

# 인장타이를 이용한 광폭형 비닐하우스의 보강법

## Reinforcement Method of a Long Span Plastic Greenhouse using Tension-tie

신 경 재<sup>1)</sup> · 신 동 휘<sup>2)†</sup> · 이 수 현<sup>3)</sup> · 채 승 훈<sup>4)</sup>  
*Shin, Kyung Jae · Shin, Dong Hui · Lee, Swoo Heon · Chae, Seoung Hun*

요 약 : 폭이 8m이상인 광폭형 비닐하우스는 농기구 사용의 편리성과 토지 활용성 등의 장점이 부각되면서 농가에 점차 보급되고 있는 실정이다. 이 논문은 광폭형 비닐하우스의 인장타이보강에 따른 효과에 관한 실험결과를 제공한다. 이미 앞선 연구에서는 농촌진흥청에서 고 시된 폭이 6.5m인 단동형 비닐하우스 모델을 선정하여 인장타이보강효과에 대한 실험을 수행한바 있다. 본 연구에서는  $\phi 48.1 \times 2.1$  단면, 폭이 10.2m인 광폭형 비닐하우스를 선정하여 대칭하중 가력실험과, 햇빛에 의한 열이나 바람에 의한 불균형 적설하중을 산정한 편심하중 가 력실험을 수행하였다. 타이를 보강하지 않은 실험체와 인장타이를 보강한 실험체의 하중-변위 관계를 비교·분석하였다. 대칭하중 가력실험에 서 인장타이로 보강되어진 모델은 내력이 68~93%정도 증가하였다. 파괴모드는 무보강시에는 sway 붕괴 메카니즘이 일어났으나 타이 보강 시에는 arch 좌굴 메카니즘이 일어났다. 편심하중 가력실험 결과 타이로 보강하였을 경우 내력이 10~20%정도 증가하였다. 파괴모드는 무보 강시에는 조합 붕괴 메카니즘이 일어났지만 타이보강시에는 arch 좌굴 메카니즘이 일어났다.

ABSTRACT : A long-span (more than 8m) plastic greenhouse is currently being used in farms due to its magnified benefits, such as the convenience of the farming equipment used, and the land usage efficiency. In this study, the reinforcing effects of the use of a pretension tie were shown. In a previous study, tests for a 6.5m single-span-type greenhouse announced by Rural Development Administration were carried out. The tests of symmetric and eccentric snow loading by the sun and wind were conducted for the 10.2m span with a  $\phi 48.1 \times 2.1$  section in this study, after which the load-deflection relationship was compared for the cases of reinforcement with a tie and without a tie. The results of the symmetric snow loading test showed that the strength increased by 68~93% in the case of the specimen with a tied arch. The failure mode of the specimen without a tie tended to be that with a sway failure mechanism, and that of the reinforcement specimens with a tie tended to be that with an arch buckling mechanism. The results of the eccentric snow loading test showed that the strength of the specimen with a tie increased by 10~20% compared to that of the specimen without a tie. For the failure mode of the latter, a combined failure mechanism was adapted, although the failure mode of the tied specimens tended to be that with an arch buckling mechanism.

핵심용어 : 비닐하우스, 폭설, 붕괴, 인장타이, 편심

KEYWORDS : plastic greenhouse, heavy snow, collapse, tension-tie, eccentric

### 1. 서론

최근 대설, 강풍 등 기상재해로 인해 원예특작시설부문에 대 규모(연간 3천억 원)의 피해가 빈발하고 있다. 2008년에 농촌 진흥청에서 발표한 자료(농림부, 2008)에 따르면 2004년부터

2008년까지 5년간의 피해복구액은 1조 5,122억원으로 시 설가운데 비닐하우스가 75%로 가장 많았고, 재해원인으로는 폭설이 78%를 차지하고 있어 이에 대한 중요성이 얼마나 큰 지 알 수 있다. 이에 따라 농림부에서는 국가 및 농가의 경제적 손실 등을 최소화하기 위해 2006년 6월에 계획한 원예특작시

1) 경북대학교 건축공학과 교수, 공학박사(shin@knu.ac.kr)  
2) 교신저자. 경북대학교 건축공학과 석사과정  
(Tel: 053-950-5591, Fax: 053-950-6590, E-mail: sdong8412@knu.ac.kr)  
3) 경북대학교 건축공학과 박사수료(finksnow@knu.ac.kr)  
4) (주)동성중공업 기술연구소 팀장(chaesh@dshi.co.kr)

본 논문에 대한 토의를 2011년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

설 재해경감대책 추진의 일환으로 2008년 10월에 내재해형 규격 설계도 및 시방서를 새로이 고시하였다. 따라서 2017년 이후로는 내재해형 규격이 아닌 비닐하우스는 재해로 인한 복구비용을 전혀 지원을 받을 수 없다고 하며, 기존 규격시설은 내구연한 범위인 2016년 내에서 재해복구비를 지원함으로써 2017년까지 전면 교체를 목표로 두고 있다고 한다. 하지만 농가의 경제 여건상의 문제로 내재해형 규격으로 교체가 늦어질 것으로 예상되며 여전히 재해의 위협에 노출되어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 이에 비닐하우스의 구조 성능 검토 및 개선을 위하여 여러 연구(김보경 등, 2008; 김보경 등, 2009; 신동휘 등, 2009; 이태훈 등, 2001)가 진행되었고, 김보경 등(2008; 2009; 2010)에 의해 제시된 인장타이 보강법을 사용하여 단면이  $\phi 25.4 \times 1.5$ ,  $\phi 31.8 \times 1.5$  이고, 스패인이 6,500mm인 두 종류의 실험체를 계획하여 인장타이의 보강효과를 증명한 실험적 연구(장유진 등, 2010) 또한 이미 진행된 바 있다.

본 연구는 앞서 진행된 실험연구에 이어서 10,200 mm의 스패인에  $\phi 48.1 \times 2.1$  단면의 파이프를 사용한 장스팬 비닐하우스를 계획하여 대칭하중을 가력하였을 경우에 인장타이의 보강효과를 알아보고, 또한 햇빛에 의한 열이나 바람에 의하여 불균형 적설하중이 작용하였을 때 발생하는 편심하중이 인장타이의 보강효과에 어떠한 영향을 미치는지 알아보하고자 한다. 인장타이재료로는 앞선 연구(장유진 등, 2010)에서 사용된 플랫폼 로프(폴리에스테르 로프, flat rope)와 직경 8 mm 형 PP로프(폴리프로필렌 로프, 본 연구에서는 단면형상에 따라 round rope라 칭함) 두 종류를 사용하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험체 개요

표 1은 본 연구에서 계획한 실험체 일람표이다. 앞선 연구(장유진 등, 2010)에서와 마찬가지로 서까래 2개를 가로대와 결속시키고, 가로대의 중앙 4점을 가력하도록 하였다. 그림 1과 그림 2는 대칭적설하중 및 불균형적설하중에 대한 실험체 형상을 각각 나타낸다. 인장타이로는 지레작용의 원리로 장력을 조절할 수 있는 그림 3의 플랫폼 로프와 매듭법을 이용하여 장력을 조절한 그림 4의 라운드형 로프를 사용하였다. 김보경 등(2010)에서 전산해석에 의한 결과에 따르면 프리텐션의 크기가 200N 이상일 경우에는 보강효과의 증가가 미미한 것으로 나타났고, 또한 사람이 인위적으로 쉽게 가할 수 있는 힘의 크기가 200N 정도라 판단하여 본 연구에서는 200N의 프리텐션을 적용하였다.

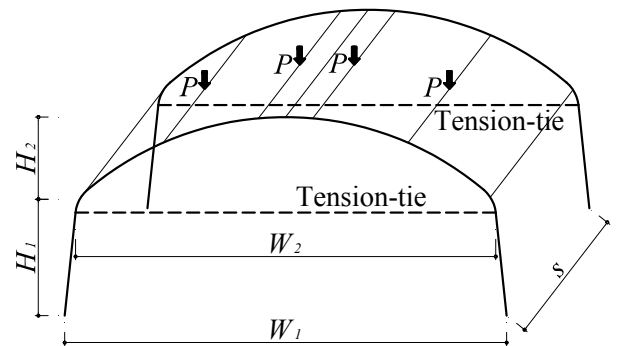
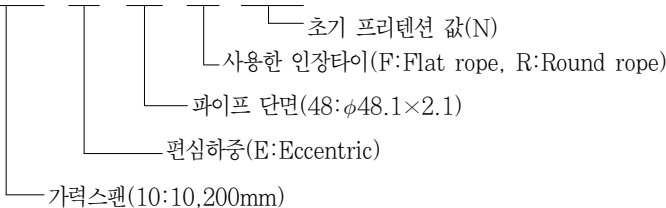


그림 1. 곡면지붕의 적설하중에 대한 단위 실험체 형상(FR10-48)

표 1. 실험체 일람표

실험체명	인장타이	프리텐션(N)	파이프단면 $\phi 48.1 \times 2.1$ (mm)				$W_1$ (mm)	$W_2$ (mm)	$H_1$ (mm)	$H_2$ (mm)	$s$ (mm)
			$A$ (mm <sup>2</sup> )	$I$ (mm <sup>4</sup> )	$S$ (mm <sup>3</sup> )	$Z$ (mm <sup>3</sup> )					
FR10-48-Non	-	-	303.5	80,437	3,344	4,446	10,200	9,900	2,050	2,500	880
FR10-48-R-200N	Round rope	200									
FR10-48-F-200N	Flat rope	200									
FR10-E-48-Non	-	-									
FR10-E-48-R-200N	Round rope	200									
FR10-E-48-F-200N	Flat rope	200									

FR10 - E - 48 - R - 200N



※  $A$ : 단면적,  $I$ : 단면 2차 모멘트,  $S$ : 단면계수,  $Z$ : 소성단면계수

※  $W_1, W_2, H_1, H_2, s$ : 그림 1 혹은 그림 2 참조

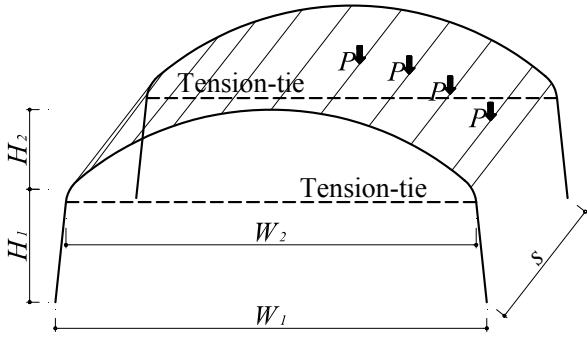


그림 2. 불균형적설하중에 대한 단위 실험체 형상(FR10-E-48)

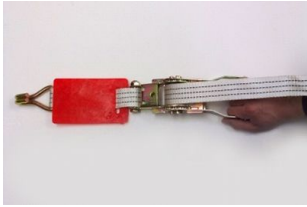


그림 3. 플랫 로프

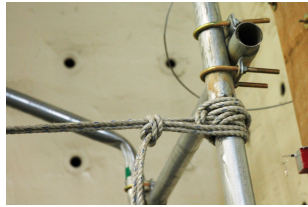


그림 4. 라운드 로프

## 2.2 가력 지점 및 실험체 설치상황

적설시와 유사한 하중의 형태를 적용하기 위해 등가의 집중하중으로 치환하여 다음과 같이 가력지점을 산정하였다. 곡면지붕의 대칭적설하중에 대한 등가의 집중하중 4점은 그림 5 처럼 평지붕적설하중에 표 2의 지붕경사도계수( $C_s$ )를 고려하여 비례적으로 적용하였고, 적용된 적설하중분포를 4등분하여 무게중심 4점을 산정하였다(대한건축학회, 2009; 장유진 등, 2010). 곡면지붕의 불균형적설하중에 대한 등가의 집중하중 4점은 그림 6의 곡면지붕의 불균형적설하중 분포(대한건축학회, 2009), 즉 처마경사가 70°이상인 경우를 고려하였고, 그림 7처럼 보간법을 적용하여 하중을 적용한 후 무게중심 4점을 산정하였다. 그림 6에서  $C_e$ 는 노출계수로, 일반적으로 비닐하우스가 설치되는 농촌지형을 고려하여 1.0으로 가정하였다. 산정된 등가의 집중하중 위치를 표 3에 나타내었다.

표 2. 지붕경사도계수( $C_s$ )

	0~10°	10~20°	20~30°	30~40°	40~50°	50~60°	60~70°
$C_s$	1.00	0.85	0.70	0.60	0.40	0.20	0.10

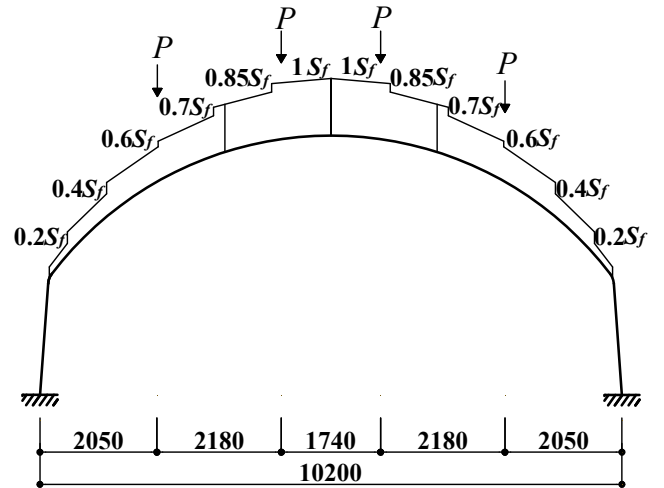


그림 5. 등가의 집중하중점 산정 (FR10-48)

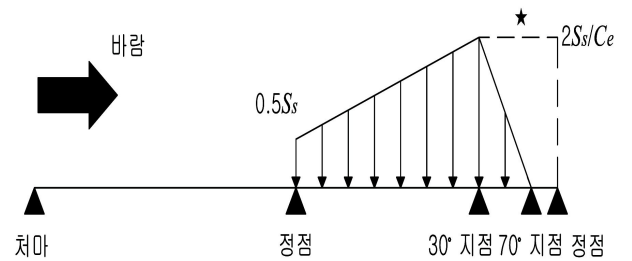


그림 6. 곡면지붕의 불균형적설하중 분포 (처마경사)70°인 경우)

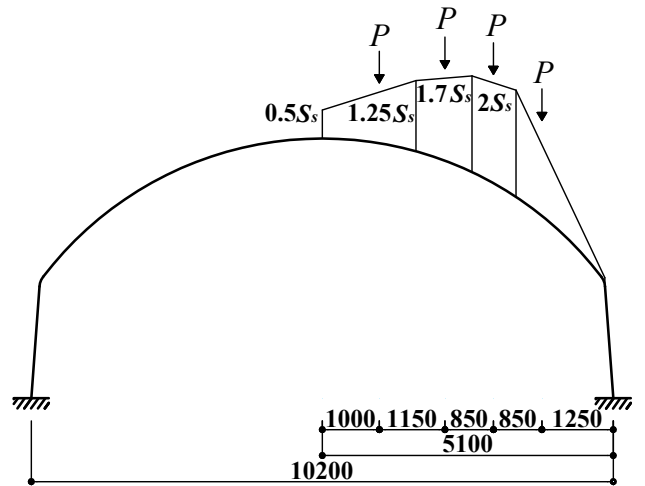


그림 7. 작용하중 분포 및 4점 가력지점 산정 (FR10-E-48)

표 3. 등가의 집중하중 위치

실험체명	L (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)	L <sub>5</sub> (mm)
FR10-48	10,200	2,050	2,180	1,740	-	-
FR10-E-48	10,200	1,000	1,150	850	850	1250

※ 그림 8, 9 참조

그림 8과 그림 9는 가력실험 세부설치상황이다. 그림 5~그림 7에 나타난 방법으로 산정된 가력지점을 나타냈다. 대변형에도 가력이 가능하도록 도르래와 와이어를 이용하여 가력장치를 고안하였고, 처짐에 따른 가력점의 수평이동이 가능하도록 하부 고정도르래(그림 10)를 설치하였다. SG01, SG02, SG03은 각각 스트레인 게이지가 부착된 위치를 나타내고, LVDT를 그림과 같이 설치하여 각각 수평과 수직 변위를 측정하고자 하였다(장유진 등, 2010).

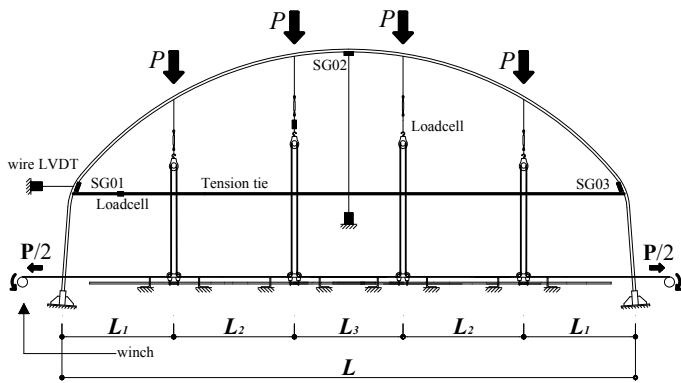


그림 8. 가력실험 세부설치상황 (FR10-48)

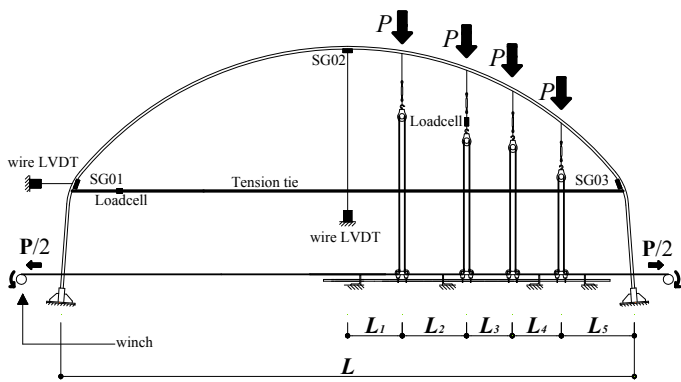


그림 9. 가력실험 세부설치상황 (FR10-E-48)



그림 10. 하부 고정도르래 설치 모습

## 2.3 재료시험

### 2.3.1 Stub-column test

농촌진흥청에서 고시된 비닐하우스 구조용 아연도금강관인 SPVHS  $\phi 48.1 \times 2.1$  파이프의 재료특성을 구하기 위하여 UTM을 사용하여 stub-column test를 수행하였다. stub-column test 결과를 그림 11에 응력-변형률 곡선으로 나타내었고, 재료의 공칭강도와 실험값을 표 4에 나타내었다. 표 4와 같이 실험값  $F_y$ 가 공칭 항복강도  $F_y$ 보다 20% 정도 높게 나타났다. 항복강도 실험값이 공칭강도보다 월등히 커진 이유는 파이프의 가공시 법선방향으로 소성가공이 되어 이미 변형경화영역에 도달하였기 때문인 것으로 판단된다(장유진 등, 2010).

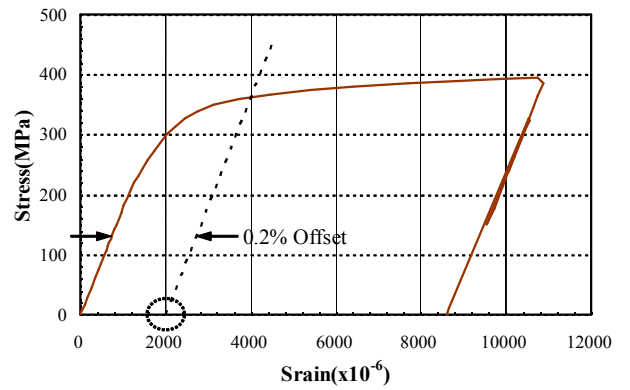


그림 11. SPVHS( $\phi 48.1 \times 2.1$ ) 파이프의 응력-변형률 곡선

표 4. 재료 단면 성능

시험체명	공칭강도		실험값		
	$F_y$ (MPa)	$F_u$ (MPa)	$F_y$ (MPa)	$F_u$ (MPa)	항복비 ( $F_y / F_u$ )
SPVHS	295	400	355	400	0.89

### 2.3.2 인장타이의 인장시험

이전 연구에서 전산해석결과 서까래에 하중이 가해졌을 때 보강된 인장타이에 장력이 작용하였고, 이 장력에 저항할 수 있는 최대내력을 확인하기 위하여 그림 12와 그림 13처럼 단면이  $50 \times 3.3$  mm 인 플랫 로프(폴리에스테르 로프)와 단면이  $\phi 8$  mm인 라운드 로프(폴리프로필렌 로프)의 인장시험을 수행하였다. 그리고 인장시험결과를 그림 14와 그림 15와 같이 하중-변위의 관계로 나타내었다. 각각의 인장시험에서 2개의 시험편에서 얻은 최대하중의 평균값을 인장재의 최대내력으로 보았다. 플랫 로프의 경우 최대내력이 28.6kN 정도로 나타났고, 라운드 로프의 경우 최대내력이 6.6kN 정도로 나타났다.

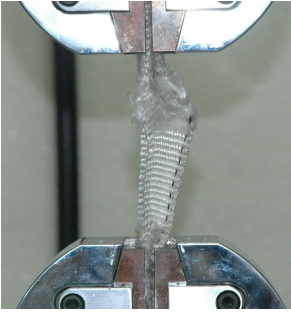


그림 12. 플랫 로프 인장시험



그림 13. 라운드 로프 인장시험

발생하였고, 그 시점에서 가력이 시작되었다. 보강하지 않았을 경우에는 최대하중이 1,378N으로 나타났고, R-200N의 경우 최대하중이 2,322N으로 보강하지 않았을 때보다 68% 증가하였으며, F-200N의 경우 최대하중이 2,666N으로 보강하지 않았을 때보다 93% 증가하였다. 보강하지 않은 실험체가 보강한 실험체보다 연성이 우수하여 소성변형이 크게 나타나야 하는데 최대하중 이후에 급격히 하중이 감소된 것은 SG01과 SG03이 부착된 기둥상부에 소성흔지가 발생하였기 때문으로 판단된다.

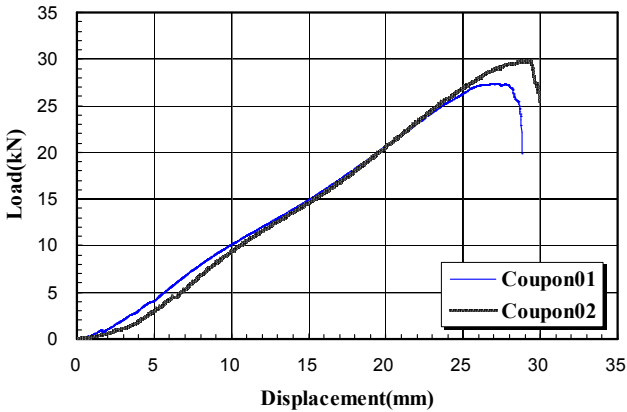


그림 14. 플랫 로프의 하중-변위 곡선

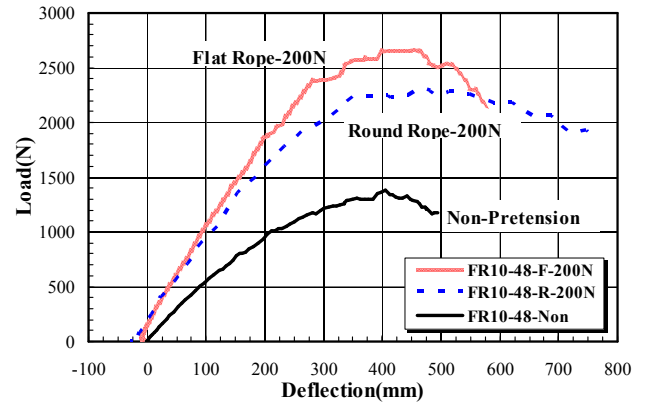


그림 16. FR10-48 실험체 수직하중-처짐 곡선

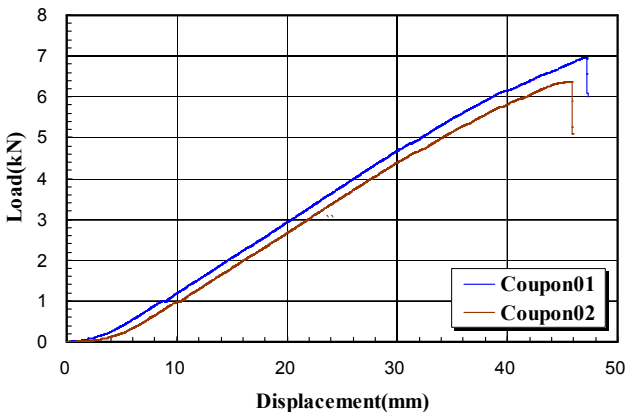


그림 15. 라운드 로프의 하중-변위 곡선

그림 17은 FR-10-48 실험체의 수직하중-변형률(SG01) 관계를 나타낸다. 이전에 수행되었던 연구(김보경 등, 2008)에서 전산해석결과 가장 큰 응력이 발생한 지점에 스트레인게이지를 부착하여 변형을 관찰하였다(그림 8 참조). SG01과 SG03의 위치는 기둥상부 즉, 프레임 가공시에 곡률이 큰 지점의 안쪽 면 부분이다. 대칭하중으로 가력되었기 때문에 SG01과 SG03이 유사한 경향을 보인다. 무보강시에는 국부 좌굴로 인하여 2000 $\mu\epsilon$  이상의 큰 변형률이 나타났고, 보강시에는 프리텐션에 의해 인장변형을 하다가 가력시부터 압축변형을 하였다. 플랫 로프로 보강한 경우 압축변형이 진행되다가 최대하중에 도달하기 전에 인장변형으로 변하는 것(●)을 볼 수 있는데 그 이유는 그림 21의 붕괴 형상을 보면 추력에 의하여 기둥상부가 바깥쪽으로 쓰러지던 것이 SG02 부분과 그 오른쪽 부분에 소성흔지가 발생하여 SG02 부분이 주저앉고 그 오른쪽 부분이 위 방향으로 치솟으면서 쓰러지던 기둥상부가 다시 안쪽으로 복귀하는 현상을 보였기 때문이다.

### 3. 가력실험 결과

#### 3.1 FR10-48 실험체 가력실험

FR10-48 실험체 가력실험을 수행한 결과는 다음 아래와 같다. 그림 16은 FR10-48 실험체의 수직하중-처짐 관계를 나타낸다. 프리텐션에 의해 FR10-48-F-200N(플랫 로프)은 7mm, FR10-48-R-200N(라운드 로프)은 25mm 치올림이



표 5. 실험결과

실험체명	최대하중 $P_{max}$ (N)	Tension (N)	수직처짐(mm)	변형률( $\times 10^{-6}$ )			파괴모드
				SG01	SG02	SG03	
FR10-48-Non	1,378 (100%)	-	404.7 (100%)	-3,562 (100%)	1,389 (100%)	-2,875 (100%)	sway 붕괴 메카니즘
FR10-48-R-200N	2,322 (168%)	2,100	466.2 (115%)	-1,176 (33%)	2,251 (162%)	-1,208 (42%)	아치 좌굴
FR10-48-F-200N	2,666 (193%)	3,000	456.3 (112%)	-730 (21%)	2,271 (163%)	-823 (29%)	아치 좌굴
FR10-E-48-Non	1,075 (100%)	-	192.3 (100%)	217 (100%)	363 (100%)	-2,066 (100%)	조합 붕괴 메카니즘
FR10-E-48-R-200N	1,183 (110%)	800	124.7 (64%)	291 (134%)	-168 (-146%)	-2,127 (103%)	아치 좌굴
FR10-E-48-F-200N	1,287 (120%)	900	98.7 (51%)	184 (84%)	-73 (-120%)	-1,495 (70%)	아치 좌굴

※ 그림 8과 그림 9에서 Strain Gauge 위치를 참조

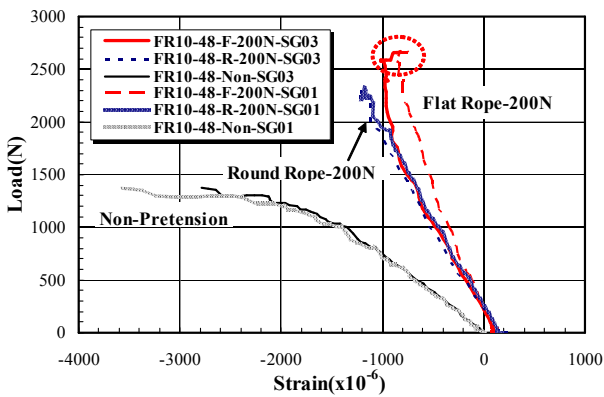


그림 17. FR10-48 실험체 수직하중-변형률(SG01,SG03) 곡선

그림 18은 FR-10-48 실험체의 수직하중-변형률(SG02) 그래프이다. 스트레인게이지가 부착된 위치는 서까래 중앙 가장 높은 지점의 파이프 안쪽 면 부분으로 프리텐션에 의해 압축변형을 하다가 가력 시부터 인장변형을 하였다. 무보강인 경우 변형률이 보강한 경우보다 작게 나타난 것은 SG01과 SG03 지점에 먼저 소성힌지가 발생하여 실험이 조기 종료되었기 때문이다. 상기의 결과로부터 무보강의 경우 기둥상부에서 항복이 일어나는 붕괴가 발생되고 인장타이보강 실험의 경우 아치 상부에서 항복이 일어나는 것을 볼 수 있다.

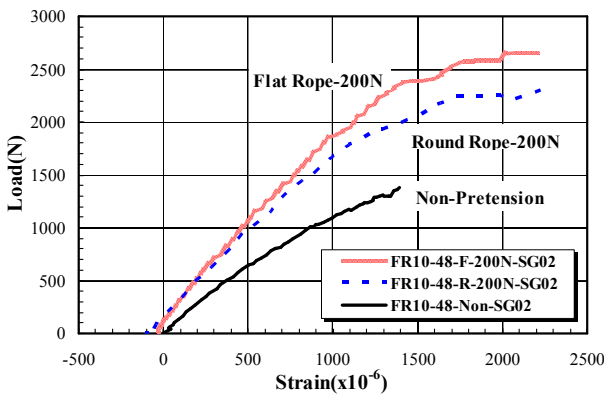


그림 18. FR10-48 실험체 수직하중-변형률(SG02) 곡선

그림 19는 보강하지 않은 실험체의 파괴모드이다. 그림 17의 그래프를 보면 무보강인 경우 SG01과 SG03지점에 소성힌지가 발생한 것을 알 수 있고, 붕괴사진을 보면 주각 지점 역시 소성힌지가 발생한 것을 알 수 있다. 왼쪽 그림의 점(●)으로 표현된 곳이 소성힌지가 발생한 지점이고, 파괴모드는 sway 붕괴 메카니즘으로 볼 수 있다. sway 모드가 발생한 이유는 양쪽의 윈치를 감는 과정에서 하부도르래 지지점의 수평 마찰력으로 인하여 그림 10의 하부도르래가 가력점 수직 하단부로 정확하게 이동하지 않은 영향이 있는 것으로 판단된다.

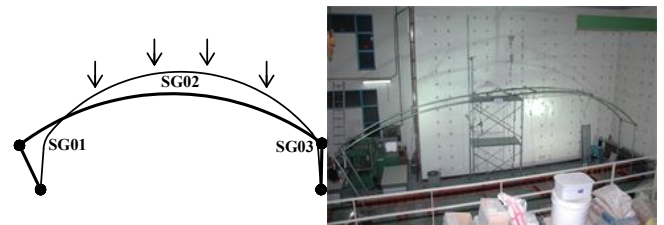


그림 19. 무보강시 파괴모드(sway 붕괴 메카니즘)

그림 20은 라운드 로프로 보강한 실험체의 파괴모드이다. 무보강일 때에 비해 좌우 기둥상부에서의 응력이 많이 감소한 것을 알 수 있다. 구조체가 프리텐션에 의해 아치 거동을 하다가 왼쪽 그림처럼 아치 좌굴이 일어났다.

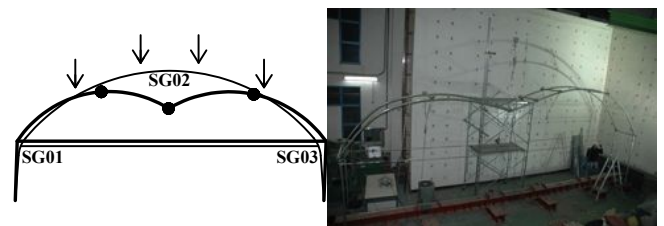


그림 20. 라운드 로프 보강시 파괴모드(아치 좌굴)

그림 21은 플랫 로프를 보강한 실험체의 파괴모드이다. 역시 인장타이에 의해 기둥상부의 변형이 감소하였고, 왼쪽 그림처럼 소성힌지가 발생하여 아치 좌굴이 일어났다.

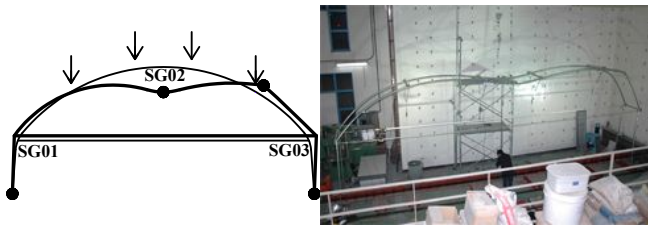


그림 21. 플랫 로프 보강시 파괴모드(아치 좌굴)

### 3.2 FR10-E-48 실험체 가력실험

그림 22는 FR10-48 실험체의 수직하중-처짐 관계를 나타낸다. 프리텐션에 의해 FR10-E-48-F-200N(플랫 로프)은 21mm, FR10-E-48-R-200N(라운드 로프)은 18mm 치올림이 발생하였고, 그 시점에서 가력이 시작되었다. 보강하지 않았을 경우에는 최대하중이 1,075N으로 나타났고, 처짐은 192mm로 나타났다. R-200N의 경우 최대하중이 1,183N으로 보강하지 않았을 때보다 10% 증가하였고, 처짐은 124mm로 나타났다. F-200N의 경우 최대하중이 1,287N으로 보강하지 않았을 때보다 20% 증가하였고, 그때의 처짐은 98mm로 나타났다.

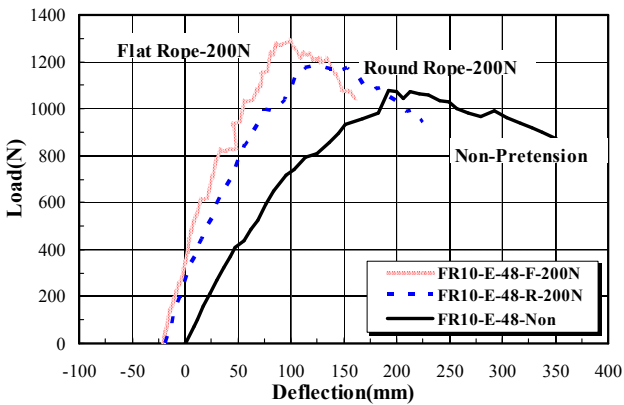


그림 22. FR10-E-48 실험체 수직하중-처짐 곡선

그림 23은 FR-10-48 실험체의 수직하중-변형률(SG01) 그래프이다. SG01의 위치는 편심이 작용하지 않는 부분의 기둥상부로 실험 종료 시까지 인장변형을 하였다. 보강한 경우 프리텐션에 의한 인장변형에 이어 가력 시에도 인장변형이 나타났다. 3개의 실험체 모두 변형률이 비교적 작게 나타났는데, 그 이유는 그림 25와 같이 편심하중이 작용된 지점의 기둥상부에 응력이 집중되었기 때문이다.

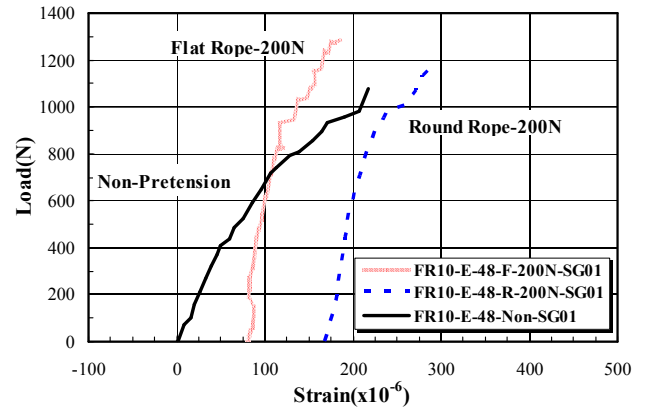


그림 23. FR10-E-48 실험체 수직하중-변형률(SG01) 곡선

그림 24는 FR-10-48 실험체의 수직하중-변형률(SG02) 그래프이다. SG02의 위치는 서까래 중앙 가장 높은 지점의 파이프 안쪽면 부분으로 무보강의 경우 가력에 따라 인장변형을 하였다. 하지만 보강한 경우 프리텐션에 의한 치올림으로 압축변형을 하다가 가력 시부터 인장변형을 하였다. 수직하중 900N 정도에서 다시 압축변형이 나타나는데 이는 그림 26과 그림 27의 SG02와 SG03 중간쯤에서 소성힌지가 발생하여 주저앉아 SG02 부분에 인장력이 작용하였기 때문이다.

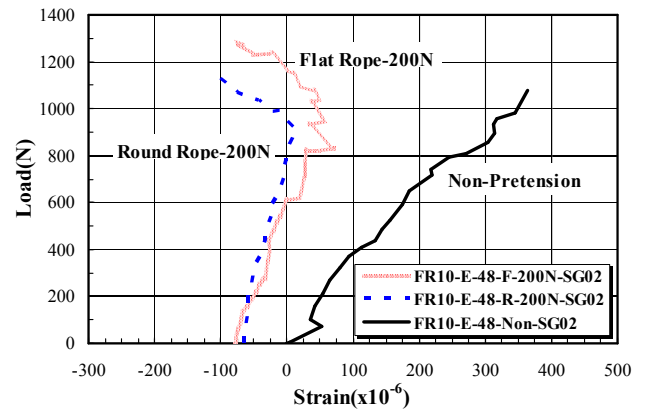


그림 24. FR10-E-48 실험체 수직하중-변형률(SG02) 곡선

그림 25는 FR-10-48 실험체의 수직하중-변형률(SG03) 그래프이다. SG03의 위치는 SG02를 중심으로 SG01의 대칭된 지점으로 무보강의 경우 압축변형을 하였고, 보강한 경우는 프리텐션에 의해 인장변형을 하다가 가력 시부터 압축변형을 하였다. 부착된 스트레인게이지 중 가장 큰 값이 나타났으며 그림 26~그림 28처럼 소성힌지가 발생한 지점중 하나이다.

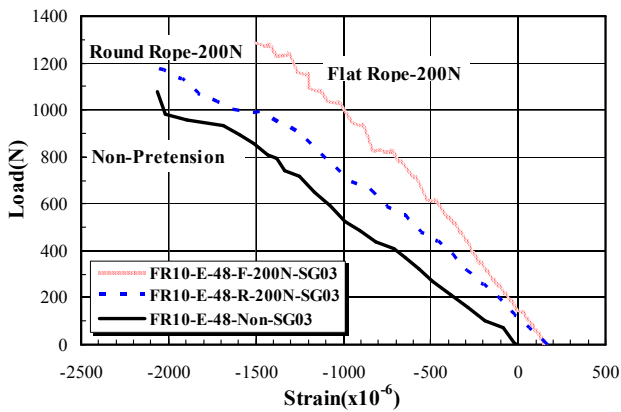


그림 25. FR10-E-48 실험체 수직하중-변형률(SG03) 곡선

그림 26은 보강하지 않은 실험체의 파괴모드이다. 가력시 편심하중이 작용한 상부기둥 부분(오른쪽 기둥) 즉, SG03 점에서 먼저 소성힌지가 발생하여 붕괴가 일어났다.

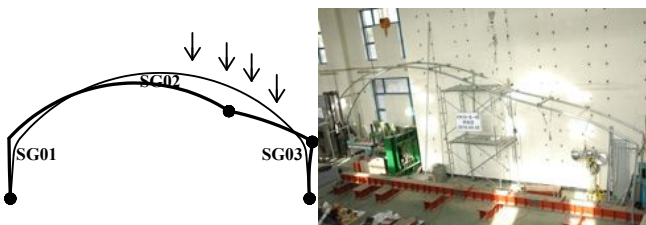


그림 26. 무보강시 파괴모드(조합 메카니즘 붕괴)

그림 27과 그림 28은 각각 라운드 로프와 플랫 로프를 보강한 실험체의 파괴모드이다. 무보강일때와 비교했을 때 측정된 변형률의 차이는 크게 보이지 않았다. 그림과 같이 소성힌지가 발생하여 붕괴가 일어났다.

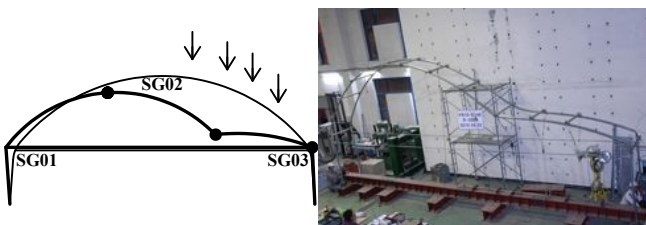


그림 27. 라운드 로프 보강시 파괴모드(아치 좌굴)

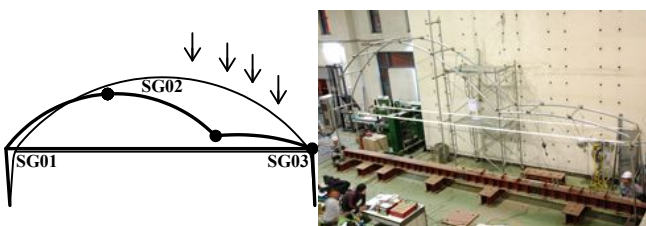


그림 28. 플랫 로프 보강시 파괴모드(아치 좌굴)

#### 4. 결론

본 연구에서는 인장타이를 이용한 광폭형 비닐하우스의 보강 효과에 대하여 연구하였으며, 스펠 10,200mm의  $\phi 48.1 \times 2.1$  단면의 파이프를 이용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) FR10-48 실험체에서 무보강과 로프보강을 비교한 결과 로프에 프리텐션을 적용하였을 경우 양쪽 기둥상부에 응력이 감소함으로써 내력이 68~93% 증가하였다. FR10-E-48 실험체에서는 편심에 의하여 프레임 한쪽에 집중되면서 내력이 10~20% 정도 근소하게 증가하였다.
- (2) 비닐하우스 프레임 가력실험에서 타이인장재에 가해진 장력을 측정한 결과 라운드로프는 최대 2.1kN, 플랫로프는 최대 3.0kN 발생하였다. 이는 타이인장시험결과 인장강도값인 6.6kN, 28.6kN에 비해 30%정도 이므로 타이인장재로 사용하기 충분한 재료로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비지원(과제번호#08지역기술혁신 B01-02)에 의해 수행되었습니다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.20100000830).

이 논문은 2010년도 BK21사업에 의하여 지원되었음.

#### 참고문헌

김보경, 이수현, 김진욱, 신경재(2010) 장스팬 비닐하우스의 폭설에 의한 붕괴방지법 연구, 한국강구조학회 논문집, 한국강구조학회, 제22권, 1호, pp.67-74.

김보경, 이수현, 신경재(2009) 장스팬 비닐하우스의 폭설에 의한 붕괴방지법 연구, 2009년도 한국강구조학회 학술대회 발표집, 한국강구조학회, 제20권, 1호, pp.227-228.

김보경, 이수현, 신경재(2008) 폭설시 프리텐션타이를 이용한 비닐하우스 보강방법연구, 2008년도 한국강구조학회 학술대회 발표집, 한국강구조학회, 제19권, 1호, pp.445-448.

농림부(2008) 원예특작시설 내재해규격 설계도 및 시방서, 농림부고시 2008-76호.

대한건축학회(2009) 건축구조기준 및 해설, 기문당.

신동휘, 이수현, 신경재(2009) 폭설에 의한 비닐하우스 붕괴방지를 위한 실험적 연구, 2009년도 대한건축학회 대구·경북지회 학술발표대회 논문집, 대한건축학회, 제12



권, 1호, pp.123-126.  
신동휘, 장유진, 채승훈, 신경재(2010) 인장타이를 이용한 광폭형 비닐하우스의 보강법 연구. 2010년도 한국강구조학회 학술대회 발표집, 한국강구조학회, 제21권, 1호, pp.257-258.  
신동휘, 이수현, 채승훈, 신경재(2010) 장경 간 비닐하우스의 붕괴방지를 위한 인장타이 보강법 연구, 2010년도 대한건축학회 대구·경북지회 학술발표대회 논문집, 대한건축학회, 제13권, 1호, pp.51-52.  
이태훈, 이동근, 안상경(2001) 폭설에 대비한 비닐하우스의 보수

및 보강, 2001년도 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집 (구조계), 대한건축학회, 제21권, 제1호, pp.119-122.  
장유진, 이수현, 채승훈, 신경재(2010) 인장타이를 이용한 비닐하우스의 보강효과에 관한 실험적 연구, 2010년도 한국강구조학회 논문집, 한국강구조학회, 제22권, 제2호, pp.151-160.

(접수일자 : 2010. 10. 8/ 심사일 2010. 10. 13/  
게재확정일 2011. 1. 27)