

권취식 창개폐시스템의 소요토크모델 개발

박규식 · 이기명 · 정석현
경북대학교 농과대학 농업기계공학과

Development of Theoretical Formulae for Calculation of Required Torque in Roll-up Type Ventilation System

Park, Kyu-Sik · Lee, Ki-Myung · Jung, Suk-Hyun
Dept. of Agricultural Machinery, college of Agriculture, Kyungpook National University

Abstract

Most of the greenhouses employ the roll-up type ventilation control system. Torque required to roll-up and down might be theoretically expressed with the weight times radius of the ventilation roll; however, measured torques were two times of the theoretically estimated values. As the window film of roll-up vent is used over the periods of time, the warping and crumpling of the material caused the increase of the torque in addition to a span deformation.

Therefore, this study was performed to develop an empirical torque formulae to present basic torque data and to assist the development of roll-up type ventilation control system. The empirically adjusted rolling radius ($r+a$) exponentially increased at the maximum span deformation. The coefficient of rolling resistance (C_r) was about 0.7-0.8 depending upon the wrinkle status of film material.

주 제 어 : 파이프 비닐온실, 천창, 측창, 권취식 창개폐기, 토크

Key words : pipe-constructed plastic-film greenhouse, ceiling vent, side vent, roll-up ventilator, torque

서 언

1991년부터 시작된 정부 차원의 농업구조개선 및 시설현대화 보조사업으로 전국적으로 현대화된 온실이 많이 생겨나 1996년 현재 전국의 시설면적은 45,633ha로 일본의 50,182ha에 이어 세계에서 두 번째이며, 국민 1인당

시설면적은 1990년도에 5.99m²으로 이미 세계에서 가장 많은 나라가 되었으며, 1996년 현재 10.1m²로 증가하였다¹⁾.

현재의 시설원에 현대화사업은 초기에 비하여 관계자들의 많은 노력으로 시설의 설비용기자재의 국산화가 다수 이루어졌고, 자재생산업체 및 시공설비업체는 꾸준한 기술개발로

많은 성장을 하였다.

온실내 환경관리를 위한 환기용의 창개폐장치는 자동화가 가장 시급히 요구되는 장치임에도 불구하고 시공시 고가로 설비된 장치가 대부분 1년을 넘기지 못하는 경우가 많고, 사용할 때에도 많은 주의를 요하기 때문에 불편한 장치로 되어 있다⁶⁾.

이와 같은 원인은 권취창의 길이나 축파이프의 종류, 사용자재, 창의 설치위치에 따라 소요토크가 다른 권취식 창개폐기의 소요토크에 대한 이론적 조사분석이나 실증실험의 결과 없이 경험에 의한 시행착오에 의하여 개폐기가 설계·제작되고 단순하게 설치되기 때문이다⁷⁾.

1996년 현재 시설채소재배에서 비닐을 피복재로 사용하는 재배면적이 전체 시설재배면적에서 99% 이상을 차지하고 있으며 이들 온실의 창개폐방식이 대부분 권취식 창개폐장치임에도 불구하고 권취식 창개폐장치에 관한 이론적인 분석은 충분하지 못하며, 보다 효율적인 창개폐기의 개발에 필요한 근본적인 이론의 정립이 요구된다.

이에 본 연구는 온실의 창개폐장치인 권취식 창개폐장치에서 사용자재, 피복창의 종류에 따른 토크를 분석하여 창개폐기의 설계에 필요한 자료를 제시하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

본 시험에서는 권취식 창개폐장치에서 경사각에 의한 권취토크의 경향을 분석하기 위하여 모형시험과 현장시험을 실시하였다. 그리고 축의 변형정도가 권취토크에 미치는 영향을 알아 보기 위하여 축변형 시험을 병행하여 수행하였다.

모형시험에서 권취각별, 축파이프의 자재별 권취토크를 분석하여 수정식의 계수를 파악하고 실제 온실에서 토크를 측정하여 식을 완성하였다. 또한 모형시험장치에서 축파이프의 인위적인 변형을 주어 토크의 변화를 분석하였다.

1. 단순 권취토크식

권취식 창개폐의 경우 권취할수록 반경과 하중이 커지게 되므로 축창의 경우 하중과 반경이 가장 커지는 지점인 창의 최대로 열렸을 때 최대토크가 발생하게 된다⁴⁾.

천창의 경우 권취하중과 권취반경 이외에 천창곡부의 경사각으로 인해 굴림저항이 발생하므로 단순히 하중과 반경만으로 권취토크를 구할 수가 없다. 그러므로 창의 열리는 지점의 경사각과 창의 최대로 열리는 지점의 곡부 경사각이 다르므로 각 지점에서의 하중과 권취반경 그리고 곡부경사각을 적용시켜 천창에서의 최대권취토크를 구할 수가 있다.

권취식 창개폐기에 있어서 비닐을 감아 올리는 데 필요한 구동토크 T는 이론적으로 축창에서는 권취축에 걸리는 하중 W와 축반경 r의 곱으로 결정된다⁴⁾.

천창에서는 그림 1에서와 같이 하중 W와 축반경 r외에 곡부의 경사각 θ 에 따라 토크가 결정된다.

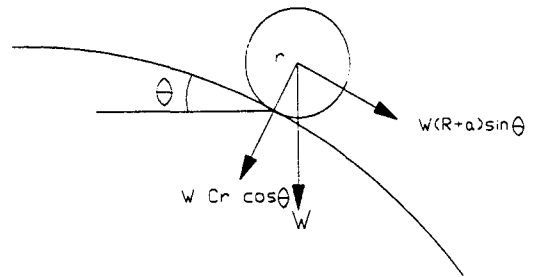


Fig. 1. Representation of theoretical torques during opening a ceiling vents.

2. 권취토크 수정식

권취식 창개폐기에서의 소요토크를 분석하기 위해 축 파이프의 변형과 굴림저항을 고려해 다음과 같은 수정식을 만들었다.

$$T = W \cdot (r + \alpha) \cdot \sin\theta + W \cdot Cr \cdot \cos\theta \quad \dots (1)$$

W : 권취하중(kg)

r : 권취반경(cm)

α : 축변형 보정계수(cm)
 Cr : 굴름저항 보정계수(cm)
 θ : 권취각

그림 1과 같이 곡부천창에서 권취토크는 축파이프의 진행방향으로의 힘과 진행방향에 수직으로 작용하는 힘의 합으로 나타낼 수 있다. 즉, 축파이프의 권취방향으로 $W \cdot (r + \alpha) \cdot \sin\theta$ 의 중력에 의한 힘을 받으며, 진행방향의 수직방향으로 $W \cdot Cr \cdot \cos\theta$ 만큼의 굴름저항을 받는다. 식 (1)과 같이 축파이프가 수직으로 권취될 때 즉, 측창에서의 경우 권취토크에 영향을 미치는 것은 하중과 반경 그리고 축변형이며, 곡부경사각이 완만해질수록 굴름저항의 영향을 많이 받는다고 할 수 있다. 위의 식에서 측창, 즉 경사각(θ)이 90° 인 측창에서는 식 (1)의 우변항($\cos 90^\circ = 0$)이 0(零)이 되고, 수평권취에서는 식 (1)의 좌변항($\sin 0^\circ = 0$)이 0(零)이 된다. 또한 경사각이 있는 천창 등의 창개폐에는 식 (1)이 일반적인 권취소요토크 계산의 일반식으로 적용할 수 있다.

3. 모형시험

모형시험에서는 권취축, 피복재, 권취면의 경사각에 따른 토크의 경향을 알아볼 수 있도록 하기 위하여 시험장치를 제작하였다. 다음의 그림 2는 모형시험장치를 나타내고 있다.

Table 1. Weight of construction materials used in model test device.

Materials	Specification	Unit	Unit weight (g)	Amount used	Weight used (kg)
Shaft pipe	25.4mm×1.5t	m	635	8	5.08
	22.2mm×1.2t		447		3.58
Plastic film	0.1t×100cm net film	m	0.11	8	0.88
			0.18		1.44
Textile	80g/m ²	m ²	80	8	0.64
Clip	25.4mm	EA	28.7	24	0.68
	22.2mm		25.6	24	0.61

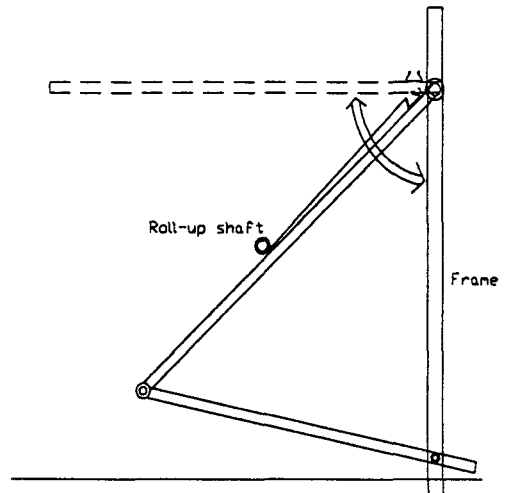


Fig. 2. Schematic diagram of model test device for the analysis of torque in roll-up ventilator.

모형시험장치는 표 1에 나타난 것과 같이 실제 온실의 환기창 개폐시스템에 사용하는 자재로 하였으며 최대 권취개폐폭은 90cm이다.

시험방법으로써 권취면의 경사각을 $0^\circ \sim 90^\circ$ 까지 10° 간격으로 구분하였으며, 축파이프는 실제 온실에서 많이 사용하고 있는 외경 22.2mm, 25.4mm의 아연도금 구조용 파이프를 사용하였다. 피복자재는 0.1mm 비닐과 망사필름 그리고 온실내부의 보온커튼에 많이 사용되는 부직포를 이용하여 피복자재가 권취토크에 미치는 영향을 분석하였다.

4. 현장시험

현장시험에서 기준이 된 공시온실은 정부보조사업으로 권장 보급되고 있는 농가보급형 자동화 비닐하우스 1-2W형으로서 1동의 폭이 7m이고, 비닐을 2중으로 피복하고, 온실내외 수직 권취식 측창과 곡부천창을 권취식으로 개폐하는 온실이다.

본 시험에서는 농가보급형 자동화 비닐하우스

스(1-2W)를 설계대로 시공하여 1~3년이 경과한 온실 중에서 길이가 다른 여러개의 온실을 선정해서 토크를 실측하였다.

5. 축파이프 변형시험

권취축파이프의 변형정도가 권취토크에 미치는 영향을 살펴보고자 축파이프의 변형을 분석하여 변형에 따른 권취토크의 특성을 분석하였다.

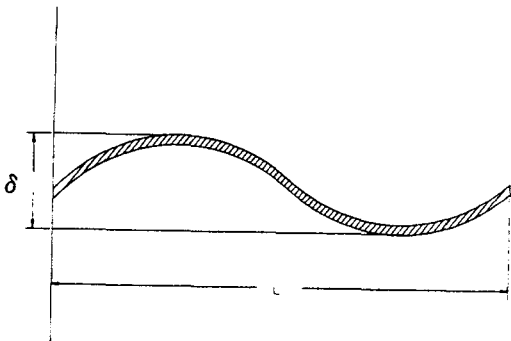


Fig. 3. Deflection of a shaft pipe.

그림 3은 실제 파이프 비닐온실의 권취축에서 많이 발생하고 있는 변형의 형태를 나타내고 있다. 시공당시 수평상태를 유지하고 있는 축파이프를 기준으로 하여 상하 변형폭 중 최대 변형폭을 δ_{max} 라 하면 δ_{max} 는 파이프의 가상 최대 권취직경이 된다. 축파이프 변형시험에서는 이 가상 최대 권취직경이 증가함에 따라 권취토크의 증가는 어떠한 경향을 나타내는가를 알아보기 위하여 δ_{max} 를 여러 가지로 달리 하여 토크의 변화를 측정하였다.

6. 토크의 측정

권취식 창개폐기의 소요토크를 분석하기 위하여 핸들식 토크미터를 사용하였으며, 측정토크의 범위가 비교적 작은 모형시험에서는 측정범위 5~60kg·cm인 60TMK형을 사용하였고 현장시험에서는 측정범위가 최소 100kg·cm에서 최대 1400kg·cm인 1400TMK형을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 모형시험

모형시험에서는 4 종류의 피복재와 2 종류의 축파이프 그리고 10 단계로 권취각을 나누어 시험을 수행하여 총 80회의 각각 다른 조건들에서 토크를 측정하였다. 그림 4와 5는 모형시험에서의 시험결과이다.

그림 4와 5에서 보는 것과 같이 권취각이 커질수록 토크가 증가하고 있으며 피복을 하지 않고 파이프만을 권취했을 때의 토크값이 가장 작으며 0.1mm 비닐, 0.1mm 비닐과 부직포를 함께 권취했을 때 그리고 망사필름의 순으로 토크값이 점점 크게 나타났다. 이는 피복창의 두께와 무게가 망사필름에서 가장 컸기 때문이다.

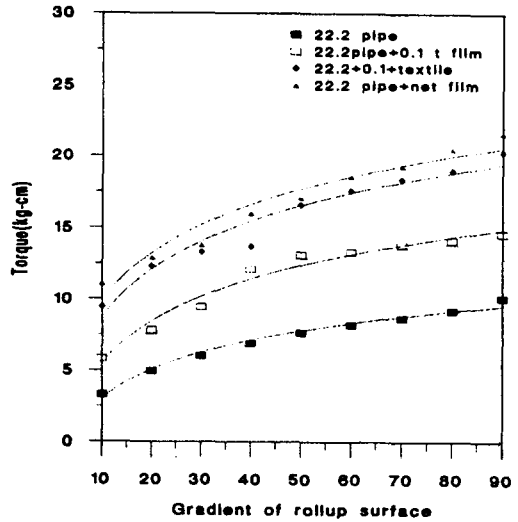


Fig. 4. Relationship between torques and slope of roll-up surface(22.2mm pipe).

1.1 굴름저항

모델식 (1)에서와 같이 수평면에서 권취할 때의 토크는 하중과 굴름저항의 함수로 나타낼 수 있다. 모형시험에서 축파이프와 피복재

그리고 각종 부속자재의 하중을 알고 있으므로 위의 모형시험의 결과로써 권취시 축파이프의 직경별, 피복재별로 굴름저항을 구하였다.

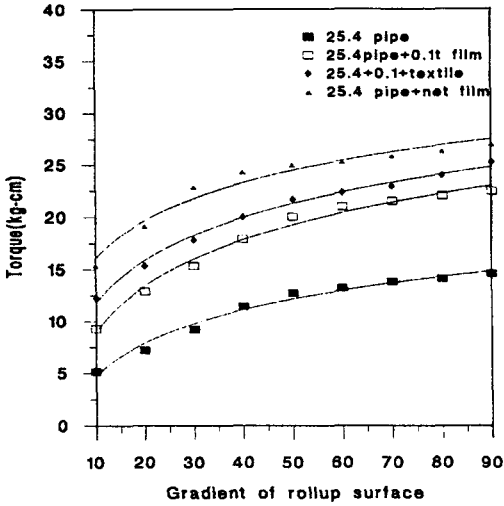


Fig. 5. Relationship between torques and slope of roll-up surface(25.4mm pipe).

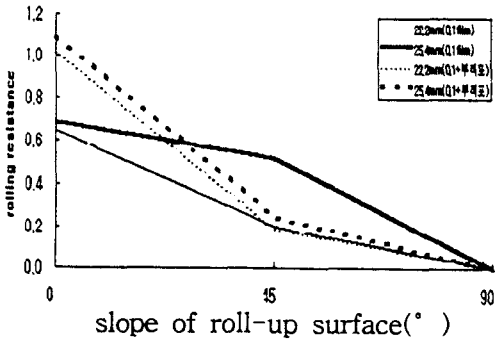


Fig. 6. Effect of the slope of roll-up surface on the rolling resistance.

그림 6과 같이 굴름저항은 권취면의 경사각이 커질수록 $\cos\theta$ 의 값이 작아지는데 따라 감소해 수직권취($\theta=90^\circ$)에서는 굴름저항이 권

취토크에 아무런 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

1.2 축변형

수직권취(축창)에서는 굴름저항이 토크에 영향을 미치지 않기 때문에 모형시험에서의 수직권취 토크값으로써 축변형의 정도를 알아 볼 수 있다.

표 2에서와 같이 모형시험에서의 토크에서 축변형의 영향을 확인하였으며, 축경이 클수록 축변형이 큰 것으로 나타났다.

Table 2. Relationship between T_s , T_m and α in model test.

Covering materials	Weight (kg)	Diameter (cm)	Torque		α	
			T_s^* (kg·cm)	T_m^* (kg·cm)		
none	22.2mm	6.0	1.11	6.72	10.10	0.56
none	25.4mm	7.5	1.27	9.54	14.60	0.67
0.1mm plastic film	22.2mm	7.3	1.80	13.20	16.50	0.45
	25.4mm	8.3	2.01	16.77	22.51	0.69
0.1mm plastic film	22.2mm	7.9	1.88	14.99	20.30	0.67
	25.4mm	8.9	2.09	18.77	25.28	0.72
textile						

*Theoretical torque.

*Measured torque.

*Compensation coefficient of shaft deflecting.

2. 현장시험

2.1 축창

축창에서는 창이 최대로 열렸을 때 최대토크가 나타났다. 표 3과 같이 권취하중 W 와 권취반경 r 을 곱한 단순토크식을 사용하여 계산한 결과와 실제로 토크미터로 실측한 실측토크와의 관계는 22.2mm 파이프에서는 2.17~2.44배 정도 실측토크가 단순토크에 비해 크게 나타났으며, 25.4mm 파이프에서는 1.8~1.94배 정도의 차이가 나타났다.

Table 3. Comparison between the theoretically calculated torques and the measured torques at side vents.

Shaft diameter (mm)	Length (m)	T _s	T _m	T _m /T _s	Weight (kg)	α	r-α
22.2	47	51.2	125	2.44	36.8	2.60	4.40
	76	83.0	180	2.17	59.5	2.11	3.91
	90	98.1	217	2.21	70.5	2.18	3.98
25.4	32	51.5	100	1.94	31.7	1.89	3.90
	76	122.2	220	1.80	80.1	1.61	3.62
	90	144.7	260	1.80	94.8	1.60	3.91
	100	160.8	307	1.91	105.4	1.83	3.84

표 3에서 보는 것과 같이 축변형의 정도는 모형시험에서와는 달리 축경이 커질수록 작아지는 경향이 보이고 있으며, 축파이프의 길이에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

측창에서의 실측토크(T)와 축의 길이(L)에 대한 관계식은 다음과 같다.

$$T = 59.77632 \times 10^{(0.00718L)} \quad (2)$$

(r²=0.99597), 축파이프 25.4mm

$$T = 68.42119 \times 10^{(0.00555L)} \quad (3)$$

(r²=0.99978), 축파이프 22.2mm

축의 변형이 일어나는데 영향을 미치는 요소로는 축의 길이, 축을 감싸고 있는 피복재의 상태, 개폐모터에 의한 처짐 등과 더불어 외부의 요소로는 축파이프의 권취시 온실 외부의 잡풀과 기타 오물 등이 같이 말려서 권취될 때, 하우스밴드에 의한 마찰 또는 하우스밴드를 같이 말아 권취하는 경우 권취축파이프의 변형을 일으킬 수 있다. 현장시험의 결과 축파이프의 길이가 길어질수록 변형이 일어나기 쉬우나 그것보다는 비닐이 감겨 있는 상태나 시공상의 불량으로 인해 특정부위에 집중하중이 가해질 경우 축파이프의 변형이 일어나는 것으로 생각된다.

2.2 천창

농가보급형 자동화 비닐하우스(1-2W)의 경우 천창에서 창이 열리기 시작하는 점의 곡부경사각은 45°이고 창이 최대로 열렸을 때의 경사각은 30°정도이다. 각 지점에서 권취하중과 권취반경 그리고 곡부경사각을 적용하여 본 결과 최대토크는 창이 열리기 시작하는 지점에서의 토크값에 해당된다.

표 4에는 실측토크와 단순토크식에 의한 토크값을 나타내고 있으며 22.2mm 파이프의 경우 1.7~2.2배 정도의 차이가 낮으며, 25.4mm 파이프의 경우 1.7~2.13배 정도의 차이가 낮다.

Table 4. Comparison between the theoretically calculated torques and the measured torques at wall vents.

Shaft diameter (mm)	Length (m)	T _s	T _m	T _m /T _s	Weight (kg)
22.2mm	47	36.1	80	2.22	28.4
	76	58.5	100	1.71	46.0
	85	69.4	125	1.80	54.5
25.4mm	44	50.0	85	1.70	35.2
	52	59.1	110	1.86	41.6
	95	108.0	230	2.13	76.0

천창에서의 실측토크(T)와 축의 길이(L)에 대한 관계식은 다음과 같다.

$$T = 39.17117 \times 10^{(0.00813L)} \quad (4)$$

(r²=0.98884), 축파이프 25.4mm

$$T = 47.45223 \times 10^{(0.00467L)} \quad (5)$$

(r²=0.91547), 축파이프 22.2mm

측창과 천창의 실측시험의 결과에서 권취창의 길이가 길어질수록 권취토크는 지수함수적으로 증가하고 있는 경향을 나타냈다. 권취창의 길이가 길어질수록 그에 따른 하중의 증가는 선형 비례관계에 있음에도 불구하고 토크가 지수함수적으로 증가함을 고려할 때 권취

창의 길이의 증가에 따라 권취하중의 증가 외에 축의 변형이 토크에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

3. 축파이프의 변형

대체로 수십 m에 달하는 비닐온실의 권취 축은 시공 당시 거의 수평에 가까운 상태로 비닐을 클립으로 고정하고 특히 권취축에 비해 대단히 무거운 개폐기 부위에는 로프 등을 이용하여 수평상태를 유지하도록 하고 있다. 그러나 사용기간의 경과에 따라 오물 등의 원인으로 축 파이프에 변형이 발생되고 수평상태는 흐트러지게 된다.

이렇게 발생한 축파이프의 변형이 권취토크에 미치는 영향을 살펴보고자 그림 3과 같이 인위적인 변형 δ 를 주어 토크를 측정하였다. 그림 5는 축파이프 변형시험을 수행한 결과이다.

Table 5. Results of shaft deflection test.

22.2mm pipe		25.4mm pipe	
δ (cm)	Torque (kg · cm)	δ (cm)	Torque (kg · cm)
4.0	16.5	4.5	22.5
16.3	20.6	14.0	25.0
17.8	21.5	22.7	27.0
30.4	26.5	24.8	28.0

표 5의 축변형시험의 결과에서 축파이프의 변형 δ 가 커질수록 권취토크가 증가하고 있음을 알 수 있다. 다음의 그림 7은 축변형에 따라 권취토크가 지수함수적으로 증가하고 있음을 보여주고 있다. 즉, 같은 하중을 갖는 시험장치에서 δ 가 커질수록 권취토크가 증가한다는 것은 δ 가 커질수록 반경에 영향을 많이 미친다고 할 수 있다.

파이프를 권취하지 않고 δ 의 값으로만 권취시 토크에 영향을 미치는 권취반경 r 과 축변형 보정계수 α 의 합을 유추해 보았다.

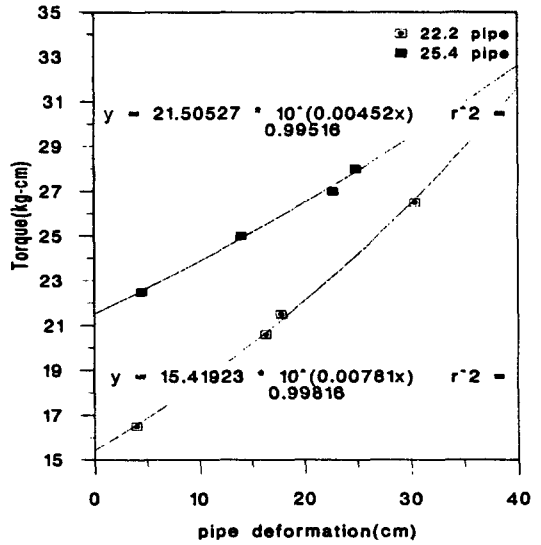


Fig. 7. Effect of the pipe deformation on the torques measured in model test.

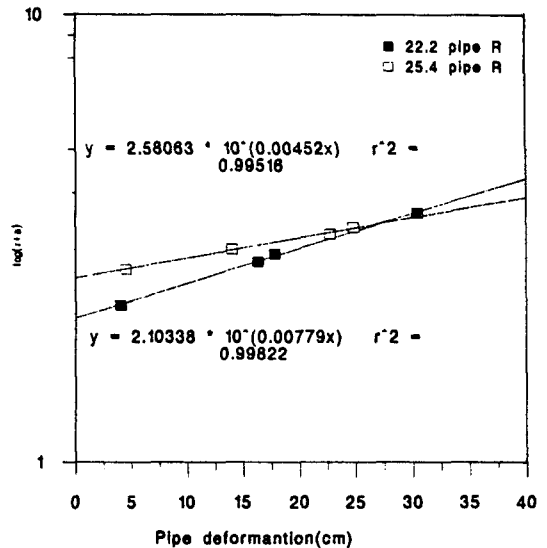


Fig. 8. Effect of the pipe deformation on the sum of r and α .

또한 그림 8은 축파이프의 변형 δ 와 권취반경 r 과 축변형계수 α 의 합인 $(r+\alpha)$ 와의 관계를 보여준다.

그림 8에서 나타난 것처럼 축변형 δ 와 반경 r 과 축변형 보정계수 α 를 더한 $(r+\alpha)$ 사이에는 식 (6), (7)과 같은 관계가 성립된다. 식 (6)은 22.2mm 파이프에서의 결과이며 식 (7)은 25.4mm 파이프에서의 결과이다.

$$(r+\alpha) = 2.10338 \times 10^{(0.007795\delta)} \quad (6)$$

$$(r^2 = 0.99822)$$

$$(r+\alpha) = 2.58063 \times 10^{(0.00452\delta)} \quad (7)$$

$$(r^2 = 0.99516)$$

22.2mm 파이프에서 위의 식 (6)의 δ 와 $(r+\alpha)$ 사이의 상관관계에서 실제 온실에서 δ 를 측정하여 $(r+\alpha)$ 를 구해서 토크를 계산한 값과 실측토크값을 비교하여 본 결과는 표 6과 같다.

표 6에서 보는 것처럼 권취토크의 실측치와 계산치 사이에는 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

Table 6. Comparison between theoretical torques and measured torques with δ .

Length(m)	δ (cm)	Measured	Theoretical	$1/2$
		torque ¹⁾ (kg · cm)	torque ²⁾ (kg · cm)	
48	17.5	110	108.25	1.016
	28.3	128	132.22	0.968

표 7은 천창에서 축변형에 따른 토크값과 그때의 굴림저항 보정계수를 나타내고 있다.

Table 7. Relationship between δ , T_m , $(r+\alpha)$ and Cr at ceiling vents.

Length(m)	δ (cm)	Measured	$(r+\alpha)$	Cr
		torque (kg · cm)	(cm)	
48	5.3	82	2.31	0.77
	10.0	88	2.52	0.78

표 7에서의 굴림저항 보정계수의 값은 실측 토크와 δ 에 의해 구하여진 $(r+\alpha)$ 값으로부터 역산으로 구하였다. 표 7에서 보는 것처럼 축의 변형이 클수록 굴림저항 보정계수가 큰 것으로 나타났으며 22.2mm 파이프에 0.1mm 필름으로 피복을 한 권취축 파이프의 경우 천창에서 굴림저항 보정계수는 0.7~0.8의 범위 안에 있는 것으로 판단되었다.

4. 축파이프의 안전도

축변형 시험에서 축변형 δ 와 권취반경 r 과 축변형 보정계수 α 의 합인 $(r+\alpha)$ 사이의 관계는 δ 가 증가할수록 $(r+\alpha)$ 은 지수함수적으로 증가하고 있음을 밝혔다. 또한 실제 온실에서 δ 를 구하고 δ 로부터 $(r+\alpha)$ 을 구하여 예상소요토크를 구하였을 때 실측토크와의 차이가 4% 미만으로 나타났다. 그러므로 본 연구에서는 권취축 파이프의 직경별, 길이별로 축변형 δ 에 따르는 예상소요토크를 제시하여 적절한 창개폐장치의 설계에 도움을 줄 수 있도록 하였다.

4.1 권취축파이프의 길이별, 축변형 δ 에 따른 예상 권취토크

표 8은 축경별로 축파이프의 변형 δ 에 따른 권취반경과 축변형 보정계수의 합인 $(r+\alpha)$ 의 값을 나타내고 있다.

Table 8. Effect of the pipe deformation on the sum of r and α . (unit:cm)

Diameter(mm)	δ (cm)								r
	0*	10	15	20	25	30	35	40	
22.2	2.10	2.52	2.75	3.01	3.29	3.6	3.94	4.31	1.80
25.4	2.58	2.86	3.02	3.18	3.35	3.53	3.71	3.91	2.01

* $\delta=0$ 은 실제온실에서 축파이프의 시공상태가 가장 완벽할 때이다.

표 8에서 보는 것처럼 같은 축변형 δ 가 커짐에 따라 축경이 작은 파이프에서 권취토크

에 많은 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다. 표 9는 22.2mm 파이프에서 축파이프별로 축변형 δ 에 의한 예상소요토크를 나타내고 있다. 표 9에서의 값은 표 8에서 구한 $(r+\alpha)$ 값과 권취하중을 곱한 값이다.

Table 9. Expected torque with $(r+\alpha)$ in 22.2 mm shaft pipe. (unit : kg · cm)

Length(m)	$(r-\alpha)$ (cm)								
	1.8	2.1	2.52	2.75	3.01	3.29	3.6	3.94	4.31
48	52.3	61.0	73.1	80.0	87.4	95.7	104.6	114.5	125.2
60	65.3	76.4	91.4	99.9	109.3	119.6	130.7	143	156.5
70	76.3	89.2	106.7	116.7	127.6	139.6	152.6	167.1	182.7
80	87.1	101.8	121.8	133.2	145.7	159.4	174.4	190.7	208.6
90	98.0	114.5	137.0	149.9	163.9	179.3	196.0	214.5	234.7
100	108.9	127.3	152.2	166.5	182.1	199.3	217.8	238.4	260.8
110	119.8	140.0	167.5	183.2	200.3	219.2	239.6	262.2	286.8

표 10은 25.4mm 파이프에서 축파이프의 길이별로 축변형 δ 에 의한 예상소요토크를 나타내고 있다. 표 9에서와 마찬가지로 표 8에서 구한 $(r+\alpha)$ 값과 권취하중을 곱한 값이다.

표 9, 10과 같이 권취축의 최대 상하변형폭

Table 10. Expected torque with $(r+\alpha)$ in 25.4 mm shaft pipe. (unit : kg · cm)

length (m)	$(r-\alpha)$ (cm)								
	2.01	2.58	2.86	3.02	3.18	3.35	3.53	3.71	3.91
48	77.2	99.1	109.8	116.0	122.1	128.6	135.6	142.5	150.1
60	96.5	123.8	137.3	145.0	152.6	160.8	169.4	178.1	187.7
70	112.6	144.5	160.2	169.1	178.1	187.6	197.7	207.8	219.0
80	128.6	165.1	183.0	198.3	203.5	214.4	225.9	237.4	250.2
90	144.7	185.8	205.9	217.4	229.0	241.2	254.2	267.1	281.5
100	160.8	206.4	228.8	241.6	254.4	268.0	282.4	296.8	312.8
110	176.9	227.0	251.7	265.8	279.8	294.8	310.6	326.5	344.1

이 40cm일 때 길이가 48m인 표준화 파이프 비닐온실(1-2W)의 경우 권취축을 22.2mm 파이프 시공했을 때 예상권취토크가 125.2kg · cm이고 길이가 110m인 온실에서는 286.8kg · cm정도이며, 25.4mm 파이프의 경우 길이가 48m인 온실에서는 150.1kg · cm, 110m인 온실에서는 344.1kg · cm 정도로 예상되었다. 이 값은 축파이프의 변형에 의해 증가된 예상 권취토크값으로서 실제 온실에서 자주 발생하는 온실외부의 오물이 같이 말려서 권취된다거나 하우스 로프의 엉킴 등이 발생할 때는 이보다 훨씬 더 큰 토크값이 발생되므로 축파이프의 변형에 의한 예상토크보다 1.5배 정도의 안전도를 고려해 주어야 할 것으로 사료된다^{5,7)}.

적 요

본 연구는 권취식 창개폐기의 설계 및 개발에 필요한 자료를 제시하고자 수행되었다. 기존의 단순 이론모델식으로는 정확한 권취토크를 예측할 수 없기 때문에 모형시험과 현장시험을 통하여 새로운 권취식 창개폐장치의 소요토크 모델식을 개발하였다. 본 연구에서의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 권취식 창개폐장치에 있어서 권취토크는 곡부 권취면의 경사각을 따라 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 경사각이 90°인 수직면에서 최대를 나타냈고 수평면에서 최소값을 나타냈다.

2. 온실의 길이에 따른 소요토크는 권취하중의 증가와 축파이프의 변형의 영향으로 지수함수적으로 늘어나는 경향을 나타냈다.

3. 권취식 창개폐장치의 소요토크 계산의 이론식은 $T = W \cdot (r+\alpha) \cdot \sin\theta + W \cdot Cr \cdot \cos\theta$ 로 나타낼 수 있으며, 여기서 축파이프의 권취반경 r 과 축변형보정계수 α 를 더한 $(r+\alpha)$ 는 축파이프의 최대변형값인 δ 에 지수함수적으로 비례하는 경향이 나타났다.

4. 권취반경 r 과 축변형보정계수 α 의 합인 $(r+\alpha)$ 은 22.2mm 파이프에 0.1mm 비닐로 피복

을 했을 때 $(r+a)=2.10338 \times 10^{(0.007798)}$ 로 구할 수 있으며, 25.4mm 파이프에서는 $(r+a)=2.58063 \times 10^{(0.004528)}$ 로 구할 수 있다.

5. 권취식 창개폐장치의 소요토크에서 천창 등 곡부의 개폐시 고려되어야 할 굴림저항 보정계수는 피복재의 상태에 따라 다소 다를 수 있으나 0.7~0.8 정도의 값을 적용시키면 될 것으로 판단되었다.

6. 실제 권취식 창개폐를 사용하는 온실에 서 권취축 파이프의 허용 변형정도를 최대 40 cm 이하로 하는 것이 타당할 것으로 판단되며, 이때의 예상소요토크는 110m 온실인 경우 25.4mm 파이프를 축파이프로 사용한 경우 344 kg·cm이며, 22.2mm 파이프의 경우 287kg·cm 정도이므로 새롭게 개발된 차동링기어 유성치 차감속기도 적당할 것으로 판단된다⁴⁾.

인용문헌

1. 농림수산부. 1995. 농림수산주요통계. pp. 88-95.
2. 민영봉 외 2인. 1993. 비닐하우스 자동환기제어용 권취식 창개폐기 소요동력. 경상대 논문집 32(2) : 155-163.
3. 이기명 외 2인. 1992. 시설원예에 있어서 구조의 표준화 및 환경제어·재배관리 자동화에 관한 연구. 과학기술처 특정개발연구 최종보고서.
4. 이기명 외 3인. 1995. 파이프비닐온실용 권취식 창개폐기의 개발. 한국생물생산시설환경학회지 4(2) : 232-239.
5. 이기명 외 2인. 1995. 원예작물 현대화시설 환경조절장치 및 제어기술 개발. 농촌진흥청 농업특정개발연구 최종보고서.
6. 정현교. 1996. 경북지역의 현대화 원예시설의 관리실태 조사분석. 경북대학교 석사학위 논문.
7. 立花一雄. 1979. 施設園藝ハウスの設計と施工. pp. 91-103.