

인삼 재배 시설의 기상재해 사례 및 구조 안전성 검토

Case Studies of Meteorological Disasters and Structural Safety Test of Ginseng Houses

남 상 운 (충남대)
Nam, Sang Woon

Abstract

According to the results of structural safety analysis, allowable safe snow depth for type B(wood frame with single span) was 25.9cm, and those for type A(wood frame with multi span) and type C and D (steel frame with multi span) were 17.6cm, 25.8cm, and 20.0cm respectively. An experiential example study on meteorological disasters indicated that a strong wind damage was experienced once every 20 years, and a heavy snow damage once every 9.5 years. The most serious disaster was a heavy snow and it was found that a half break or complete collapse of structures were experienced by about 70% of farmhouses.

I. 서 론

인삼의 약리효능 및 재배에 관한 연구는 상당히 많이 수행되어 왔으나, 인삼재배시설 및 해가림 자재에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 해가림 자재는 1970년대까지 이엉이 주종을 이루었으나 1980년대 후반부터 차광망이 주종을 이루어 현재까지 계속되고 있다. 인삼재배시설 구조는 1970년대까지 아카시아 기둥이 주종을 이루다가 1980년대부터 수입 목재로 대체되어 현재에 이르고 있으며, 재배시설은 지붕식과 터널식 등이 일부 개발되어 보급을 시도한바 있으나 시설의 구조적 연구가 공학적 이론의 바탕 없이 추진되었기 때문에 실패한 것으로 보고하고 있다(박훈, 1996). 1999년에 태풍으로 489ha의 인삼재배시설이 파손되었으며, 2001에는 폭설로 4,097ha의 인삼재배시설이 붕괴되는 엄청난 피해를 경험하였다(농림부, 2001). 안정적인 생산기반의 조성을 위해서는 인삼재배시설의 구조와 환경에 관한 공학적 연구가 절실히 요청되며, 그 중에서도 먼저 구조적 안전성 문제를 해결해야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 주요 인삼재배 해가림시설의 구조 안전성을 검토하고, 자연재해에 의한 피해사례를 분석하여 기상재해 대책을 수립하는 것을 목적으로 하였다.

II. 재료 및 방법

○ 인삼재배시설의 구조안전성 검토

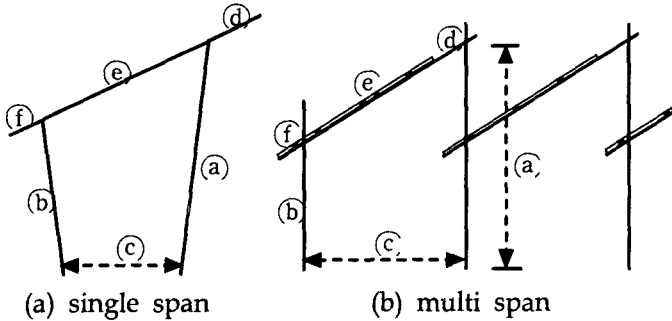
농촌진흥청의 표준형 목재구조 2종류(A형, B형)와 철재개광시설 2종류(C형, D형)를 대표적인 형태의 구조로 선정하여 모델링하였고, 구조해석 결과로부터 검토하였다. 목재구조는 농촌진흥청의 표준규격을 이용하였고, 철재구조는 현장 실측자료를 이용하였으며 규격은 Table 1 및 Fig. 1과 같고, 구조 모델별 각 부재의 단면 특성은 Table 2와 같다.

Table 1. Dimensions of structural models(cm)

Type	Material	Span	Length of each part					
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
A	Wood	Multi	180	100	180	45	155	25
B	Wood	Single	126	80	80	25	120	15
C	Steel	Multi	170	100	180	30	165	22
D	Steel	Multi	210	135	180	42	178	0

Table 2. Section properties of structural members

Type	Member	Size (mm)	Section area (cm ²)	Section modulus (cm ³)	Radius of gyration (cm)
A, B	Column	□30×36	10.8	6.48	1.039
	Rafter	□30×36	10.8	6.48	1.039
	Purlin	□30×36	10.8	6.48	1.039
	Subpurlin	□30×24	7.20	3.60	0.866
C, D	All	φ 22.2 1.2t	0.792	0.394	0.743



○ 구조해석 및 안전성 검토
구조해석 프로그램(SAP2000)을 이용하여 모델별로 구조해석을 실시하고, 재료의 허용응력으로부터 안전하중을 구하였다. 차광망이 덮여있어 눈이 미끄러져 내려오지 않으므로 적설하중의 감소계수는 고려하지 않았고, 단위적설중량은 1.0 kgf/m²/cm를 적용하였다.

Fig. 1 Symbols for dimensions of structural models

서까래와 도리는 휨부재로서 부재의 휨응력이 허용휨응력 이하가 되도록 하였고, 허용전단응력에 대하여도 검토하였다. 기둥은 휨과 압축을 동시에 받는 부재로서 휨과 압축에 대한 실제응력과 허용응력의 관계 식을 만족하도록 설계되어야 한다. 코드사 방식의 경우에는 케이블의 장력을 구하여 허용인장응력에 대하여 검토하였다. 목재의 허용응력은 건축물 구조내력에 관한 기준을 적용하였다. 철재의 경우는 플라스틱 은실용 아연도 강관을 사용하고 있으며, 강재의 허용응력은 강관구조 설계기준을 적용하였다.

○ 인삼재배시설의 기상재해 사례조사: 경기 양주, 안성, 이천, 충남 금산, 전북 진안, 경북 풍기 등 6개 지역을 대상지역으로 각 지역별 7개 농가씩 총 42개 농가를 방문하여 면적을 통한 설문조사를 수행하였다. 태풍, 폭설 및 집중호우 등에 의한 시설의 기상재해 사례와 인삼재배시설의 구조개선 희망사항 등을 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

○ 인삼재배 해가림시설의 모델별 안전적설심 : 대표적인 형태에 대한 구조해석 모델링 결과는 Fig. 2와 같다. 후주 연결식 연동 구조의 폭 방향은 3연동으로 설정하여 모델을 구축하였다. 하중은 단위적설중량을 등분포하중으로 작용시켜 구조해석을 실시하였다. 구조해석 결과의 최대 단면력과 각 부재의 단면 특성치로부터 최대 응력을 구하고, 각 재료의 허용 응력을 기준으로 안전적설심을 구한 결과는 Table 3과 같다. 부재마다 최대 응력이 다르기 때문에 안전적설심 또한 다르게 나오는데, 가장 불안정한 부재의 안전적설심이 구조물 전체의 안전적설심이 되므로 그 편차가 크지 않게 설계하는 것이 바람직할 것이다. 전후주연결식 목재시설의 경우 기둥의 안전적설심은 39.2cm나 되지만 도리는 25.9cm로 도

Table 3. Safe snow depth for the representative models

Item	Type	Overall safe snow depth	Safe snow depth for each member(cm)				
			Column	Rafter	Purlin	Subpurlin	Deviation
Wood frame	A	17.6	18.0	17.6	23.0	20.2	5.4
	B	25.9	39.2	33.1	25.9	33.7	13.3
Steel frame	C	25.8	27.3	25.8	-	-	1.5
	D	20.0	28.0	20.0	-	-	8.0

리가 파손되면 연쇄적으로 구조물이 붕괴되므로 구조물의 안전적설심은 25.9cm이다. 한편 후주연결식 목재시설의 안전적설심은 17.6cm로 나타났다. 후주연결식의 경우, 전후주연결식에 비하여



Fig. 2 Structural model type A, Type B Type C Type D

기둥 간격이 넓어지면서 서까래의 지간이 길어지므로 기둥과 서까래의 응력이 증대된다. 같은 단면의 부재를 사용할 경우, 안전적설심은 현저히 감소하여 전후주연결식의 25.9cm에 비하여 17.6cm로 줄어드는 것으로 나타났다. 따라서 후주연결식의 목재시설은 단면의 증대가 필요할 것으로 판단되었다.

철재 개량시설은 최근에 개발되어 보급되기 시작한 것으로서 C형의 경우에는 안전적설심이 25.8cm로 나타났다. 영동지방과 같은 다설지역을 제외하고는 중부지방 대부분 지역에서 재현기간 15년의 설계적설심은 22~25cm정도이므로, 철재 개량시설 C형은 대체로 안전한 것으로 판단되었다. 그러나 D형의 경우에는 안전적설심이 20cm로 나타났다. 이 모델은 파이프 골조의 기둥과 서까래 연결부분을 없애고 휨가공을 통하여 1개의 부재로 제작하여 구조물의 조립 시공을 간편하게 만든 것으로서, 서까래 부분의 길이가 C형에 비하여 길어졌기 때문에 판단된다. 또한 휨가공 부위의 곡률이 매우 작기 때문에 응력집중 현상이나 부식현상이 발생되기 쉬울 것으로 생각되므로 철재 개량시설 D형은 지역의 설계적설심을 고려하여 선택하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

코드사 방식의 경우 케이블의 처짐을 5~10cm로 제한하고 단위 적설심에 대하여 장력을 구해본 결과 7.5~14.7kgf로 나타났다. 표준형에서 케이블은 6만 데니아의 코드사 또는 #14(직경 2.032mm)의 철선을 2줄 또는 4줄 설치하도록 되어 있다. 철선(#14) 4줄을 설치할 경우, 처짐에 따라 안전적설심은 15.9~31.1cm로 해석되었다. 처짐을 작게 유지하면 매우 큰 장력이 걸리고, 처짐이 너무 크면 적설시 편심하중이 발생하기 쉬우므로, 적설심 25cm 정도에서 안전을 확보하기 위해서는 처짐을 8~10cm 정도로 제한해야할 것으로 판단되었다. 코드사 또는 철선 2줄을 사용하는 경우에는 안전적설심이 10.6~20.7cm로 나타나 안전을 확보하기가 곤란할 것으로 판단되었다.

○ 인삼재배시설의 재해사례 : Table 4는 인삼재배농가의 기상재해 경험 빈도를 나타낸 것이다. 빈도는 재배경력 기간동안 재해경험 횟수를 조사하여 평균값으로 구한 것이다. 폭설피해를 가장 많이 겪어서 평균 9.5년에 1회의 피해를 경험하였으며, 다음은 태풍과 홍수 피해로 20년에 1회, 고온피해는 70년에 1회의 빈도로 재해를 경험한 것으로 나타났다.

기상재해의 종류에 따른 피해정도는 Table 5와 같이 조사되었다. 폭설피해는 재해빈도도 가장 높았지만 피해내용도 가장 심각하여 구조물이 완전히 붕괴된 경우가 41.4%나 되었고, 반파 이상의 피해를 입은 경우가 69%로 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 태풍에 의한 피해는 차광막 파손이 대부분 이었고 심각한 구조적 손상은 많지 않은 것으로 조사되었다. 그러나 회오리바람이나 돌풍에 의한 피해는 어느정도 예상되므로 지반에 매설된 부위나 연결부위, 케이블과 차광막의 고정 부분에는 세심한 주의가 필요할 것으로 판단되었다. 홍수피해는 침수후 작물피해와 병충해 발생이 문제가 되며, 시설피해는 거의 없었다. 홍수피해를 예방하기 위해서는 시설의 입지 선정에 주의하고 배수시설을 잘 갖추도록 해야할 것이다. 인삼은 주변온도가 30℃ 이상으로 4일정도 지속되면 고온장해가 나타나는데, 이로 인한 시설피해는 없지만 시설의 계획 및 설치시 충분히 고려하여 고온기에 통풍이 잘 되도록 대책을 강구해야할 것으로 생각한다.

폭설 피해시에는 복구비가 설치비보다 많이 소요되고, 휴면중인 인삼이 설해를 입으면 이듬해에 병충해가 많이 발생되므로 폭설에 대한 재해대책이 가장 중요한 구조개선 사항으로 생각된다. 전후주연결식이 구조적으로는 더 안전한 것으로 나타났지만 후주연결식 해가림이 인삼의 생육환경이나 작업성 측면에서 우수한 것으로 알려져 있으므로, 후주연결식 해가림구조에 대한 개선대책을 중점적으로 고찰해 보았다. 부재단면과 길이, 설치간격 등의 규격을 준수하고 강도가 큰 목재를 사용하도록 하며, 설계적설심이 20cm 이상인 지역에서는 단면을 증대시키거나 철재를 사용하도록 해야할 것으로 판단되었다. 가능한한 도리와 보조서까래를 갖춘 프레임식을 택하고, 케이블식으로 설치할 경우에는 적설시 불균일한 처짐이 생기지 않도록 4선식으로 하고 일정 간격으로 버팀틀을 설치하여 연쇄적인 붕괴를 막도록 해야한다.

Table 4. Experiences of disaster

Disaster	Experience frequency
Strong wind	once every 20 years
Heavy snow	once every 9.5 years
Flood	once every 20 years
High temperature	once every 70 years

Table 5 Degree of damage

Heavy snow damage		Strong wind damage	
A little break	31.0%	Shade screen only	46.2%
A half break	27.6%	Partial break	23.1%
Complete collapse	41.4%	Whole break by whirlwind	30.7%

IV. 요약 및 결론

본 연구는 인삼재배시설의 구조실태를 조사하여 안전성을 검토하고, 자연재해에 의한 피해사례를 분석하여 기상재해 대책을 수립하는 것을 목적으로 수행하였다. 대표적인 형태의 모델에 대한 구조해석과 안전성 검토 결과 목재시설의 안전적설심은 후주연결식(A형) 17.6cm, 전후주연결식(B형)은 25.9cm, 철재 개량시설 C형은 25.8cm, D형은 20.0cm로 각각 나타났다. 시설에 따라서는 지역의 설계적설심을 고려하여 선택하거나 보강설계가 필요한 것으로 판단되었다. 인삼재배 농가의 기상재해 경험 사례는 폭설피해가 9.5년에 1회로 가장 높았고, 태풍과 홍수피해 20년, 고온피해는 70년에 1회의 빈도로 재해를 경험한 것으로 조사되었다. 피해내용도 폭설피해가 가장 심각하여 구조물이 완전히 붕괴되거나 반파 이상의 피해를 입은 경우가 70% 정도로 나타났다.