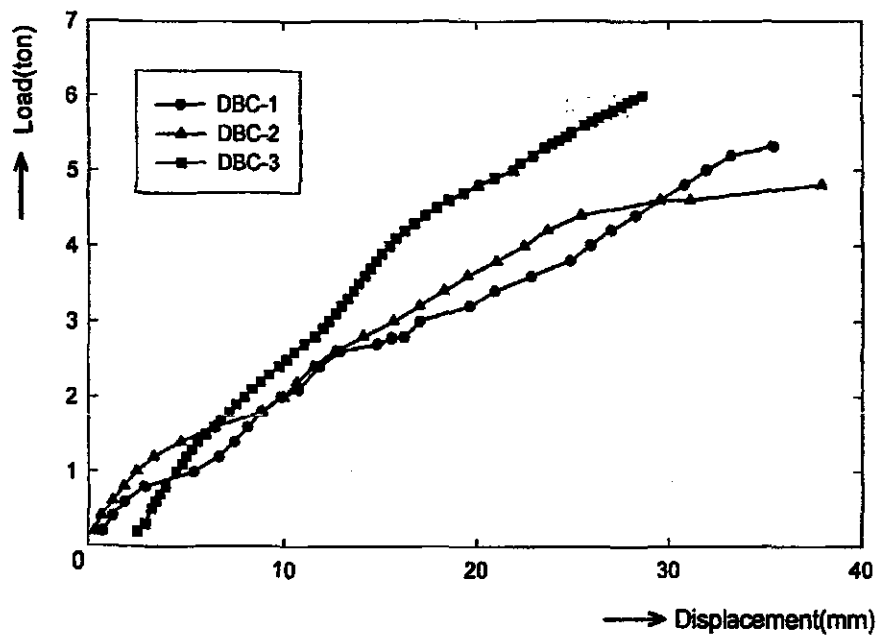
[그림 40] DBA1 시험체 처짐 곡선



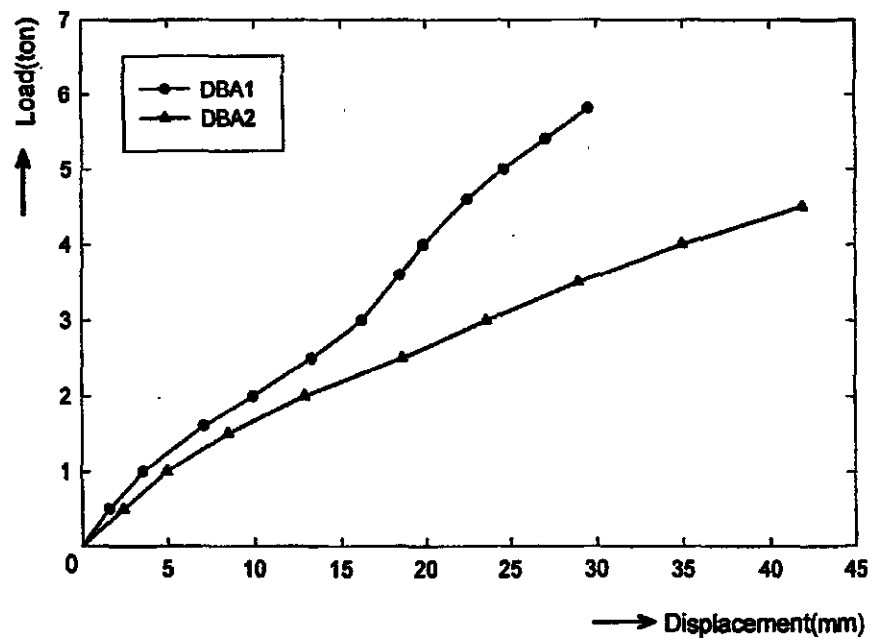
[그림 41] DBA2 시험체 처짐 곡선



[그림 42] DBB 시험체 처짐 곡선



[그림 43] DBC 시험체 처짐 곡선



[그림 44] DBA1과 DBA2시험체 처짐

제4장 브라켓 개선 및 평가

1. 브라켓 개선

현재의 건설현장에서 외줄 브라켓을 설치 사용하는 사례가 많이 있으나, 이는 작업발판의 설치가 불가능한 구조로서 산안법의 규정을 준수하지 않는 것이며, 고소작업시 근로자의 안전을 위해서는 반드시 작업발판 설치가 가능한 구조이어야 한다.

따라서 개선 브라켓은 작업발판을 설치 할 수 있는 쌍줄 비계 설치용 브라켓으로 국한하여 개선하고자 한다.

개선 브라켓은 안전성 측면과 작업성 측면 그리고 경제적 측면에서의 재료비 및 가공비 그리고 설치비의 절감 등의 개선 목표를 달성하기 위하여 다음과 같은 개선 내용은 다음과 같다.

- 1) 단판비계 설치용 철물을 각형강관 상부로 이동 설치 하여 강관의 하부 철판만이 부담하던 상부하중을 각형강관의 전단면이 부담 할 수 있도록 하였다.
- 2) 수직재 상부에 단판 파이프 설치용 철물을 추가 설치 하여 비계조립시 근로자의 적당설치에서 비롯되는 편심하중의 작용을 근절하고 크램프 내력이 아닌 브라켓 내력에 의해 비계가 지지 되도록 하였다.
- 3) 브라켓 수평재의 길이를 조절하여 구조물과 비계사이의 틈간격을 10cm 감소시켜 설치하도록 하여 구조물과 비계틈 간격으로 추락할 수 있는 공간을 감소시켜 재해 유발 요인을 억제하였다.
- 4) 브라켓 지지를 위한 상·하부 지지판에 뚫려 있는 볼트 체결 구멍을 조절 (볼트 직경의 3배에서 2배이하)함으로써 지지판의 상부하중에 의한 슬립길이를 33% 감소 시켜 브라켓의 내력을 증가하고자 하였다.

5) 작업발판설치를 기존 성능검정품목으로 지정되어 생산되는 작업발판의 설치를 용이하게 하기 위하여 브라켓 수평재 단면을 단관파이프를 활용하여 작업발판 설치를 용이하게 하였다.

상기의 개선내용을 반영하여 그림 45와 그림 46과 같이 설계를 작성하여 시제품을 제작 하였다.

2. 실험

개선브라켓의 재료실험 및 수직 하중재하실험은 3장의 기존브라켓에서의 실험과 동일한 실험 방법과 가력 및 측정방법으로 수행하였다.

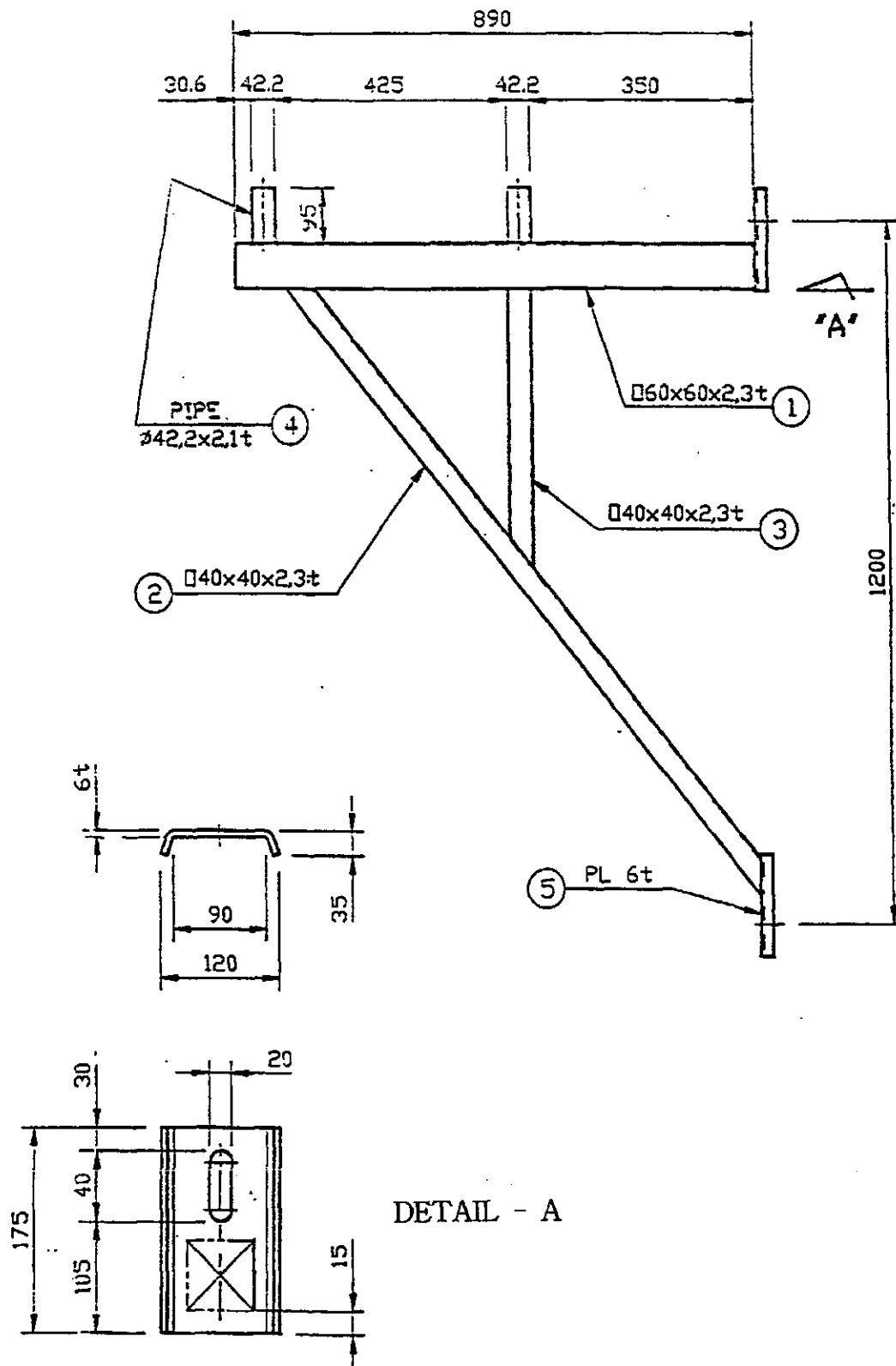
3. 실험 결과 및 고찰

가. 재료실험 결과 및 고찰

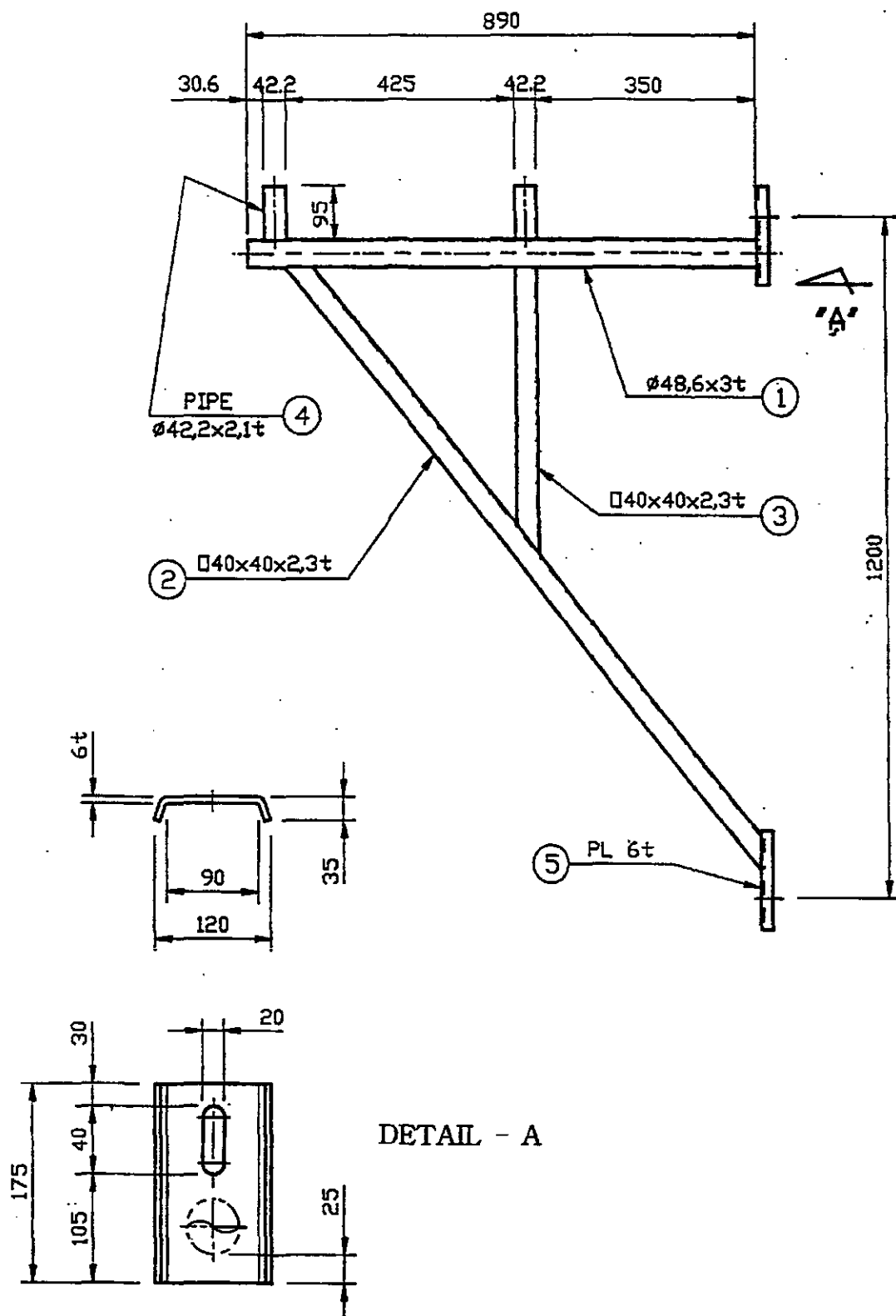
강재의 재료실험 재료의 종류별 각3개의 시편을 제작하여 실험하였으며, 실험결과의 신뢰를 고려하여 시험편별 평균치를 산정하여 정리(표 10)하였고, 응력-변형도 곡선의 PLOT 한 결과는 그림 47 부터 49 까지와 같다.

〈표 10〉 재료시험편 실측치수(개선브라켓)

시험번호		재료종류	두께(mm)	나비(cm)
1	①	12-60×60×2.3	2.3	2.52
	②		2.3	2.52
	③		2.4	2.525
2	①	□-40×40×2.3	2.05	2.525
	②		2.1	2.53
	③		2.1	2.525
3	①	φ48.6×3	3.05	2.535
	③		3.1	2.535
	③		3.05	2.515



[그림 45] 개선 브라켓(DB□)



[그림 46] 개선 브라켓(DBφ)

〈표 11〉 인장실험 결과

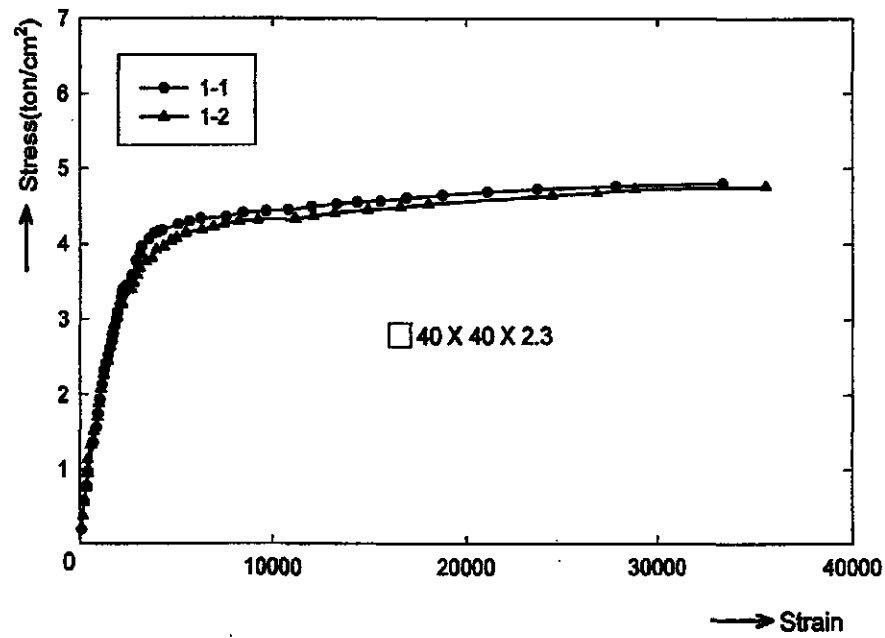
시편번호		항복강도 (kg/cm ²)	극한강도 (kg/cm ²)	단면적 (cm ²)	탄성계수 (×10 ⁶ kg/cm ²)
1	①	2500	3200	0.579	2.1
	②	2500	3200	0.579	
	③	2500	3200	0.606	
2	①	3500	4400	0.517	2.1
	②	3500	4400	0.531	
	③	-	-	-	
3	①	3700	5100	0.773	2.1
	②	3200	4100	0.785	
	③	3800	4700	0.767	

나. 하중제하 실험결과 및 고찰

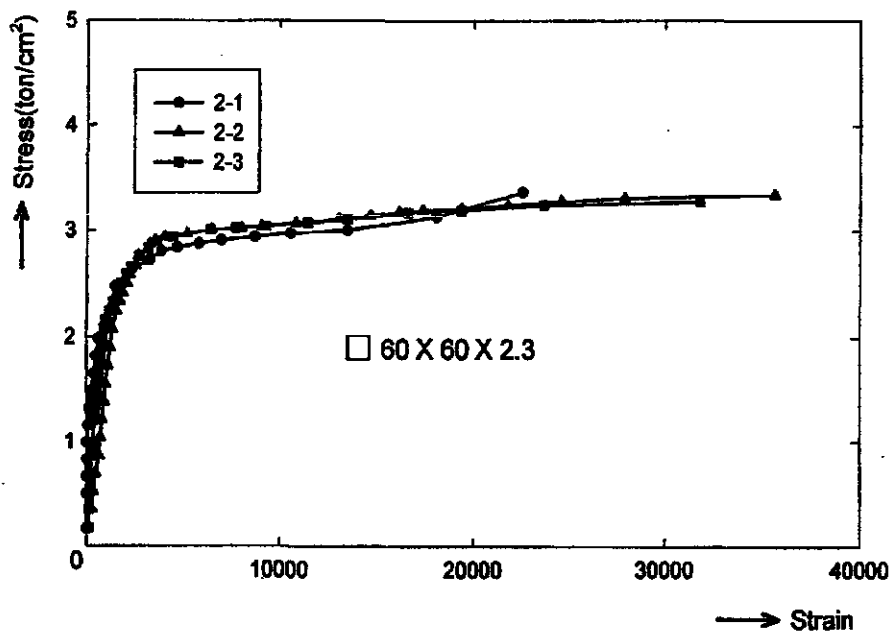
하중제하는 100kg 증분마다 변형도 및 처짐량을 측정하였으며, 실험도중 하중 1.7TON 또는 1.8TON에서 특하는 소리가 났다. 이는 볼트 체결 홈이 볼트직경의 2배이기 때문에 볼트가 홈의 최상단에 밀착되어 설치되지 않아 지지판이 슬립되어 지지판과 볼트가 밀착되면서 부딪치는 소리로 판명되었다.

육안에 의한 파괴 형상은 단관파이프의 경우 2.2TON 내외에서 수평재의 좌굴이 관찰되었으며, 각형강관의 경우 2.4TON 이상에서 수평재 좌굴이 가장 먼저 감지 되었다.

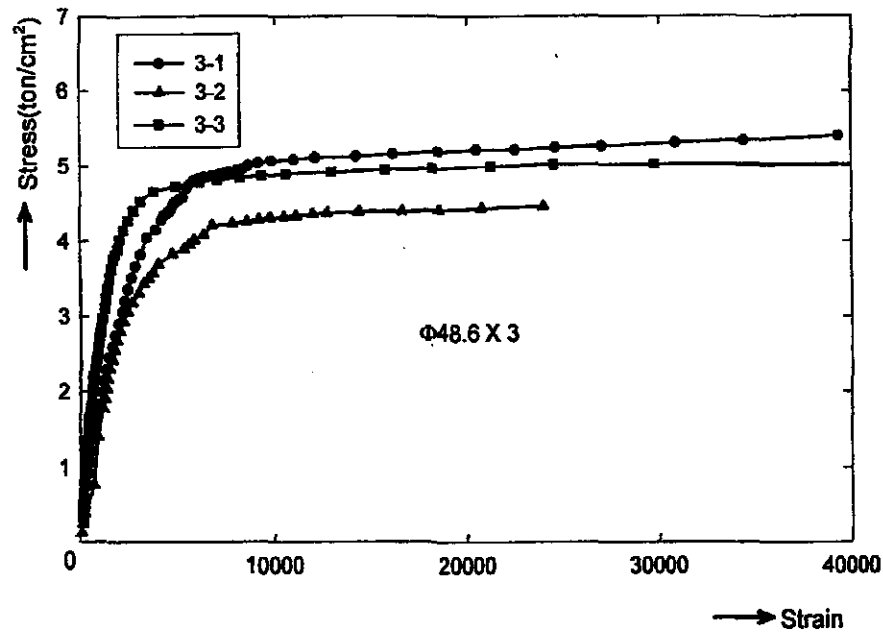
실험결과 개선 브라켓 구성 부재에 대한 하중별 변형관계를 plot한 결과는 그림 50~55과 같으며, 상부지점의 변형량은 DB□-1과 DBφ-1 시험체는 기존 브라켓에 비해 아주 양호한 결과를 얻었으나 나머지 시험체는 차이가 없었다. 이는 브라켓 체결시 체결 토오크 값에 따라 지지판이 slip 변형에 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다.



[그림 47] 1번 시험편 응력 - 변형도 곡선



[그림 48] 2번 시험편 응력 - 변형도 곡선

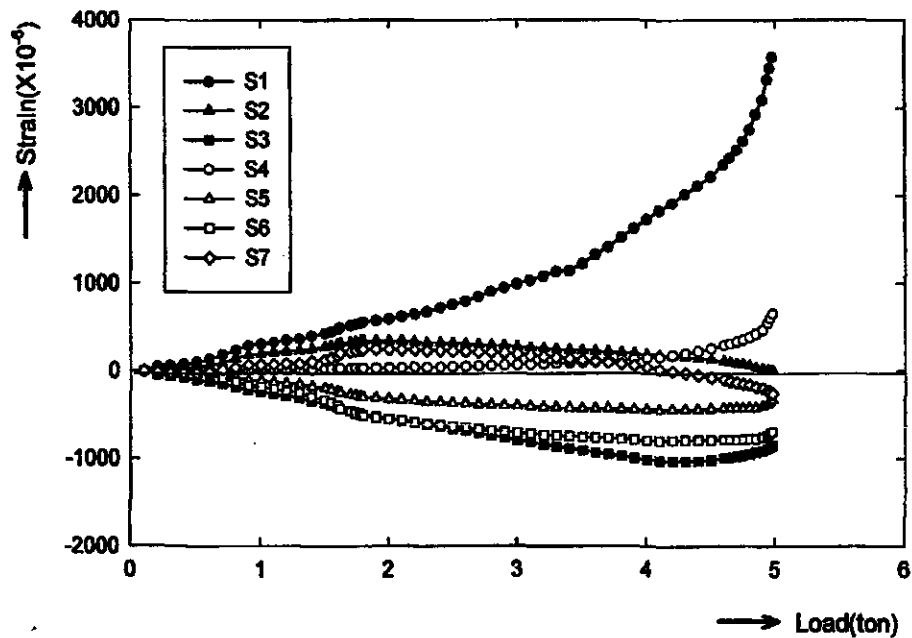


[그림 49] 3번 시험편 응력 - 변형도 곡선

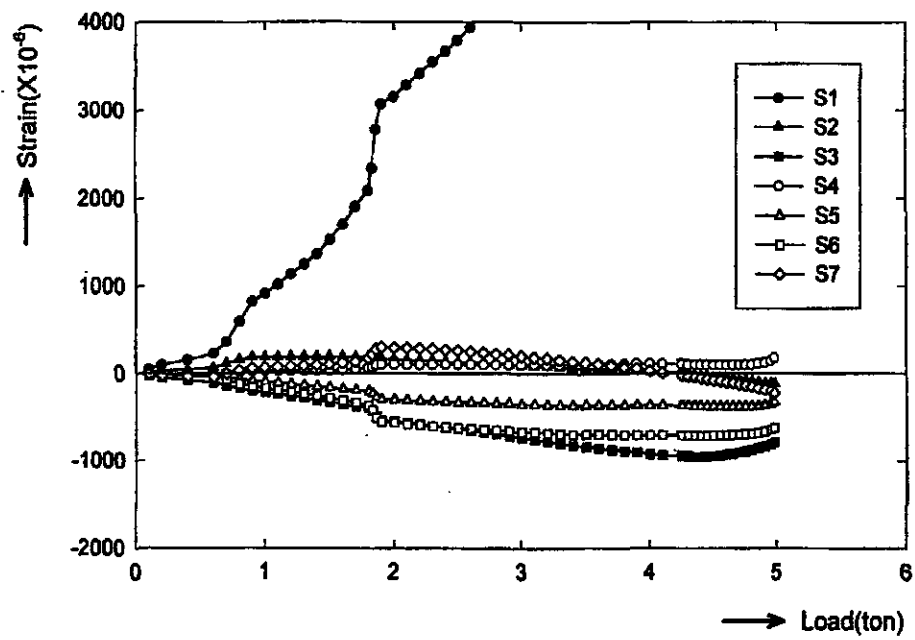
개선 브라켓 시험체의 하중 - 처짐곡선은 그림 - 57부터 58까지이며, 최대하중에서의 처짐량은 표 10과 같으며, 수평재 단면형상이 단관파이프(DB ϕ)단면이 각형강관(DB $\square$)단면과 비교하여 1.18배의 평균최대하중을 보였으며, 기존 브라켓에 비해서도 평균최대하중이 다소 우세하였다. 각형강관 단면의 경우 처짐량은 기존 브라켓에 비해 양호하였으나 최대하중에서는 오히려 취약한 결과를 보였다. 이는 수평재 단면을 25%를 줄인 결과로 판단된다.

〈표 12〉 최대하중 및 최대 처짐량

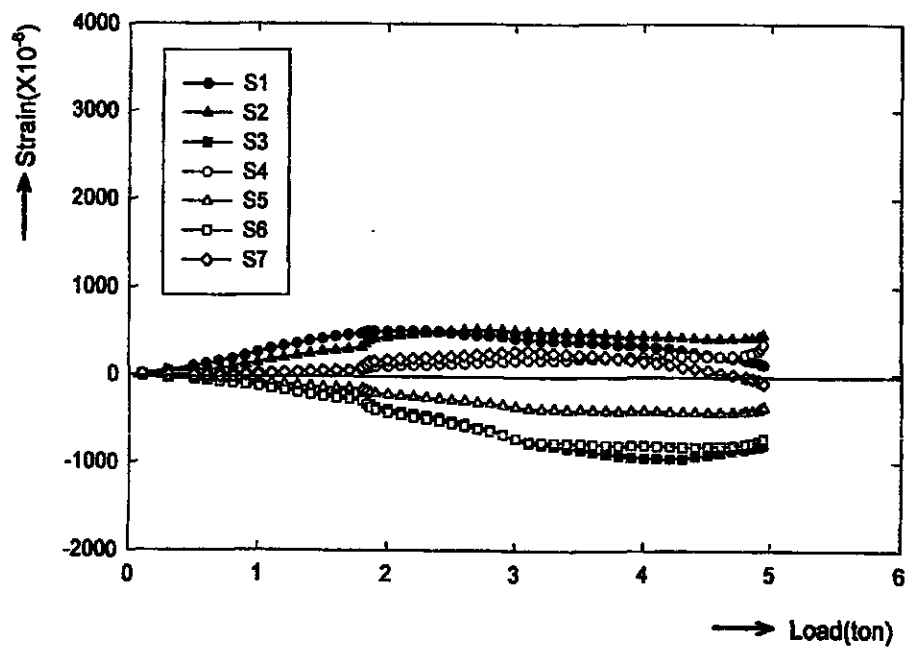
시험체명	최대하중(TON)	최대처짐(mm)
①	4.98	30.69
DB□-②	4.98	31.5
③	4.94	31.69
평 균	4.97	31.3
1	6.16	44.39
DB ϕ -2	6	48
3	5.55	39.31
평 균	5.9	43.9



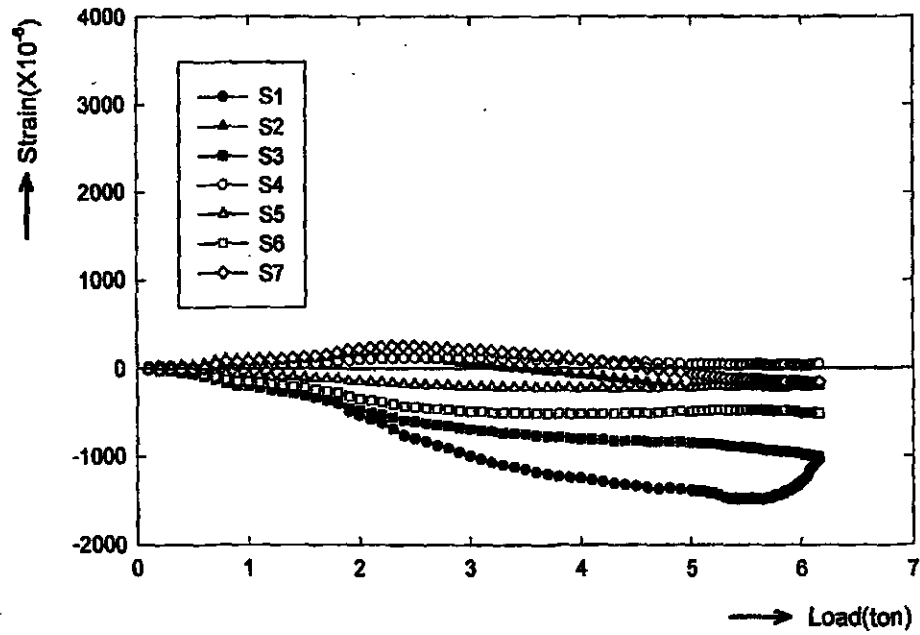
[그림 50] DB□ - 1시험체 하중 - 변형도 곡선



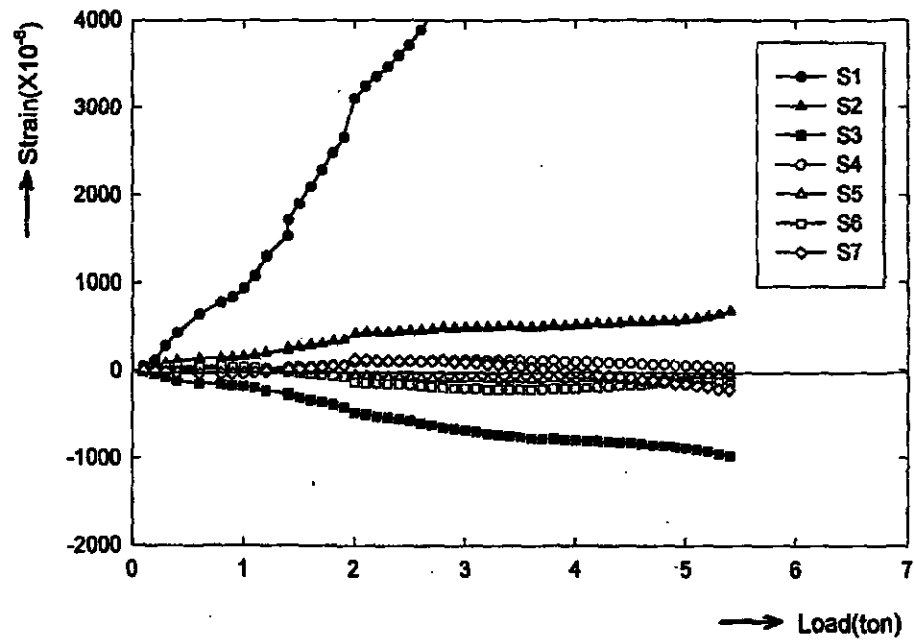
[그림 51] DB□ - 2시험체 하중 - 변형도 곡선



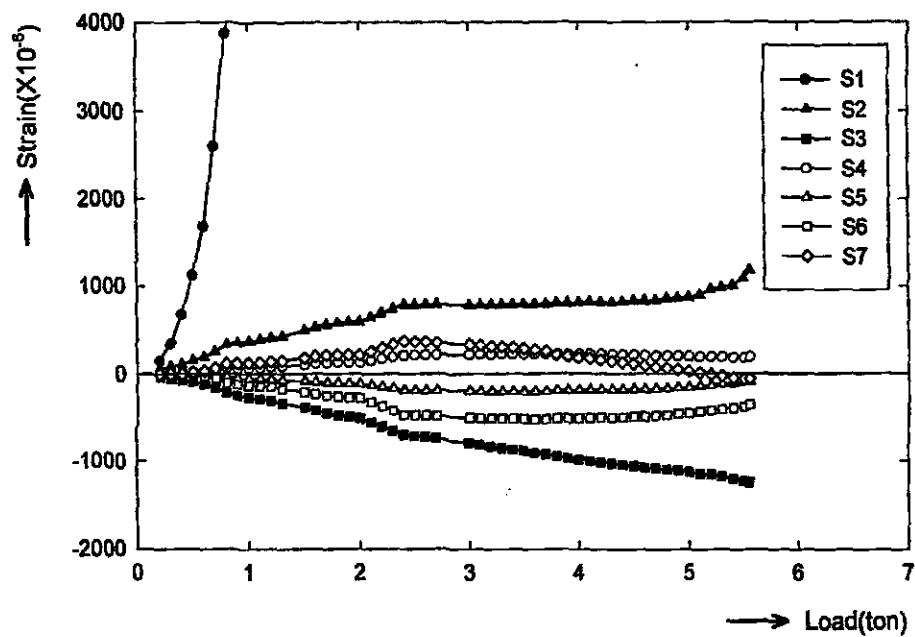
[그림 52] DB□ - 3시험체 하중 - 변형도 곡선



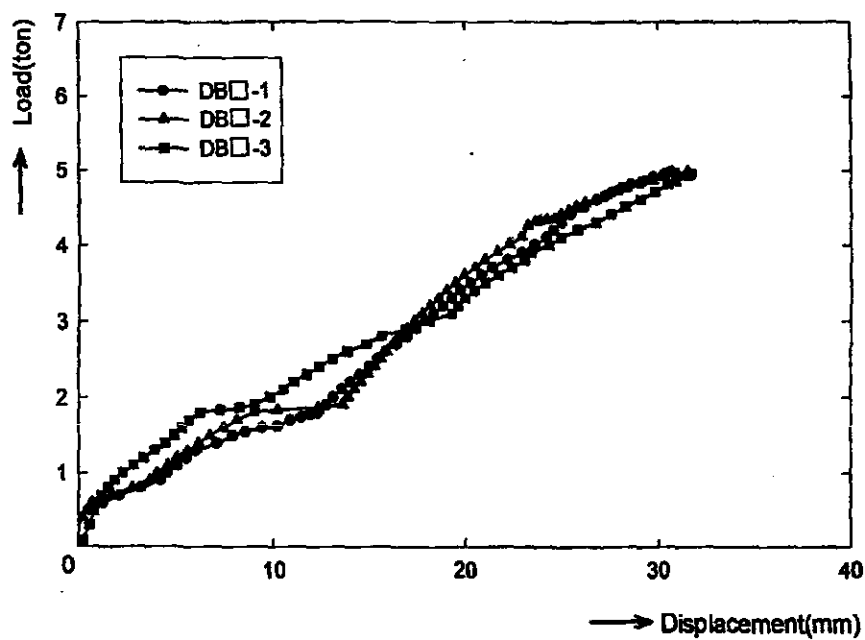
[그림 53] DBφ - 1시험체 하중 - 변형도 곡선



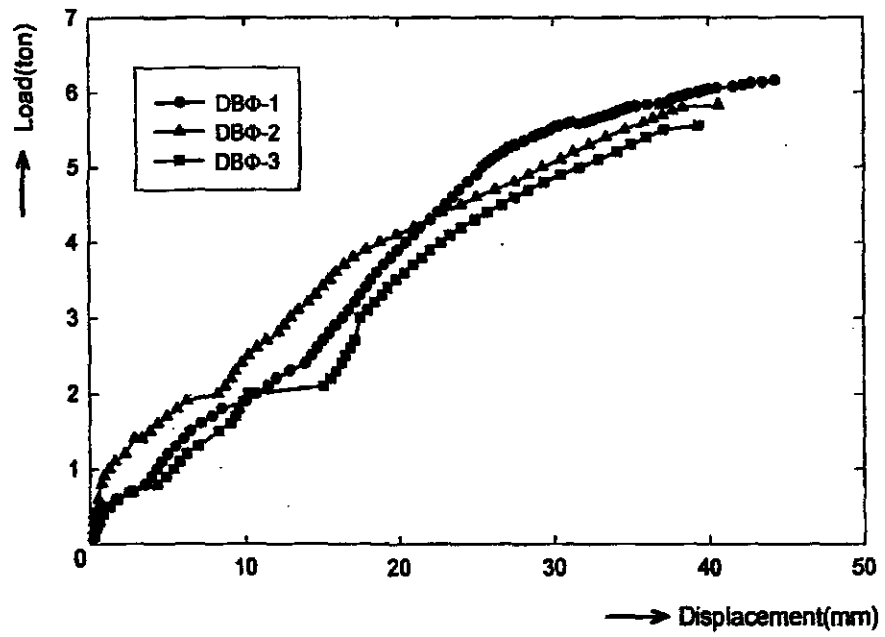
[그림 54] DBφ - 2시험체 하중 - 변형도 곡선



[그림 55] DB ϕ -3시험체 하중-변형도 곡선



[그림 56] DB□ 시험체 처짐



[그림 57] DBφ 시험체 처짐

제 5 장 비교분석 및 설치기준개발

1. 부재의 변형

하중에 따른 브라켓 부재의 변형 관계를 실험한 결과로서 외줄비계 설치용 브라켓 부재의 변형관계를 plot한 결과(그림 16~24), 모든 시험체에서 ①번 게이지가 부착된 상부 plate의 부재 변형이 매우 크게 측정되었다. 또한 SBB, SBC 시험체의 경우 ①번 및 ⑤번 게이지가 부착된 상부plate와 하부 plate에 근접한 사재에서 크기가 비슷하고 방향이 반대인 변형을 보이고 있다. 이는 SBA 시험체와 비교해 SBB, SBC 시험체의 사재에서 부재 변형이 매우 크다는 것은 SBA 시험체가 상대적으로 우수하다고 할 수 있다.

쌍줄브라켓 부재의 변형관계를 plot한 결과(그림 25~36) 4종 12개 시험체 중 DBA1-3 및 DBB-3 시험체를 제외하면 ①번 게이지가 부착된 상부 plate의 변형량이 매우 크고 유사한 형태를 보이고 있다. 개선브라켓 부재의 변형관계를 plot한 결과(그림 50~55) 2종 6개 시험체 중 DB□-1, 3 및 DBφ-1 3개 시험체에서 기존 브라켓과 비교해 변형량이 매우 적어 개선 브라켓이 우수한 것으로 판단되나, 나머지 3개의 시험체는 차이가 없었다.

전술한 바와 같이 모든 plot의 상부 지지판 부재의 변형이 하중재하 초기부터 크게 발생하는 것은 하중의 재하되면 브라켓의 상부 체결 지점으로 하중이 전달되 인장변형이 발생되 상부지점에서 내력을 상실하면 결국 브라켓의 지지력이 상실되는 것으로 판단된다. 그러나 개선 브라켓의 3개 부재의 상부 plate의 변형량이 상대적으로 적은 것은 체결볼트 홈길이 축소(볼트직경의 3배에서 2배이내로)에 따른 결과로 판단되며 기존 브라켓(DBA1-3, DBB-3)에서의 변형량이 적은 이유는 시험체 체결시 체결볼트와 지지판 볼트 홈 상부에 밀착 설치한 결과로 보인다. 결국 상부 지지판의 변형량을 감소시켜 브라

켓의 내력을 상승시키기 위해서는 체결볼트 홈의 크기를 축소하여 볼트가 홈의 상부에 밀착 설치되도록 하는 것이 요구되나, 건설현장에서의 시공오차에 대응하기 위해 여유 홈 길이의 축소에는 한계가 있다. 따라서 상기의 실험결과를 분석하여 볼 때 상부 지지점의 볼트위치를 plate 홈의 상단에 밀착 설치하는 방법이 plate의 슬립에 의한 부재 변형을 최소화 할 수 있으며, 결국 이러한 설치방법이 처짐의 감소에도 효과가 있다고 판단된다.

2. 브라켓의 처짐

하중재하에 따른 브라켓 끝단의 처짐크기를 측정한 결과로서 외줄브라켓을 500kg 단위증분시점에서의 시험체별 평균 처짐크기는 표 11과 같으며, 이를 plot하면 그림 48부터58과 같다. 또한 하중별 통과 시험체수 및 3개 시험체중 최대하중과 최대처짐은 표 12와 같다.

3개사 시험체 모두 1.5TON의 상부하중 재하시에 1cm 미만의 처짐량을 보이고 있으며 3TON 미만의 하중에서 모두 파괴되었으나 SBA 시험체는 모두 3TON 이상의 하중을 지지하였으며, SBA-1 및 3 시험체의 경우 3.5TON 이상의 최대 하중을 보였다.

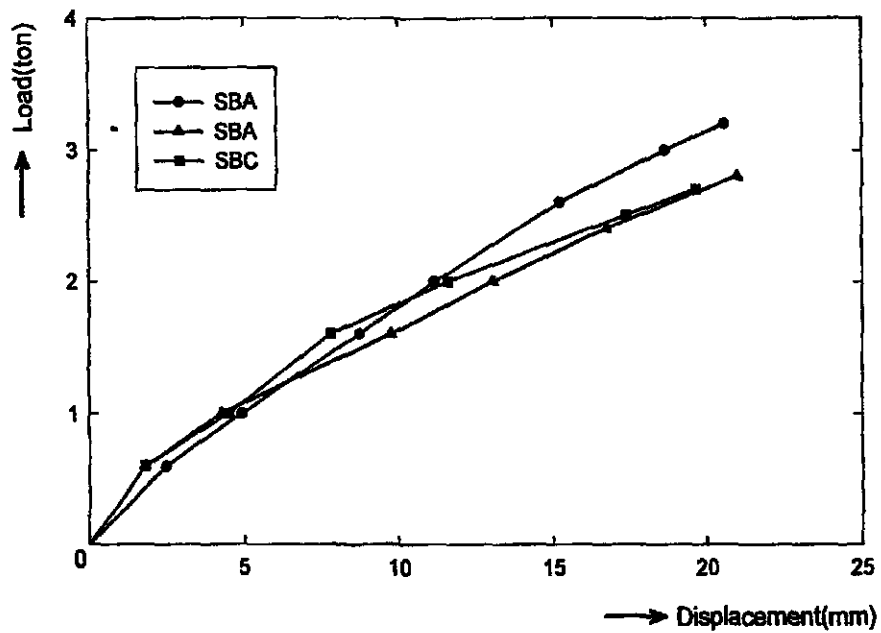
〈표 13〉 하중에 따른 시험체별 평균 처짐량

처짐량 단위 : mm

시험체명	하 중 (TON)					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
SBA	1.76	4.9	8	11.2	14.52	18.66
SBB	1.47	4.25	8.84	13.07	17.99	-
SBC	1.15	4.49	6.99	11.61	17.4	-

〈표 14〉 하중별 통과시험체수 및 최대하중과 최대처짐량

시험체명	하 중 (TON)			최대하중 (TON)	최대처짐 (mm)
	2.5	3	3.5		
SBA	3	3	2	3.8	31.42
SBB	3	2	-	3.44	39.55
SBC	3	1	-	3.4	25.08



[그림 58] 외줄 브라켓 평균 처짐

쌍줄브라켓 끝단에서의 하중 500kg 단위증분시점에서의 시험체별 평균처짐량을 산정한 결과는 표 13과 같고, 이를 plot한 결과는 그림 59와 같다. 또한 하중별 통과 시험체수 및 시험체별 3개의 시험체중 최대하중과 최대처짐량은

표 14와 같다. 4종의 시험체 모두 1.5TON의 하중에서 1cm 미만의 처짐량을 보였으나 2TON 에서는 2종만이 1cm 미만의 처짐량을 유지하였으며 모든 시험체가 4.5TON 재하시까지 지지력을 상실하지 않았으나 5TON 이상 5.5TON까지 2종의 시험체만이 지지력을 유지하였다. 또한 DBA1-1 시험체의 최대하중은 6.14TON이었다.

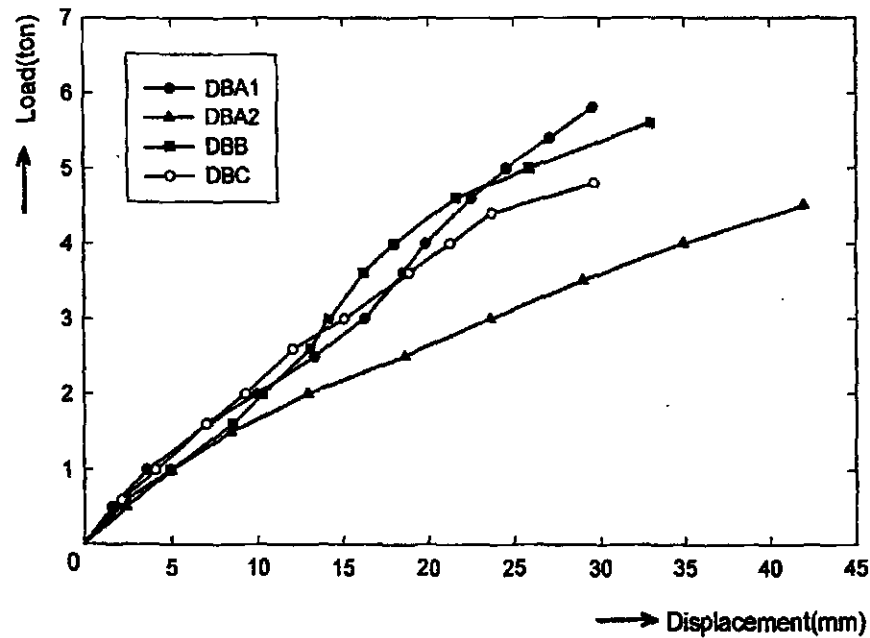
〈표 15〉 하중에 따른 평균 처짐량

처짐량 단위 : mm

시험체명	하 중 (TON)										
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
DBA1	1.58	3.59	6.42	9.93	14.34	16.25	18.22	19.98	21.96	24.56	27.78
DBA2	1.85	4.95	8.48	12.93	18.61	23.39	28.99	34.93	39.99		
DBB	1.92	4.91	7.93	10.3	12.79	14.16	15.85	17.97	20.89	25.89	31.93
DBC	1.75	4.09	6.44	9.28	10.85	15.07	18.11	21.3	26.36		

〈표 16〉 하중별 통과 시험체수 및 최대하중과 최대처짐량

시험체명	하 중 (TON)					최대하중 (TON)	최대처짐량 (mm)
	4.5	5	5.5	6	6초과		
DBA1	3	3	3	1	1	6.14	33.74
DBA2	3	-	-	-	-	4.68	49.49
DBB	3	3	3	-	-	5.7	34.74
DBC	3	2	1	1		6	37.95



[그림 59] 기존 브라켓 평균처짐량 비교(쌍줄)

개선브라켓 역시 기존의 쌍줄브라켓에서와 동일한 실험을 수행하며 수평부재의 끝단에서 하중 500kg 단위증분시점에서 평균처짐량을 산정한 결과는 표 15과 같고, 이를 plot한 결과는 그림 60과 같다. 또한 하중별 통과 시험체수 및 3개의 시험체중의 최대하중과 최대처짐량은 표 16과 같다. 개선브라켓 2종 모두 1.5TON 하중에서의 처짐량은 1cm 미만의 처짐량을 보였으나 2TON의 하중에서는 수평재를 비계용 단관파이프로 제작한 시험체의 평균 처짐량은 0.971cm이었다. 또한 4.5TON에는 모든 시험체가 지지력을 상실하지 않았지만 5.5TON에서는 DB ϕ 시험체 3개 모두 지지력을 유지하였으며, DB ϕ -1 및 2 시험체의 최대하중은 6.16TON 및 6TON을 나타내었다.

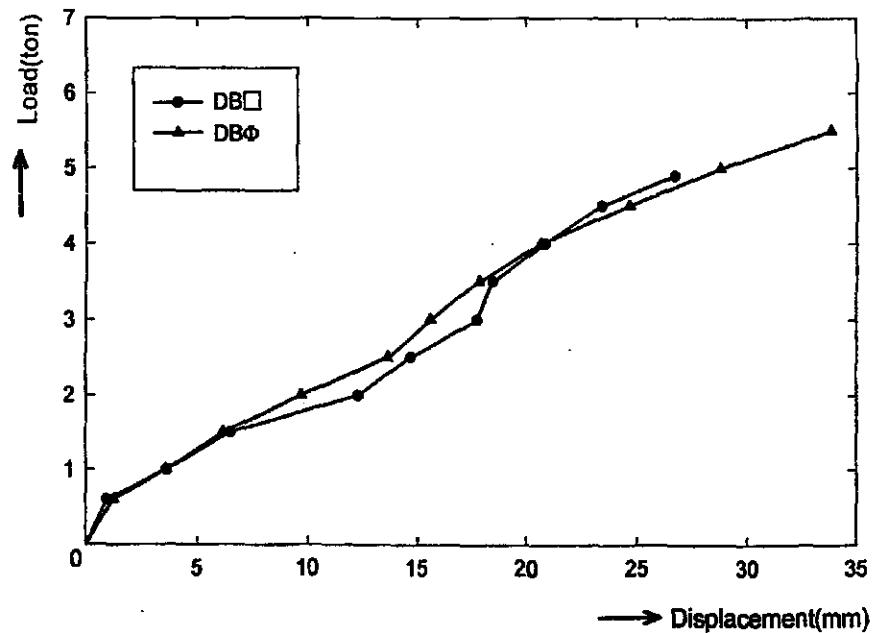
〈표 17〉 하중에 따른 평균 처짐량

처짐량 단위 : mm

시험체명	하 중 (TON)									
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5.5
DB□	0.56	3.62	6.53	12.26	14.94	17.76	20.24	23.38	26.71	
DBφ	0.84	3.61	6.19	9.71	13.64	16	17.83	20.66	26.64	28.77

〈표 18〉 하중별 통과시험체수 및 최대하중과 최대처짐량

시험체명	하중(TON)					최대하중 (TON)	최대처짐 (mm)
	4.5	5	5.5	6	6초과		
DB□	3	-	-	-	-	4.98	31.69
DBφ	3	3	3	2	2	6.16	48



〔그림 60〕 개선 브라켓 처짐량

상기의 실험결과 극한하중의 단순 비교를 하면 DB ϕ →DBA1→DBC순을 보이고 있으며, 처짐량에서는 DBA1, DBC, DB ϕ 가 타시험체에 비해 우수한 것으로 분석되었다.

3. 비교 평가

산업안전보건법에 근거하면 단관비계 기둥 1본의 지지하중은 400kg을 지지하도록 되어 있다. 단관비계와 브라켓 비계의 현장조립 실태를 보면 지지대 상에 차이가 있을뿐이다.

따라서 외줄브라켓의 경우 단관파이프 1본을 조립하기 때문에 브라켓이 400kg 이상의 하중을 지지하여야 하며 쌍줄브라켓의 경우 비계기둥 2본을 지지하여야 하므로 800kg 이상의 하중을 지지할 수 있으면 상부하중에 대해 안전한 브라켓이라 단정 할 수 있다.

기존 및 개선 브라켓 모두 상부하중에 대해 안전하다고 할 수 있다. 그러나 2m 이상의 고소작업시 작업발판의 설치 규정에 의해 외줄 브라켓의 설치 및 사용은 금지되어야 하는 이유로 본 연구의 최종목적인 설치기준의 제시는 부적절 하다고 판단된다.

쌍줄브라켓 경우 개선브라켓(DB ϕ)이 극한 하중에서의 안전성이 가장 우수할 뿐만 아니라, 타시험체의 수평재가 각형강관으로 제작되어 작업발판 설치하려면 브라켓의 수평재에 발판을 철선등으로 체결하여야 하는 작업의 어려움이 있으나, 개선브라켓(DB ϕ)는 수평재가 단관비계용 파이프를 절단하여 제작하였기 때문에 제조회사에서 제작한 작업발판의 길이 조정 생산하면 설치 및 해체가 매우 용이하다.

2장에서 전술한 바와 같이 개선브라켓은 단관비계 설치용 철물은 브라켓의 수평재 상부에 작업발판의 폭(40cm)에 맞추어 비계의 설치 및 해체가 용이하고, 브라켓 자체로서 중심축 하중을 받을수 있어 유리하며 기존 브라켓 비계

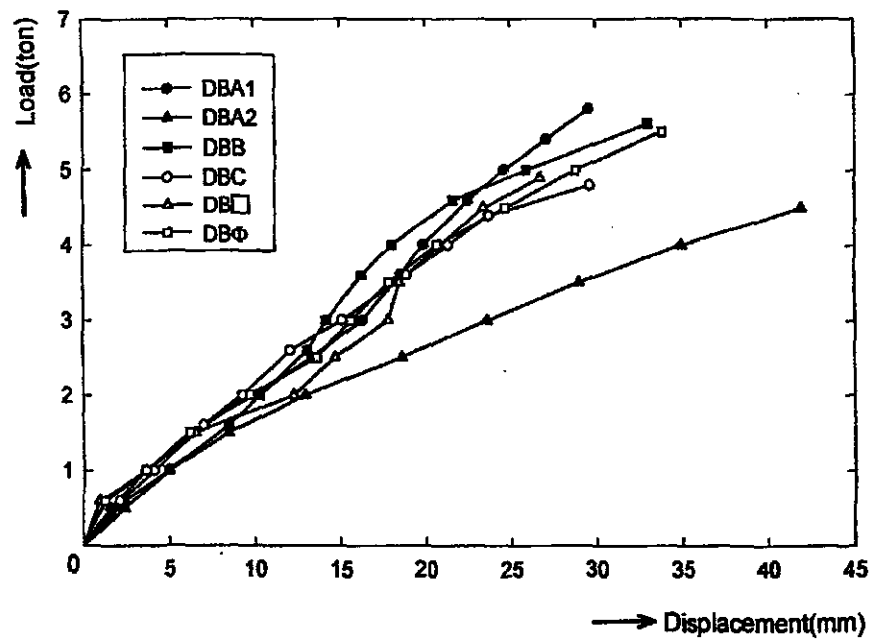
설치시 브라켓 상부에 설치하는 수평재 2개의 부재설치를 하지 않으므로써 재료절감 및 노임 절감을 할 수 있다.

기존 브라켓은 실험실에서 이루어진 실험과 같이 중심축하중이 작용하는 것이 아니라 실제 현장에서는 편심하중을 받기 때문에 실험결과에서의 극한 하중에 도달하기 이전에 파괴되리라 사료되지만 개선 브라켓은 실험실 조건과 동일하게 하중이 재하되므로 실험결과를 신뢰할 수 있다. 수평재의 길이를 축소하였기 때문에 제작업체에서는 재료비 절감을 할 수 있으며, 시공회사에서는 구조물과 비계의 틈간격을 조정함으로써 보다 안전한 작업이 기대된다.

기존의 쌍줄브라켓과 개선브라켓중 수평재가 단관 파이프로 제작된 브라켓을 안전성, 작업성, 경제성 측면에서 비교 정리하면 표 17과 같고 쌍줄용 브라켓 처짐량을 비교하면 그림 61과 같다.

〈표 19〉 개선제품(DB ϕ)과 기존제품의 비교

구분	항 목	DB ϕ	기 존	비 고
안 전 성	하중방향	중심축	편심	
	지지하중	적합	적합	400kg/기둥1본
	파괴하중	5.5TON	4.5TON	모든 시험체 최저파괴하중
	틈간격	35cm	45cm이상	비계와 구조물
작 업 성	비계기둥설치	추가부재 필요없음	추가부재 필요	
	작업발판설치	적합	부적합	검정발판
	조립해체	용이	불편	상대 비교
경 제 성	수평재길이	890	950	6%절감
	프레스가공	불필요	필요	
	파이프설치철물	2개	1개	
	수평재(띠장)	-	2개	브라켓 1개당
	클래프	-	1개	
	노임 및 공기	절감, 단축	-	상대 비교



[그림 61] 쌍줄용 브라켓 처짐 비교

4. 설치기준 개발

브라켓 평가에서 전술한 바와같이 개선브라켓이 작업성과 경제성이 우수하며, 안전성 측면에서도 개선 브라켓(DBφ)이 기존 브라켓 및 개선 브라켓(DB□)에 비해 보다 우수한 DBφ를 기준으로 설치기준을 개발하고자 한다.

그러나 브라켓은 단관비계를 지지하기 위한 지지구조 이므로 브라켓 상부에 조립되는 단관비계의 설치기준은 이미 산업안전보건법령에서 규정하고 있으므로 본 연구에서는 개선 브라켓의 하중재하 실험을 근거하여 브라켓의 설치 간격과 높이의 기준을 제시하고자 한다.

건설현장에서 브라켓 상부에 설치하는 단관비계는 기둥, 띠장, 장선, 낙하물 방지망 등을 조립하고 있으나, 설치기준은 산업안전보건법에서 규정하고 있는 조립기준의 충족 및 안전시설이 조립된 것으로 가정한다.

브라켓 작용하는 하중은 브라켓 상부에 조립되는 단관비계의 중량인 고정 하중과 비계기둥과 기둥사이의 스펠에 작용하는 적재하중 그리고 작업하중이 있다.

브라켓 1개가 부담하는 비계 1층분의 중량, 즉 비계 1층분의 고정하중(N_1)으로 작용하는 단관비계의 부재는 기둥, 띠장, 장선, 난간, 낙하물 방지망 설치 재료인 단관파이프와 작업발판 그리고 부재와 부재를 체결하는 클램프, 비계의 전도와 수평하중에대한 저항부재인 벽연결 등이 있다. 이들 부재의 중량인 고정하중(N_1)을 산정하면 표 18 과 같다. 여기서 낙하물 방지망 설치를 위한 단관은 길이 6m의 단관 2개와 비계 기둥과 기둥 사이에 길이 1.5m 단관 4개를 설치하는 것을 가정하여, 길이 6m의 단관 3개가 비계 6층(9m)마다 설치하는 현장 여건을 고려하여 산정하였으며 낙하물방지망의 중량은 무시하였다.

〈표 20〉 브라켓 1본에 작용하는 단관비계 1층분의 고정하중

부재명	부재수	단위중량 (kg/m)	설치간격별 중량(kg)			비고
			1.2m	1.5m	1.8m	
기둥	2	2.67	8.01	8.01	8.01	띠장높이:1.5m
띠장	2	2.67	6.408	8.01	9.612	기둥간격
난간	4	2.67	12.816	16.02	19.224	기둥간격
가새	2	2.67	7.6896	11.3208	12.4956	45° 방향
장선	2	2.67	1.869	1.869	1.869	70cm
단관	3	2.67	5.34	5.34	5.34	낙하물방지망 설치를 위한
작업발판	1	-	10.4	13	15	검정규격
기타	-	-	2	2	2	클램프, 벽연결
합계	-	-	54.529	64.869	73.549	

적재하중(N_2)은 비계 기둥 1본에 작용하중을 산업안전보건법령에서 한계하중을 400kg로 규정되어 있으므로 브라켓 1본에 걸리는 적재하중은 800kg이다.

따라서 브라켓 1개에 걸리는 수직하중(N)은

$$N = N_1 \times \text{비계층수} + N_2(\text{kg}) \text{ 이 된다.}$$

브라켓 설치 수평간격은 산업안전보건법령에서 단관비계의 기둥간격의 한계를 1.8m로 규정하고 있으므로, 최대 1.8m를 넘지않는 간격에서 유러폼 폼 타이 볼트의 일반적 배치간격인 30cm씩 감소된 간격으로 조정하여 설치할 수 있다.

브라켓이 수직하중에 대한 내력은 하중재하시 2.2TON에서 수평재 변형이 육안 관찰 되었으며, 개선 브라켓(DB ϕ)시험체의 실험결과 2TON까지 탄성범위에 있으며, 수평재 끝단에서의 처짐량이 9.71mm로서 수직하중에 대한 브라켓의 내력을 2TON으로 하면 약 3배의 안전율이 있다. 따라서 브라켓 설치간격 설계시 수직하중에 대한 브라켓의 내력은 2TON을 제안한다.

상기의 내용을 근거하여 다음의 설계조건에 의해 브라켓 설치간격을 산정하면

설 계 조 건
브라켓 수평 설치간격 ; 1.8m
1층분의 고정하중 ; 73.549 $\Rightarrow$ 74kg
브라켓 1본의 적재하중 ; 800kg
비계 1층 높이 ; 1.5m
건축물층고 ; 2.7m

$N = N_1 \times S + N_2(\text{kg})$ 여기서, S : 비계 층수이다.

$$2000 = 74 \times S + 800$$

$$S = 16.216\text{층} \Rightarrow 16\text{층}$$

따라서 비계 1층의 높이를 1.5m, 건축물 층고를 2.7m의 설계조건에 따라 비계높이 22m 이하, 건축물 8층 이하에 브라켓 1본을 설치 하여야 한다.

제 6 장 결 론

최근 건설현장에서 작업의 효율성 제고 및 공사기간의 단축 실현을 목적으로 설치사용중에 있는 브라켓지지 단관비계에 대한 수직하중 재하실험을 통한 안전성 평가 결과 측벽설치용 쌍줄 브라켓의 수직 지지력은 산업안전보건 법령 기준에 단관비계 지지재로 활용할 수 있다.

그러나 설치 및 사용 실태를 통하여 여러 가지 문제점이 도출되어 이를 해결하기 위해 기존 브라켓을 개선한 내용은 다음과 같다.

- 1) 단관비계 조립 철물을 브라켓 수평재 상부로 이동 설치 및 수직재 상부에 추가 설치하여 수직하중이 작용하도록 개선하여 편심하중의 작용이 발생하지 않도록 하였다.
- 2) 브라켓의 수평재 길이를 조정하여 벽면과 비계기둥사이 틈간격(45cm→35cm)은 감소 시켰다.
- 3) 벽면에 부착하기 위한 브라켓 plate의 홈 길이 33%를 축소 조절하여 하중 재하시 슬립의 발생이 축소되도록 하였다.
- 4) 수평재의 부재 단면을 비계용 단관 파이프를 사용케하여 기존 작업발판을 설치 사용이 가능 하도록 하였다.

상기의 개선내용을 적용시켜 브라켓을 개선하여 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 6TON의 하중에서 기존 브라켓은 12개 시험체중 2개 시험체(17%) 만이 파괴되지 않았으나 개선브라켓 DB ϕ 3개 시험체 중 2개 시험체(67%)가 파괴되지 않았다.
2. 개선브라켓(DB ϕ)의 수직지지력은 수평재 끝단의 처짐 크기가 1cm이내

인 2TON으로 제안한다.

3. 개선브라켓(DB ϕ)지지 단관비계 조립시 브라켓의 수평간격은 1.8m 이하로 설치 하여야 하며, 수직간격은 22m 이하 간격으로 설치 하여야 한다.

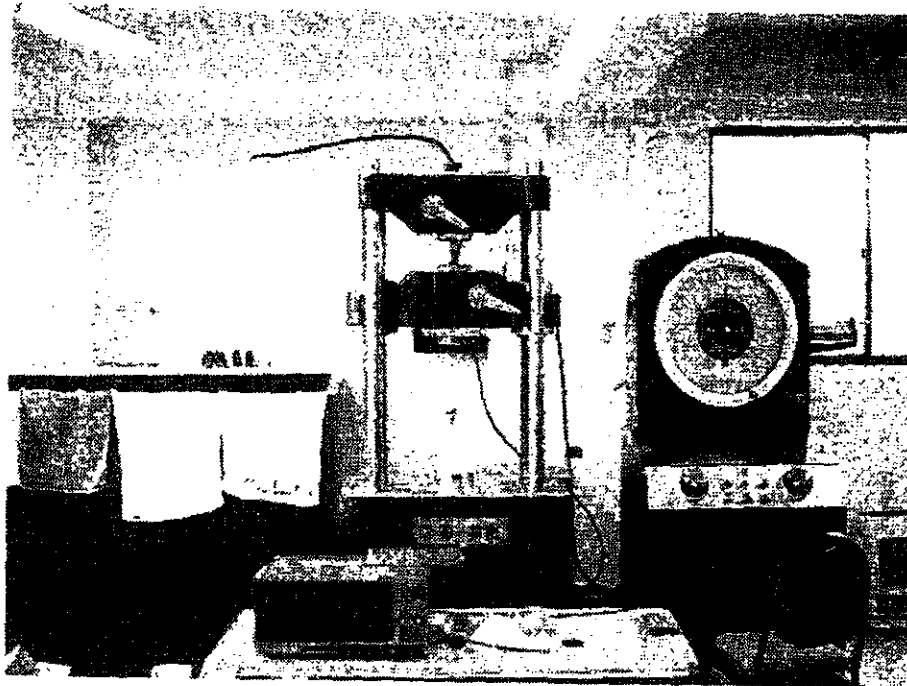
참 고 문헌

1. 노동부 산업안전국, '94 산업재해분석, 노동부 95. 7
2. 한국산업안전공단, "업무편람 상·하", 1991
3. 최재진, "건설용 가설기자재의 성능검정기준 개발에 관한 연구", 1991
4. 최순주, "비계작업대 설치 표준도 개발에 관한 연구", 1991
5. 유제상, "T-BRACKET 공법" (주) 대종건설, 1991
6. 장동일, "BRACKET 사용성 및 안전성 검토" 한양대학교, 1995
7. 김상열, "표준안전시설재의 구조해석 및 안전성 평가" 생산기술 연구원, 1995
8. 손기상, "비계지지 브라켓 유형별 구조기준 설정에 관한 실험적 연구" 한국산업안전학회지 제10권 제4호 1995. 12
9. 건설기술연구원, "건설공사 가시설물 안전점검 편람" 1995

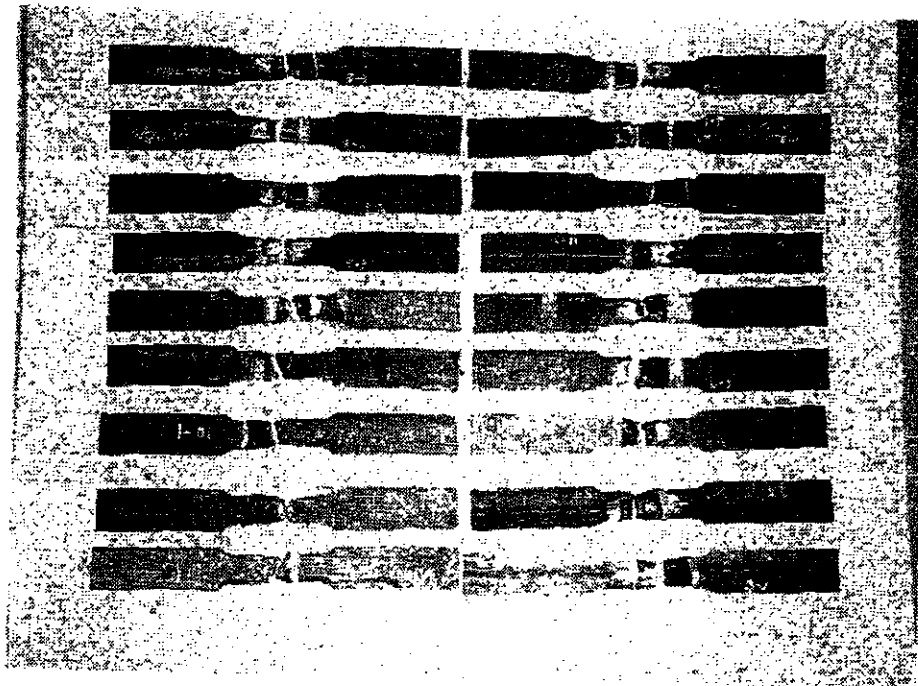
여 백

부 록 : 수직하중 재하 실험

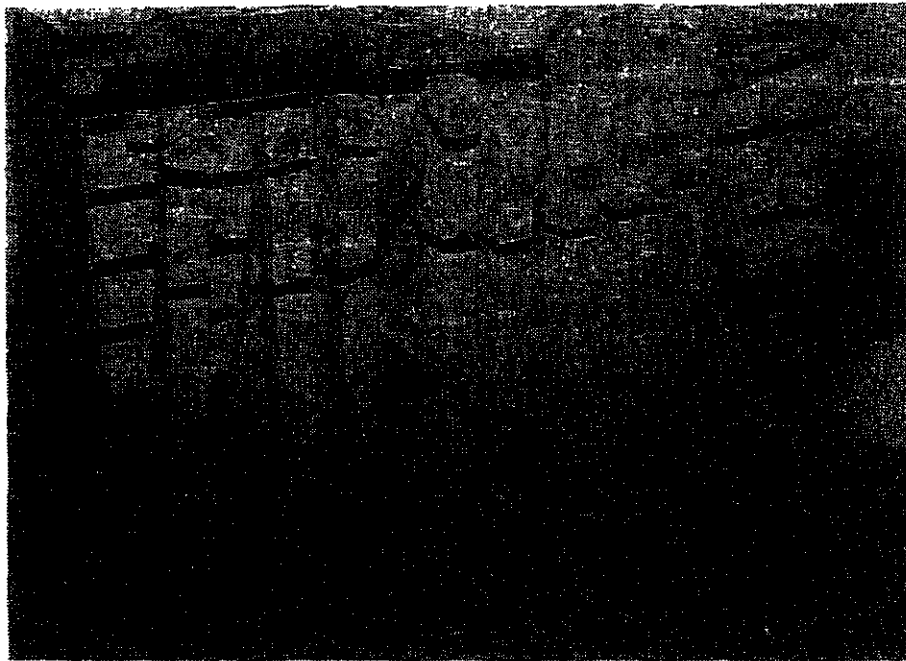
여 백



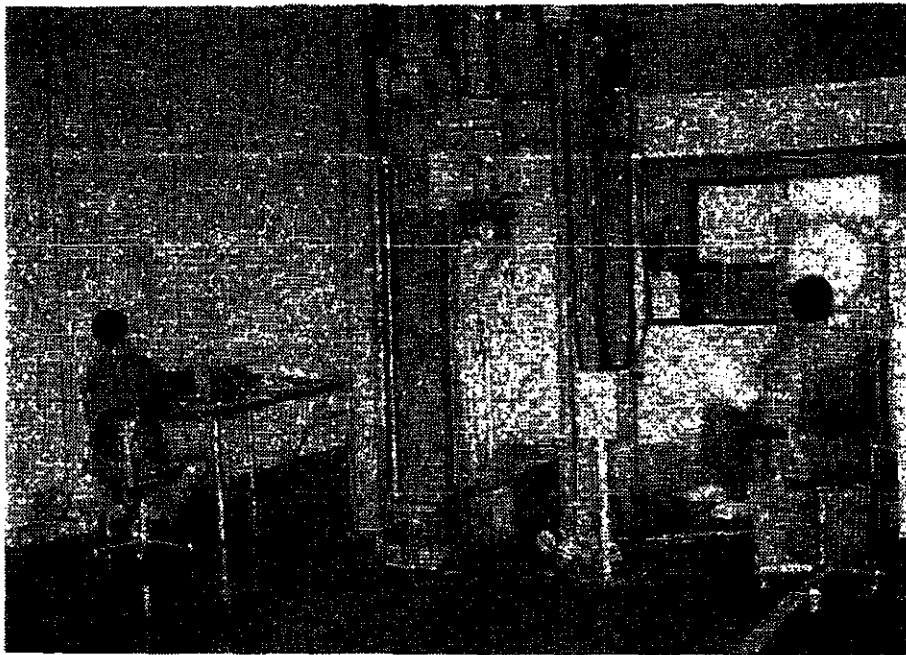
재료 실험 장면



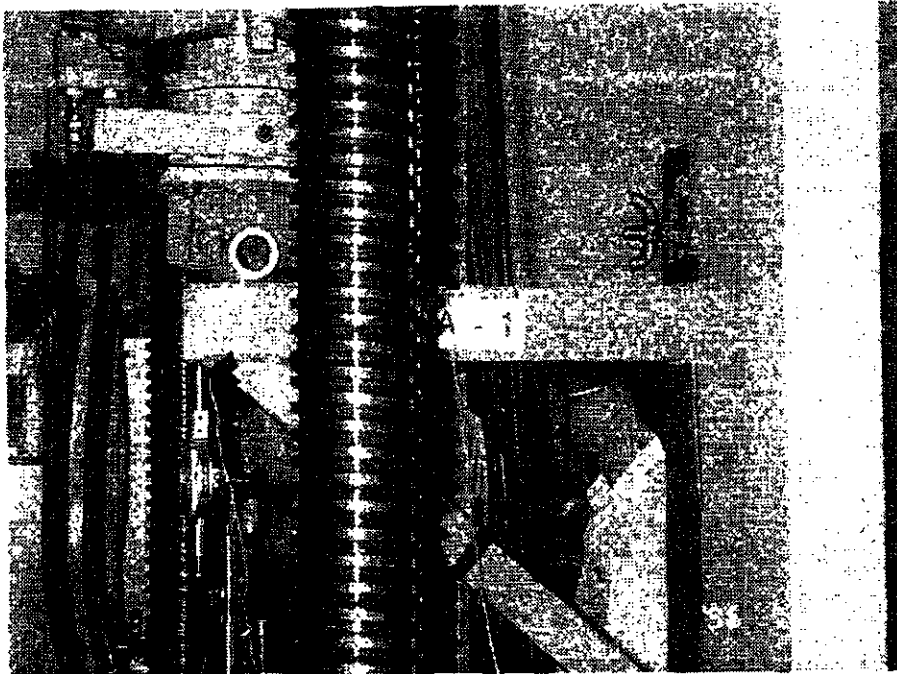
재료 실험편 파괴형상



기존 브라켓 실험체



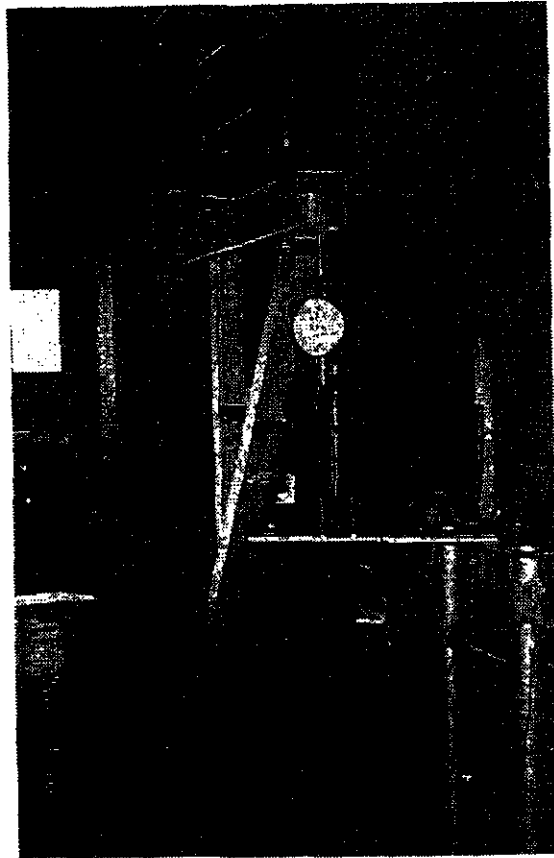
실험실 전경 및 실험 장면



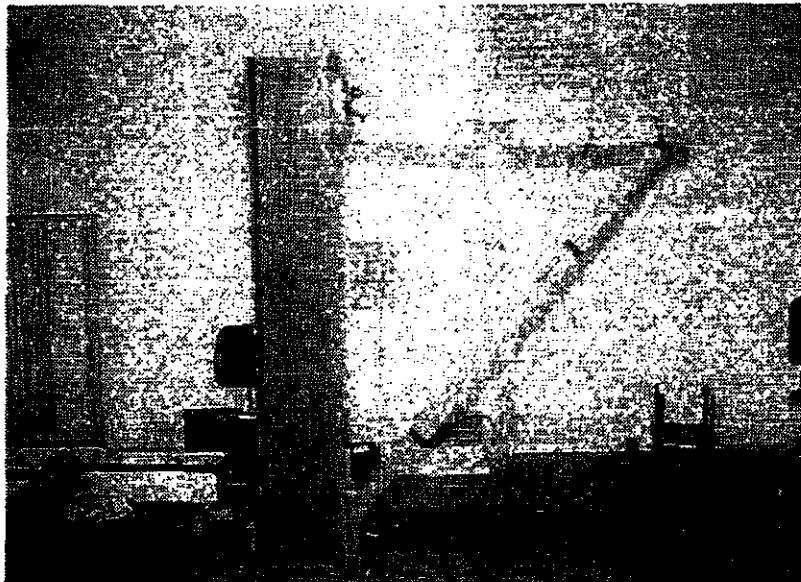
외줄 브라켓 가력장면



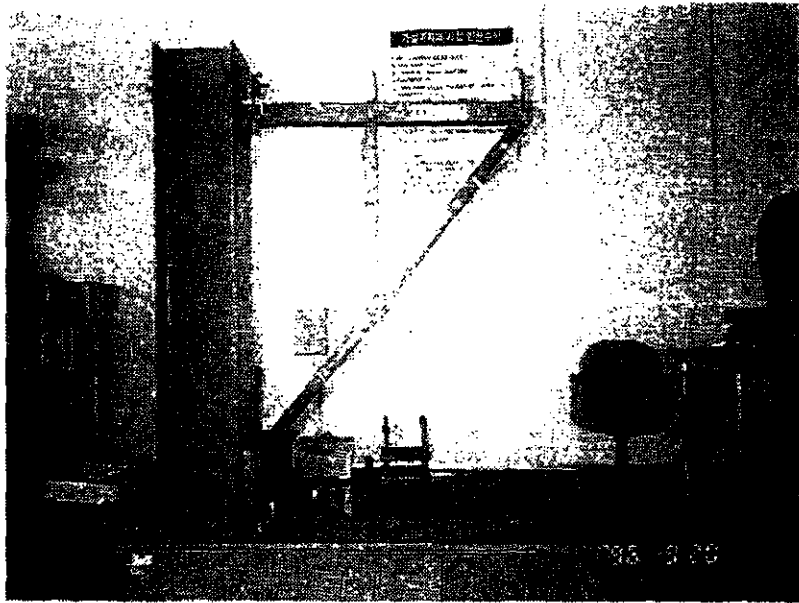
외줄 브라켓 파괴형상



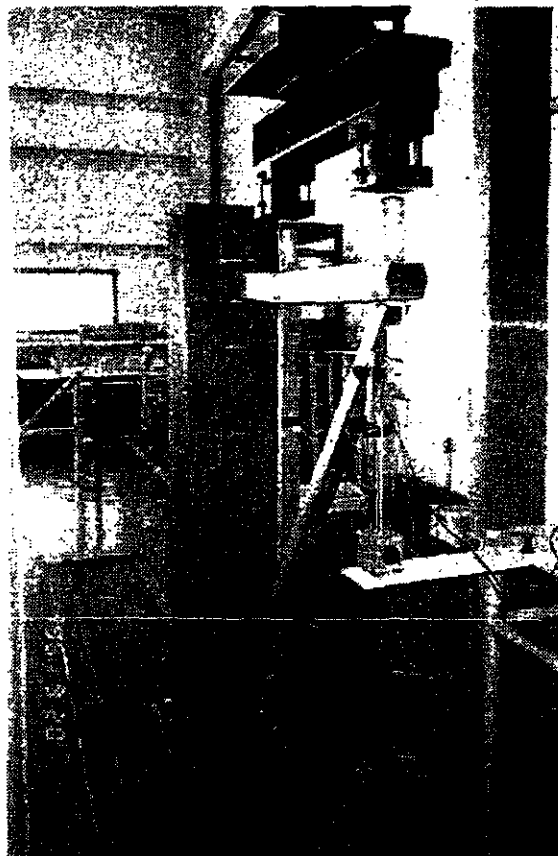
쌍줄 브라켓 가력장면



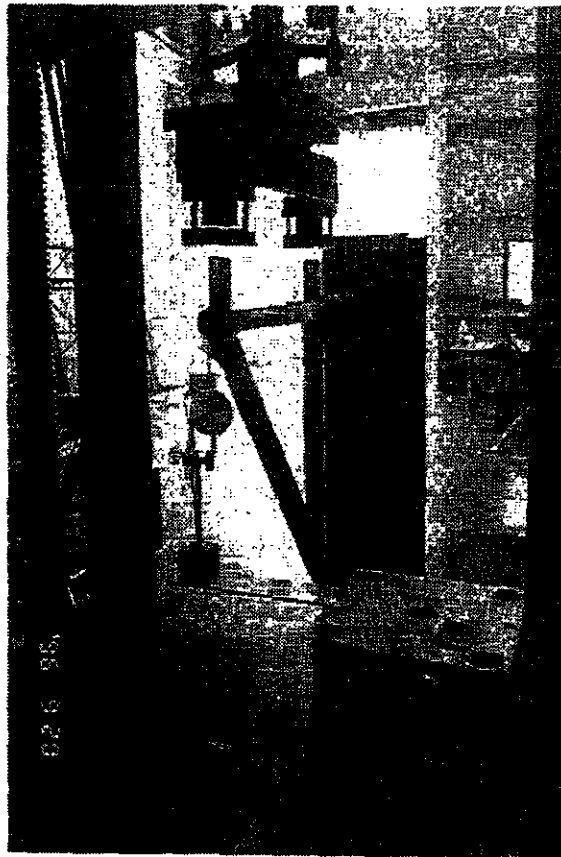
쌍줄 브라켓 파괴형상



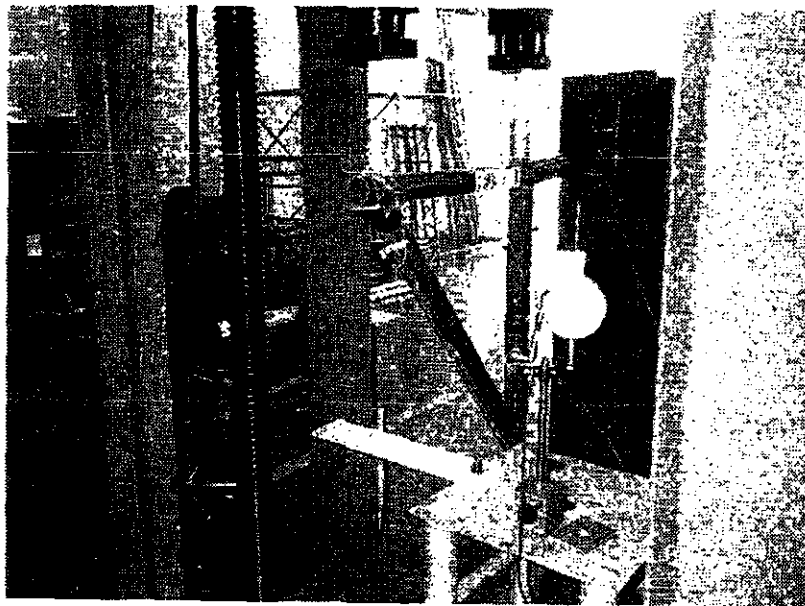
DB□ 실험체 설치



DB□ 실험체 파괴형상



DB ϕ 실험체 가력장면



DB ϕ 실험체 파괴형상

BRACKET 비계의 설치 기준 개발에 관한 연구

연구보고서 (건안연 96-3-15)

발 행 일 : 1996. 12. 31

발 행 인 : 원 장 이 한 훈

연구수행자 : 책임연구원 최 순 주

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업 안전 연구원

건설 안전 연구실

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : 032) 5100-848~852
