

온실구조기준 및 온실공사 품셈을 활용한 스마트 온실 단가 현실화 연구

Realization of Smart Greenhouse Cost Using Greenhouse Structural Code and Greenhouse Construction Estimate

이 철 성*
Lee, Chul-sung

김 혁*
Kim, Hyuk

신 승 욱*
Shin, Seung-wook

박 미 란**
Park, Mi-lan

Abstract

This study analyzed the effects of building and greenhouse structural code on the structural design and the greenhouse construction cost. The over-design possibility of greenhouse was analyzed when building structural code was applied using standard smart greenhouse drawings. The possibility of decrease in greenhouse construction cost was investigated if the currently applied building structural code was replaced with greenhouse structural code. As a result of comparing the member sizes with the standard drawings, building structural code was designed with 13%~74% more steel than greenhouse structural code.

When building construction estimate was replaced with greenhouse construction estimate, it was possible to reduce the total construction cost of the glass greenhouse by 17% and that of the vinyl greenhouse by 14%. Since there is no standard construction estimate suitable for greenhouses, the wage unit price is set excessively, and the construction cost of the smart greenhouse is increasing. In conclusion, it is necessary to establish greenhouse structural code and greenhouse construction estimate to lower the greenhouse construction cost.

주요어 : 스마트 온실, 온실구조기준, 온실공사 품셈, 온실구축단가

Keywords : Smart greenhouse, Greenhouse structural code, Greenhouse construction estimate, Greenhouse construction cost

1. 서론

과거 한국의 농업은 녹색혁명을 통한 생산성 향상으로 자급 자족에 성공하는 등 눈부신 경제성장의 초석이 되었다. 하지만 농산물시장의 국제개방에 따른 식량자급률의 하락, 생산비 증가로 인한 농업소득의 정체, 농가인구의 지속적인 감소와 고령 인구비율의 증가 등에 의해 경쟁력이 지속적으로 약화되고 있다.¹⁾ 특히 농업경영비의 증가로 농업용 부채가 증가하고 있으며, 향후 농업소득이 지속적으로 감소할 것으로 예상된다.

농업소득은 순수하게 농사만 지어서 얻는 수익으로 지난 15년간 농업소득은 매년 평균 1.4%에 그쳤던 반면 농업경영비는 연평균 3.8% 증가하여 농업소득증가율이 크게 감소한 것으로 나타났다. 통계청 조사결과에 따르면 '13년 대비 '20년 농업소득은 12%에 그쳤으나 농업경영비는 86%나 증가했다.²⁾ 또한 지난 15년간 일반 소비자 물가상승률은 2.1% 씩 증가했으나 농업소득 증가율은 물가상승률 대비 매년 평균 1% 이상 낮게 나타나 농업생산력 저하와 신규 농업인력유입을 가로막는 원인이 되고 있다.³⁾

이러한 농업의 위기를 극복하는 방안으로 정부는 스마트팜 확산방안을 발표하였으며, 청년생태계 조성, 산업인프라 구축, 스마트팜 혁신밸리를 주요 정책과제로 제시했다.⁴⁾ 이러한 조치는 농업 생산성이 높은 스마트팜의 확산을 통해 우리나라 농업·농촌의 지속가능한 발전에 기여하고 농식품의 수출경쟁력 강화에 큰 역할을 담당할 수 있다. 여기에 다양한 정부지원금으로 농업의 성장동력을 확보하고 고부가 가치산업으로 발전하기 위해 기업의 참여가 확대될 것으로 예측된다.

스마트팜은 ICT 기술을 온실에 접목해 원격 및 자동으로 작물의 생육환경을 적절히 제어할 수 있는 농장으로⁵⁾, 일반 시설 농업과 달리 센서, 정보통신, 제어 등을 갖추고 있다⁶⁾. 따라서 최첨단 스마트팜은 온도조절, 관수, 시비등의 자동화 시설이 도입되어 단위면적당 구축단가가 높다.

이러한 스마트팜 확산을 위한 정부의 다각적인 노력에도 관련 정책 및 제도가 부족한 상황이다. 특히 스마트 온실은 설계 및 시공 시 온실공사 기준이 마련되어 있지 않아 건축공사 기준을 적용하고 있다. 대표적으로 온실 구조설계시 건축구조기준(KDS 41)을 적용하고 있으며, 건설공사표준품셈을 사용하여 온실구축 단가를 산정하고 있다. 즉 온실에 적합하지 않은 건축공사 기준

* 한국농어촌공사 농어촌연구원, 선임연구원

** 한국농어촌공사 강원지역본부 그린에너지부, 부장

(Corresponding author : Korea Rural Community Corporation, mipark@ekr.or.kr)

본 논문은 한국농어촌공사 농어촌연구원 기본연구로 수행되었음.

1) 남재작, 스마트팜의 미래 : 가능성과 한계, 2018. p.4.

2) 통계청, 농림어업총조사, 2022.04.01. [https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex. do?vwcd=MT_ZTITLE&menuId=M_01_01](https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?vwcd=MT_ZTITLE&menuId=M_01_01)

3) 유찬희 외 3명, 농업구조 변화 전망과 대응과제, 한국농촌경제연구원, 2020, p.26.

4) 관계부처합동(농식품부, 산업부, 농진청), 스마트팜 확산 방안, 2018, pp.1-22.

5) 삼정KPMG 경제연구원, 스마트팜이 이끌 미래 농업, 2016, p.6.

6) 이현정, 4차 산업혁명과 농업의 미래: 스마트팜과 공유경제, 2017, p.5.

을 사용함으로써 부재가 과대 설계되고 온실단가가 현실에 맞지 않게 산정되는 결과로 이어진다. 현재 정부지원단가는 개별농가 대상사업을 기준하여 1구획 온실의 기본품목을 구성할 수 있는 사업비이지만, 실제 사업 추진 시 농가의 별도 자부담으로 최신 ICT 기술이 적용된 부대시설을 추가설치하고 있다.

따라서 본 연구는 건축구조 기준과 건설공사표준품셈이 온실부재 설계 및 온실단가에 미치는 영향을 분석하였다. 스마트 온실 표준도 작성을 통해 건축구조기준 적용시 부재의 과다설계 가능성을 분석하고 현재 적용하고 있는 건설공사표준품셈을 온실공사 품셈으로 대체할 경우 단가 절감 효과를 정량적으로 도출하였다.

2. 스마트 온실 표준도 작성

2.1 표준도 개요

본 연구는 1ha 규모의 국산자재를 사용한 일반적인 경량철골 유리온실(이하 유리온실) 및 경량철골비닐온실(이하 비닐온실)을 설계하였다. 본 설계는 전남지역의 측고 6m 파프리카 온실을 대상으로 재배동, 관리동을 포함한 1ha의 온실을 벼로형 유리온실과 연동형 비닐온실로 나누어 작성하였다 <Table 1>.

Table 1. Specifications for glass and vinyl greenhouse

사양	유리온실	비닐온실
온실유형	벼로형	연동형
재배작물	파프리카	
면적	1ha(재배동 및 관리동 포함)	
구조검토	· 최신 건축구조기준(KDS 41)을 적용한 설계	
지역	전라남도(풍하중 및 적설하중)	
측고	6 m	
도면	평·입·단면도 및 상세도	
	설비·전기·통신시스템 (냉·난방시스템 제외)	
	표준시방서 및 공사비 내역서	

구조설계는 온실 관련 별도의 구조계산설계법이 제정되어 있지 않아 건축구조 기준에 따라 이루어졌으며, 설계방법으로 철근콘크리트구조는 극한강도설계법(KCI-USD12), 강구조는 한계상태설계법(KSSCI-LSD16)을 적용하였다<Table 2>.

Table 2. Structural design method and application standards

설계 방법	철근콘크리트구조 : 극한강도설계법(KCI-USD12) 강구조 : 한계상태설계법(KSSCI-LSD16)
적용 법령	건축법 / 건축법시행령
적용 규칙	건축법시행규칙 / 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙
적용 기준	- 건축구조기준(KDS 41 00 00, 국토부 2019)
참고 기준	- 건축물 하중기준 및 해석, 대한건축학회(2000)

사용재료의 종류별 규격 및 설계기준강도는 국내 표준규격인 KS D를 적용하였다<Table 3>.

Table 3. Types of materials used and strength of design standards

사용 재료	규격	설계기준 강도	해당부재
콘크리트	KS D 3500 (재령28일)	fck=21MPa	기초 등 모든부재
철근	KS D 3504	fy=400MPa	기초 등 모든부재
강구조	KS D 3503	Fy=275MPa	서까래, 거터 제외한 구조부재
아연도 강판	KSD 3760	Fy=275MPa	서까래, 거터등 부속부재

비닐 및 유리온실의 부위별 설계하중은 다음과 같다 <Table 4> <Table 5> <Table 6> <Table 7>.

Table 4. Vertical load of greenhouse roof (vinyl)

구분	규격	하중	
고정하중	P.O 필름	THK=0.15mm	0.0021kN/m ²
	지붕 중도리	Ø31.8*1.5t	해석시 자동계산
합 계	0.0021kN/m ² +골조자중		

Table 5. Vertical load of greenhouse roof (glass)

구분	규격	하중	
고정하중	맑은유리	THK=4.0mm	0.10kN/m ²
	지붕 중도리	알루미늄 중도리	해석시 자동고려
합 계	0.10kN/m ² +골조자중		

Table 6. Vertical load of greenhouse wall

구분	규격	하중	
고정하중	P.O필름	THK=0.15mm	0.0021kN/m ²
	PMMA	THK=16mm	0.24kN/m ²
	수직 중도리	-	0.20kN/m ²
합 계	0.4421kN/m ²		

Table 7. Equipment load and crop load

구분	하중
난방, 차광, 냉방, 조명, 환기팬 설비하중	최소 0.07kN/m ²
행잉거터	최소 0.30kN/m ²
작물하중(토마토, 오이 등)	최소 0.15kN/m ²

온실은 사람이 상시 거주공간이 아니며, 자중이 경량인 1개 층 건축물인 것을 감안하면 지진하중에 대한 영향이 매우 적은 것으로 판단되어 본 검토하중에서 지진하중은 제외하였다. 또

한, 지진발생시 충분한 변형능력이 있는 가구식 경량 강구조임을 고려하였다.

전남지역의 적설하중을 적용하여 지붕적설하중 0.29kN/m²가 적용되었음. 중요도계수는 건축물의 중요도에 따라 적설하중 및 설계풍속의 크기를 증감하는 계수로 온실임을 감안해 가장 낮은 3단계인 0.8을 적용하였다<Table 8>.

Table 8. Snow load and applied factors

구분	적용계수
지붕적설하중(Sf,Ss)	0.29kN/m ²
기본지상적설하중(Sg)	0.5kN/m ²
기본지붕적설하중계수(Cb)	0.7
노출계수(Ce)	1.0
온도계수(Ct)	1.2
중요도계수(Is)	0.8(중요도3)
경사도계수(Cs)	0.85

전남지역의 풍하중을 적용하여 기본풍속 30m/s를 적용하였으며, 설계풍속의 중요도계수는 가장 낮은 3단계인 0.9를 적용하였다<Table 9>.

Table 9. Wind load and applied factors

구분	적용계수
기본풍속(V0)	30m/s
지표면조도	C
중요도계수(IW)	0.90(중요도3)
지형계수(Kzt)	1.0

부재해석 및 부재설계에 3차원 골조해석 프로그램인 MIDAS-GEN, 기초 등 바닥판해석에 MIDAS-SDS, 부재별 설계 및 풍하중 산정에 MIDAS-DESIGN+ / BeST를 사용하였다 <Fig. 1>.

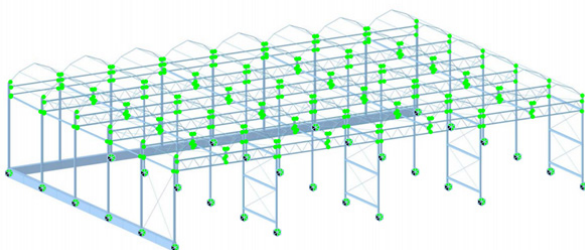


Fig. 1. Structural analysis using software tool (MIDAS-GEN)

구조해석결과를 중심으로 <Fig. 2>와 같이 밴로형 유리온실과 연동형 비닐온실의 설계도를 작성하였다.

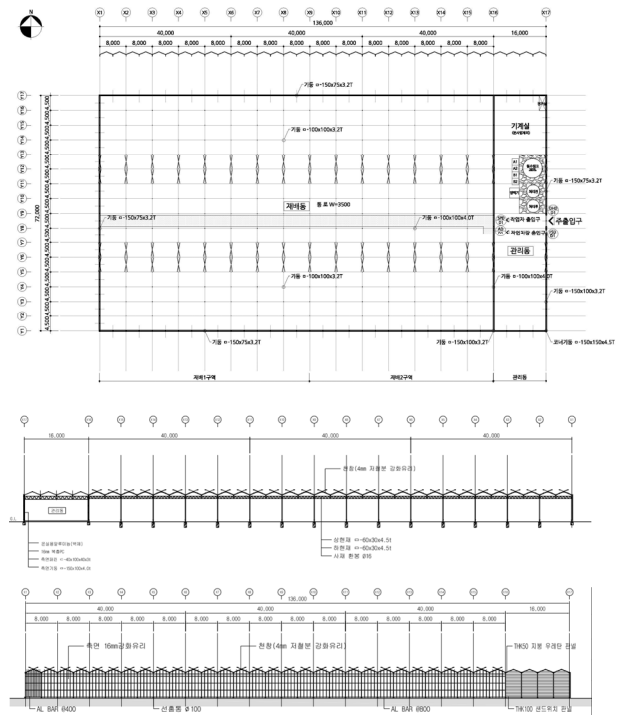


Fig. 2. Glass greenhouse floor plan and elevation

2.2 단위면적당 구축단가 검토

‘21년을 기준으로 작성된 표준도면의 내역서를 중심으로 유리온실과 비닐온실의 단위면적당 총공사비 및 비목별 공사비를 아래와 같이 산정·비교하였다.

유리온실 구축단가를 산정한 결과 총공사비는 단위면적 1ha당 4,196백만원으로 나타났다. 비목별 공사비 분석결과 유리온실 구축에 소요되는 비용은 재료비 49%(2,047백만원/ha), 노무비 20%(843백만원/ha), 경비 12%(492백만원/ha) 순으로 나타났다<Fig. 3>.

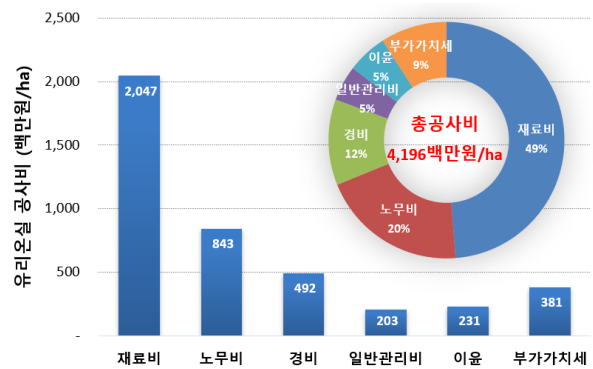


Fig. 3. Construction cost of glass greenhouse

비닐온실의 총공사비는 단위면적 1ha당 3,509백만원으로 나타났으며, 공사비목의 비율은 재료비 50%(1,755백만원/ha), 노무비 20%(702백만원/ha), 경비 11%(377백만원/ha) 순으로 나타났다<Fig. 4>.

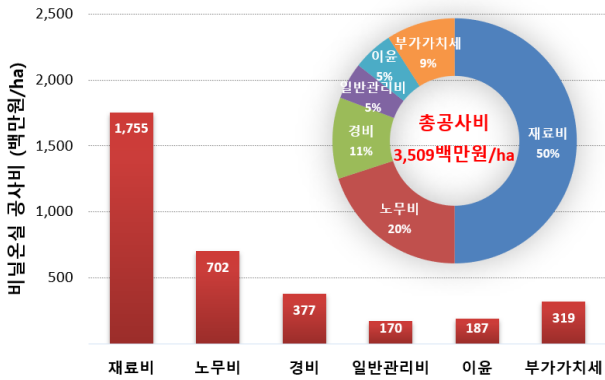


Fig. 4. Construction cost of vinyl greenhouse

유리온실과 비닐온실의 공사비를 비교하면 유리온실의 총공사비가 비닐온실보다 20%(687백만원/ha) 더 높게 나타났으며, 그 원인은 유리온실의 건축비가 29%(484백만원/ha) 높기 때문이다. 내부시설(양액 및 환경제어, 전기공사) 구축비용은 동일하므로 두 온실의 총공사비 차이는 외피의 재료인 유리 와 비닐에 따라 달라진다고 볼 수 있다<Fig. 5>.

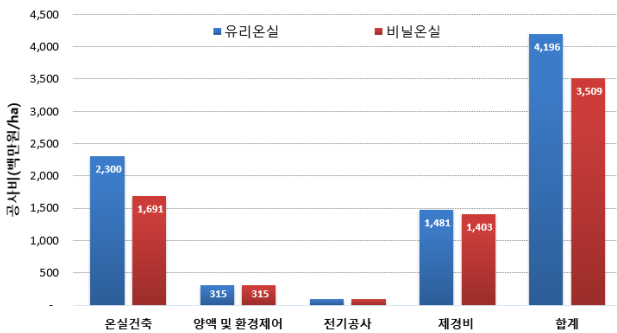


Fig. 5. Construction cost of glass and vinyl greenhouse

현재 정부의 첨단온실신축지원사업 기준단가는 유리온실 3,000백만원/ha, 비닐온실 1,500백만원/ha로 책정되어 있다. 정부지원단가와 실제단가를 비교하면 유리온실이 1.4배, 비닐온실은 2.3배 높게 나타났다. 즉 농민들이 정부지원사업 외 내부재배시설까지 완전한 스마트 온실을 구축하기 위해서 별도의 자부담이 필요하다.

이처럼 정부지원단가와 스마트 온실구축비의 차이가 큰 이유는 정부지원단가에 매년 오르는 물가상승률이 반영되지 않기 때문이기도 하지만 온실에 적합하지 않은 건축기준을 사용하기 때문이다. 따라서 이어지는 3절에서는 스마트 온실에 건축구조기준을 적용함으로써 발생하는 부재의 과다설계 가능성을 분석하고 4절에서는 건설공사표준품을 온실표준품으로 대체했을 경우 단가절감 효과를 분석할 것이다.

3. 온실 구조기준 비교 및 분석

스마트 온실 설계 시 최소한의 안전을 보장하기 위해 구조검

토를 받고 있으나 온실과 관련된 별도의 구조계산설계법이 제정되어 있지 않아 건축구조 기준을 사용하고 있다. 하지만 건축물과 특성이 다른 온실에 건축구조 기준을 적용함으로써 온실의 부재가 과다하게 설계되어 온실단가가 상승하는 원인이 되고 있다.

비닐온실의 구조기준은 '95년 원예시설의 구조안전기준⁷⁾이 처음 제정되었고, '99년 온실구조기준 및 해설⁸⁾에서 농업용 강구조 고정식 온실의 구조설계기준이 제시되었으며, '07년에 내재해기준⁹⁾이 지정고시 되었다. 반면 유리온실은 별도로 구조기준이 마련되어 있지 않아 건축구조기준을 사용해 왔다.

비닐온실의 구조기준에 대한 연구로 풍압계수분포에 관한 연구¹⁰⁾, 아치형 구조의 안전성 연구¹¹⁾, 풍하중을 고려한 제주형 작물재배용 비닐하우스모델의 구조해석¹²⁾, 재하시험과 유한요소해석에 의한 비닐온실 거동특성 분석¹³⁾, 제주지역 비닐하우스의 내재해성 평가¹⁴⁾가 수행되었으며, 유리온실에 대해서는 경량 H형강을 이용한 구조시스템 개발¹⁵⁾, 장경간 유리온실 구조시스템 개발¹⁶⁾연구가 수행되었다.

그러나 기존온실의 설계기준 및 연구결과가 다양한 온실의 형태와 거동특성을 반영하지 못함에 따라 '15년 농촌진흥청에서 비닐온실과 유리온실의 구조기준을 제정한 「온실 구조설계기준(안)」(이하 온실구조기준)¹⁷⁾을 제정하였으나 정식으로 고시되지 않아 현재 사용되지 않고 있다. 본 절에서는 건축구조기준으로 설계된 표준도를 온실구조기준으로 적용했을 경우 과다설계 가능성을 분석하였다.

3.1 적설하중

적설하중은 쌓인 눈의 무게로 생기는 외력으로 건물의 특성상 지붕이 넓은 스마트 온실의 부재크기를 결정하는데 큰 영향을 미친다. 건축구조 기준에 의한 적설하중(S)의 산정 방법은 다음 식(1)과 같다.

$$S = S_g * C_b * C_e * C_i * I_s * C_s \quad (1)$$

S_g 는 기본 지상 적설하중(kN/m²), C_b 는 기본지붕적설하중계수, C_e 는 노출계수, C_i 는 온도계수, I_s 는 중요도계수, C_s 는 경사도계수를 의미한다.

- 7) 농어촌진흥공사, 원예시설의 구조안전기준(안), 1995.
- 8) 농어촌진흥공사, 온실구조설계기준 및 해설, 1999.
- 9) 농림부, 원예특작시설 내재해 기준 지정고시, 2007.
- 10) 백선영 외 3인, 비닐하우스 풍압계수 분포에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 25(8), 2009, pp.87-94.
- 11) 정환복, 윤석호, 아치형 비닐하우스 구조의 안전성 연구, 한국공간구조학회, 14(4), 2014, pp.81-89.
- 12) 권기린 외, 풍하중을 고려한 제주형 작물재배용 비닐하우스모델의 구조해석, 한국생물환경조절학회, 98(8), 1998, pp.181-190.
- 13) 류희룡 외, 재하시험과 유한요소해석에 의한 플라스틱 필름 온실의 거동특성 분석, 한국생물환경조절학회, 21(4), 2012, pp.459-465.
- 14) 고동우, 2017년도 온실설계기준(안)에 따른 제주지역 비닐하우스의 내재해성 평가, 22(1), 2020, pp.13-20.
- 15) 오명호, 김용석, 경량 H형강을 이용한 유리온실의 구조시스템 개발, 대한건축학회연합논문집, 11(2), 2009, pp.211-218.
- 16) 오명호, 김용석, 선설계기법을 이용한 장경간 유리온실 구조시스템 개발, 한국방재학회논문집, 10(1), 2010, pp.1-7.
- 17) 농촌진흥청 국립농업과학원, 온실구조설계기준(안), 2015, pp.1-184.

반면 온실구조기준에 의한 적설하중 산정방법은 다음 식(2)와 같다.

$$S = \rho * Z_s * C_e * C_s \quad (2)$$

여기서, ρ 는 눈의 평균단위중량(N/m³), Z_s 는 설계적설심(cm)으로 전남나주 지역은 다음 식(3)을 통해 계산된다.

$$Z_s = 6.7699 \ln(T) + 9.6506 \quad (3)$$

두 구조기준을 비교한 결과 적설하중에 대한 재현기간은 건축구조 기준이 비닐/유리온실 모두 100년이었으나 온실구조 기준은 비닐온실 45년, 유리온실 60년을 고려하고 있다.

전남지역을 중심으로 표준도의 적설하중 계산에 사용된 계수를 산정한 결과는 <Table 10>와 같다. 산정된 적설하중은 건축구조기준이 유리/비닐온실 모두 0.29kN/m²로 나타났으며, 온실구조기준은 비닐온실 0.301kN/m², 유리온실 0.317kN/m²로 나타났다. 두 기준을 비교하면 온실구조기준의 적설하중이 건축구조 기준보다 약 3.8%(비닐온실)~9.3%(유리온실) 더 높았다.

Table 10. Calculation of snow load by structural standard

		건축구조기준	온실구조기준
설계계수	Sg	0.5	-
	Cb	0.7	-
	Ce	1.0	1.0
	Ct	1.2	-
	Is	0.8	-
	Cs	0.85	0.85
	ρ	-	1.0
Zs			35.42(비닐) 37.36(유리)
재현기간 (년)	비닐	100	45
	유리	100	60
적설하중 (kN/m ²)	비닐	0.290	0.301
	유리		0.317

3.2 풍하중

풍하중은 바람으로 인하여 구조물의 외면에 작용하는 하중이다. 건축구조 기준에 의한 풍하중(W) 산정방법은 다음 식(4)와 같다.

$$W = 0.22 * V_o^2 * H^{0.44} * C_e * C_f * A \quad (4)$$

V_o 는 기본풍속(m/s), H는 건축물의 기준높이(m), C_e 는 노출계수, C_f 는 풍력계수, A는 유효수압면적(m²)을 나타낸다.

반면, 온실 구조설계기준(안)에 의한 풍하중 산정방법은 다음 식(5)와 같다.

$$W = P * A \quad (5)$$

A는 유효수압면적(m²)이고, P는 설계풍압(N/m²)으로 다음 식(6)으로 계산된다.

$$P = q_h * G_f * C_{pe} * C_{pi} \quad (6)$$

여기서, q_h 는 온실 평균높이 h에 대한 설계속도압(N/m²), G_f 는 가스트 영향계수, C_{pe} 는 외압계수, C_{pi} 는 내압계수이다. 설계속도압(q_h)은 다음 식(7)로 계산된다.

$$q_h = 0.5 * \rho * V_h^2 \quad (7)$$

ρ 는 공기밀도(kg/m³) V_h 는 설계지역의 지표면으로부터 온실의 평균높이 h(처마높이+1/2지붕높이)에 대한 설계풍속(m/s)이다. 설계풍속(V_h)은 다음 식(8)로 계산된다.

$$V_h = V_o * (h/h_o)^{0.25} * K_{zt} \quad (8)$$

V_o 는 지표면 높이 $h_o = 10m$ 에서의 기준풍속 (m/s), h는 온실의 평균높이(=처마높이+1/2지붕높이) (m), h_o 는 풍속측정 기준높이(=10m), K_{zt} 는 지형계수이다.

풍하중에 대한 재현기간 또한 건축구조 기준이 비닐/유리온실 모두 100년이었으며, 온실구조기준은 비닐온실 45년, 유리온실 60년을 고려하고 있다. 구조물의 내용연수에 비해 재현기간이 길어지면 풍속의 기대치가 커져 구조물의 안전성은 향상되거나 경제적이지 못하다.

표준도의 풍하중 계산에 사용된 계수는 <Table 11>과 같다. 산정된 풍하중은 건축구조 기준 225.59 kN/m²이었으며, 온실구조 기준은 비닐온실 102.88 kN/m², 유리온실 108.49 kN/m²로 나타났다. 따라서 풍하중은 온실구조 기준이 건축구조 기준의 45%~48% 수준으로 낮게 나타났다.

Table 11. Calculation of wind load by structural standard

		건축구조기준	온실구조기준	
설계계수	V_o	30	32.28(비닐) 33.15(유리)	
	H	6.5	-	
	Ce	1.0	-	
	Cf	-1.0	-	
	Cpe	0.5	-	
	Cpi	0.0	-	
	Gf	-	1.0	
	Cpe	-	-0.4	
	Cpi	-	-0.2	
	qh	-	514.40(비닐) 542.46(유리)	
	ρ	-	1.225	
	Vh	-	28.98(비닐) 29.76(유리)	
	Kzt	-	1.0	
	재현기간 (년)	비닐	100	45
		유리	100	60
풍하중 (kN/m ²)	비닐	225.59	102.88	
	유리		108.49	

3.3 구조기준별 부재크기 비교

온실구조 기준이 현재 사용되고 있는 건축구조 기준에 비해 온실 부재 설계시 얼마나 영향을 미치는지 조사했다. 구조기준별 유리온실 기둥 부재크기의 비교결과를 <Table 12>에 나타내었다. 표준도를 기준으로 기둥 부재크기 비교의 결과 건축구조 기준이 온실구조기준보다 내부기둥을 제외한 모든 기둥에서 13%~74% 더 많은 강재량을 사용하는 것으로 설계되었다.

Table 12. Comparison of member size by structural standard

부재	건축구조기준	온실구조기준	비교결과
후면기둥	□-150x100x4.5T (16.6 kg/m)	□-125x75x3.2T (9.52 kg/m)	건축/온실 = 174%
전면기둥	□-150x75x3.2T (10.8 kg/m)	□-125x75x3.2T (9.52 kg/m)	건축/온실 = 113%
전후면 셋기둥	□-150x75x3.2T (10.8 kg/m)	□-125x75x3.2T (9.52 kg/m)	건축/온실 = 113%
내부기둥	□-100x100x3.2T	□-100x100x3.2T	-
내부기둥	□-100x100x3.2T	□-100x100x3.2T	-
측면기둥	□-150x75x3.2T (10.8 kg/m)	□-125x75x3.2T (9.52 kg/m)	건축/온실 = 113%

비닐온실의 기둥 부재크기를 비교한 결과 건축구조기준이 온실구조기준보다 내부기둥을 제외한 모든 기둥에서 13% 더 많은 강재량으로 설계되었다<Table 13>.

Table 13. Comparison of glass greenhouse member size by structural standard

부재	건축구조기준	온실구조기준	비교결과
후면 기둥	□-150x75x3.2T (10.8 kg/m)	□-125x75x3.2T (9.52 kg/m)	건축/온실 = 113%
전면 기둥	□-150x75x3.2T (10.8 kg/m)	□-125x75x3.2T (9.52 kg/m)	건축/온실 = 113%
전후면셋 기둥	□-150x75x3.2T (10.8 kg/m)	□-125x75x3.2T (9.52 kg/m)	건축/온실 = 113%
내부기둥	□-100x100x3.2T	□-100x100x3.2T	-
내부기둥	□-100x100x3.2T	□-100x100x3.2T	-
측면기둥	□-150x75x3.2T (10.8 kg/m)	□-125x75x3.2T (9.52 kg/m)	건축/온실 = 113%

표준도를 중심으로 건축구조기준과 온실구조기준을 적용 시 부재크기를 비교한 결과 건축구조기준을 온실에 적용할 경우 과다설계 될 수 있음이 확인되었다. 부재가 과다설계되면 온실의 재료비가 증가하게 되고 결국 온실구축단가가 상승하게 된다. <Fig. 6>에서 연도별 유리온실의 재료비 변화 중 온실건축과 관련된 비용이 가장 높은 것을 고려하면 온실과 적합하지 않은 건축구조기준을 사용함으로써 온실구축단가가 상승할 수 있음을 알 수 있다.

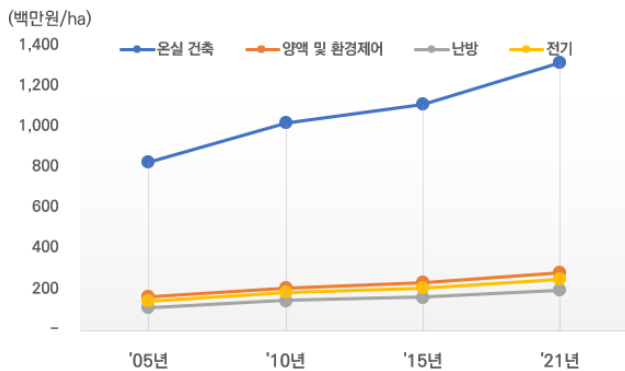


Fig. 6. Change in material cost of glass greenhouse

4. 온실공사 품셈 적용에 따른 온실구축단가

현재 온실설계 시 사용되고 있는 건설공사표준품셈은 가설 건축물인 온실공사의 시공, 인력, 장비의 사용 등의 특수성이 반영되어 있지 않다. 본 연구는 실제 온실공사에 필요한 인력 및 장비를 조사하여 온실공사 품셈을 정립하였고 표준도 단가 산정에 반영하였다. 이를 통해 온실공사 품셈정립을 통한 현실적인 온실구축비용 산정의 필요성을 도출하였다. 여기서 온실 단가는 현재 사용되고 있는 건축구조기준을 활용해 작성된 표준도를 활용해 산정하였다.

4.1 온실공사 품셈정립

온실공사는 일반건축물과 차별되는 공정과 기술들이 요구된다. 본 연구에서는 유리온실 및 비닐온실 표준도를 기준으로 온실 구성에 필요한 설치품의 품셈을 온실공사에 맞도록 산정하였다<Fig. 7>.



Fig. 7. Calculation of construction estimate by work type

온실공사 현장에서는 온실 전문 업체들이 시공을 담당하고 있으며, 온실을 전문으로 시공하는 경력 10~20년, 인원 10~15명

을 기준으로 이루어 철골, 알루미늄, 천창, 피복 및 기계장치의 설치 등을 포괄적으로 시공하고 있다. 이들은 전문 온실공으로서 「건설업 임금실태 조사 보고서」¹⁸⁾에 포함 및 분류되지 않아 현장 임금을 조사하여 철골공, 특수인부 등으로 대체 작성하였다. 그 밖의 인력의 품셈은 건설공사표준품셈 및 건설업 임금실태조사 보고서에 준하여 작성하였다.

4.2 품셈별 스마트 온실 구축단가 비교

산정된 온실공사품셈을 적용했을 경우 건설공사표준품셈 대비 스마트 온실 구축단가 절감 가능성을 정량적으로 산출하여 비교하였다.

분석결과 건설공사표준품셈을 온실공사품셈으로 대체할 경우 유리온실의 총공사비는 17%(709백만원/ha) 낮아진 3,487백만원/ha(건설공사표준품셈 4,196백만원/ha 대비 83%)로 나타났다. 온실공사품셈 적용에 무비가 43%(366백만원/ha)로 가장 큰 감소폭을 보였으며, 경비는 33%(162백만원/ha)로 감소했다. 따라서 유리온실 설계 시 온실공사품셈을 적용하면 온실구축비용도 낮추고 온실구축단가 현실화를 위한 정부의 부담도 완화될 수 있다. 한편 유리온실에 대한 정부지원단가와 비교하면 온실공사품셈을 적용했을 경우 유리온실 구축비용은 정부지원단가 3,000백만원/ha 보다 487백만원/ha 높게 나타났다<Fig. 8>.

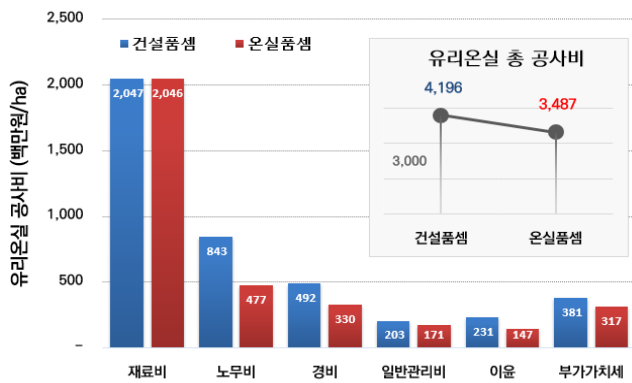


Fig. 8. Glass greenhouse construction cost depending on construction estimate

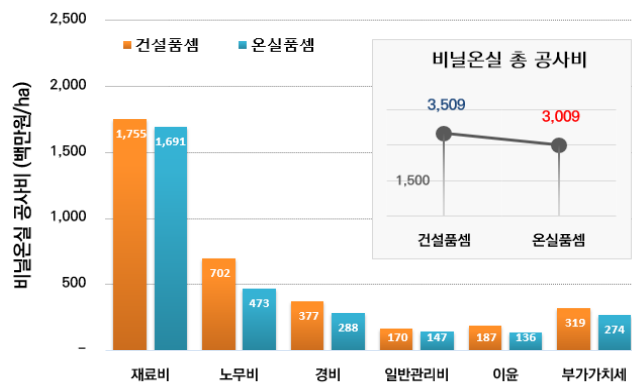


Fig. 9. Vinyl greenhouse construction cost depending on construction estimate

18) 대한건설협회, 건설업 임금실태 조사 보고서, 2021, pp.1-22.

비닐온실의 경우 건설공사표준품셈을 온실공사 품셈으로 대체했을 때 총공사비는 14%(500백만원/ha) 낮아진 3,009백만원/ha로 나타났다. 온실공사품셈 적용 시 노무비 33%(228백만원/ha), 경비 24%(89백만원/ha) 순으로 구축단가가 감소했다. 비닐온실의 경우 온실공사품셈을 적용함으로써 구축비용을 낮출 수 있으나 정부지원단가인 1,500백만원/ha 보다 1,509백만원/ha 높게 나타나 정부지원단가의 현실화가 필요하다고 볼 수 있다 <Fig. 9>.

5. 결론

스마트 온실의 설계 및 단가 산정 시 온실에 적합하지 않은 건축기준 사용함으로써 부재가 과다하게 설계되고 공사비가 상승하고 있다. 본 연구는 건축구조설계기준 적용에 따른 과다설계 가능성을 분석하였고 건축공사표준품셈을 온실공사품셈으로 대체함으로써 온실구축단가 절감 가능성을 정량적으로 도출하였다.

건축구조기준과 온실구조기준을 비교한 결과 건축구조기준 적용 시 유리온실과 비닐온실 모두 높은 강제량으로 설계되어 재료비 증가의 원인임을 확인할 수 있었다. 이러한 온실구조기준을 표준화하여 사용하려면 많은 시간과 비용이 필요하다. 이에 대한 대안으로 기존 건축구조기준에 온실용 중요도 계수를 별도로 제정해 온실구조설계용으로 활용할 수 있을 것이다. 온실에 적합한 중요도계수를 관련 전문가들의 검토 및 검증을 통해 제정하고 공표하여 사용함으로써 온실 구조기준 표준화에 드는 시간 및 비용을 줄일 수 있을 것으로 보인다. 향후 온실용 적설하중 및 설계풍속의 중요도 계수를 어느 정도로 하는 것이 합리적인지에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

현재 온실에 적합한 표준품셈이 마련되어 있지 않아 건설공사표준품셈을 적용함으로써 노임단가가 과다 책정되어 스마트 온실 공사비 증가로 이어지고 있음이 밝혀졌다. 또한 온실공사품셈을 적용했을 경우 온실구축비를 상당 부분 절감할 수 있음이 증명되었다. 이러한 온실공사 품셈이 널리 활용되기 위해서는 관련 예산확보 및 공인된 기관의 지속적인 관리와 지원이 필요하다.

참고문헌

- 고동우, 2017년도 온실설계기준(안)에 따른 제주지역 비닐하우스의 내재해성 평가, 한국농촌건축학회 논문집, 22(1), 2020.
- 관계부처합동(농식품부, 산업부, 농진청), 스마트팜 확산 방안, 2018.
- 권기원 외, 풍하중을 고려한 제주형 작물재배용 비닐하우스모델의 구조해석, 한국생물환경조절학회지, 98(8), 1998.
- 남재작, 스마트팜의 미래: 가능성과 한계, 농업·농촌의 길, 2018.
- 농림부, 원예특작시설 내재해 기준 지정고시, 2007.
- 농어촌진흥공사, 온실구조설계기준 및 해설, 1999.
- 농어촌진흥공사, 원예시설의 구조안전기준(안), 1995.
- 농촌진흥청 국립농업과학원, 온실구조설계기준(안), 2015.

9. 대한건설협회, 건설업 임금실태 조사 보고서, 2021.
10. 류희룡 외, 재하시험과 유한요석해석에 의한 플라스틱 필름 온실의 거동특성 분석, 한국생물환경조절학회지, 21(4), 2012.
11. 백선영 외 3인, 비닐하우스 풍압계수 분포에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 25(8), 2009.
12. 삼정KPMG 경제연구원, 스마트팜이 이끌 미래 농업, 2016.
13. 오명호, 김용석, 경량 H형강을 이용한 유리온실의 구조시스템 개발, 대한건축학회연합논문집, 11(2), 2009.
14. 오명호, 김용석, 선설계기법을 이용한 장경간 유리온실 구조시스템 개발, 한국방재학회논문집, 2010.
15. 유찬희 외 3명, 농업구조 변화 전망과 대응과제, 한국농촌경제연구원, 2020.
16. 이현정, 4차 산업혁명과 농업의 미래: 스마트팜과 공유경제, 세계농업, 2017.
17. 정환목, 윤석호, 아치형 비닐하우스 구조의 안전성 연구, 한국공간구조학회지, 14(4), 2014.
18. 통계청, 농림어업총조사, 2022.04.01., https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?vwcd=MT_ZTITLE&menuId=M_01_01

접 수 일 자 : 2022. 04. 08

초 심 완 료 일 자 : 2022. 04. 29

게 재 확 정 일 자 : 2022. 04. 29