

# 경량형강을 이용한 조립식 농촌주택의 최적 구조요소 모델 개발

## Development of the Optimum Structural Components Model for the Prefabricated Rural House using the Light Gauge Cold-Formed Steel Frame

정 남 수\* · 이 정 재\*\* · 김 한 중\*\*\* · 윤 성 수\*  
Jeong, Nam Soo · Lee, Jeong Jae · Kim, Han Joong · Yoon, Seong Soo

### Abstract

In this study, the optimum structural components for the rural house design using the light gauge cold-formed steel frame is proposed. The proposed components were optimized by the developed model composed with the analysis model and LGC database. The analysis model adapts FEA(finite element analysis). LGC database and calculation of element force adapt the design criteria of KISC. The structure of house is divided into header, bearing wall and roof truss. The variables of the each structure of house are defined component which designed by the case of load, size and space. The designed weights were used for optimization procedure of the divided components.

### I. 서 론

농촌주택은 토지이용에 대한 제약이 적고, 마을 계획이나 지형적 특성에 따라 형상과 방향이 결정되며, 주거공간과 생산공간이 혼재하여 주작업에 따라 내부공간 구성이 달라지므로, 농촌에서는 아파트 등 획일적인 주택보다는 지형이나 거주자에 따른 다양한 주택이 필요하다.<sup>3,5)</sup> 이러한 이유로 1970년대 새마을 운동 이후 건축설계의 번거로움과 설계의뢰에 따른 농민의 부담을 덜어주고자 다양한 형태의 농촌주택 표준설계도를 보급하려 하였다.<sup>1)</sup> 그러나 설계에 따른 자재나 시공기술의 개발이 미비하여 건축비를 상승시켰고, 거주자에 따

른 설계도의 변경 또한 어렵게 했다.<sup>7)</sup>

조립식주택은 계획, 설계, 부재의 생산, 운반, 건설, 유지관리가 일체로 된 체계이므로 규격화된 주택의 대량생산을 통하여 건축비를 절감할 수 있다.<sup>4)</sup> 콘크리트를 주재료로 한 조립식주택은 경제적 이유로 양산화, 규격화, 고품질화 등이 용이한 아파트와 같은 대형구조물에 보급되었으나, 농촌주택과 같은 중·소형주택의 경우 주택가격에 비하여 콘크리트 패널 생산을 위한 공장과 특수 운송수단, 대형 시공장비 등 대규모 투자비에 대한 어려움으로 활성화되지 못하였다.<sup>1)</sup> 미국의 경우 풍부한 산림자원과 오랜 기간 축적된 시공기술을 바탕으로 중·소형주택에 목질계 조립식주택을 도

\* 서울대학교 대학원

\*\* 서울대학교 농업생명과학대학

\*\*\* 서울대학교 농업개발연구소

키워드 : 농촌주택, 구조요소, 경량형강, 최적설계, 조립식주택

입하여 건축비를 낮출 수 있었으나, 우리나라는 목재를 대부분 수입에 의존해야 하므로 그 적용에 한계가 있다.<sup>2)</sup>

1996년 포스코는 주요 구조재를 경량형강(light gauge cold-formed steel:LGC)으로 한 조립식주택을 제안하였고, 한국철강협회(KISC)를 중심으로 이 시스템을 적용한 주택을 연구하고 견본주택을 건축한 바 있다. 경량형강을 이용한 조립식 주택인 경량형강주택은 하중을 받는 내력벽 이외의 벽체는 필요에 따라 변경이 가능하며, 내진성과 내식성이 우수하므로<sup>18)</sup> 건축비가 저렴해야 하는 농촌주택에 적합할 뿐 아니라 폐자재의 재활용에 용이한 장점이 있다. 그러나, 구조설계가 설계자의 판단에 의존하고 있고, 다양한 단면의 자재를 생산하여 주택에 적용하므로 규모나 작용하중에 따라 형상과 간격이 일정하지 않고, 운반 및 시공 오차가 늘어나는 등 조립식 주택의 장점을 살리지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 단면의 종류에 따른 허용하중의 계산과정을 전산화하고, 주택을 구조요소별로 분할하여 요소의 형상과 간격 및 소요단면의 개수 등 최적구조요소를 선정하는 모델을 개발하며, 농촌주택의 지역별 규모별 하중의 범위를 결정하고 모델에 적용하여 응용성을 검증하였다.

## II. 최적 구조요소

### 1. 경량형강 주택의 구조설계

경량형강주택의 구조설계방법으로 현재 미국 철강협회 기준을 살펴보면 허용응력설계법과 강도설계법으로 나누어진다. 경량형강주택의 도입이 활발히 이루어지고 있는 일본의 경우 허용응력설계법에 의한 설계방법만을 고려하고 있으며, 국내에서도 허용응력설계법만을 도입하였다.

구조적인 측면에서 경량형강주택이 기존의 철골구조물과 상이한 점은 크게 네가지로 구분한다.

첫째, 자재의 측면에서 박판의 자재를 활용함에 따른 좌굴문제를 크게 고려해야 한다는 점이다. 즉, 모든 자재는 박판의 강판을 활용함에 따른 국

부좌굴 및 부재좌굴 검토가 반드시 이루어져야 한다. 실제 주택의 구조설계시에는 이러한 복잡한 좌굴계산을 피하기 위하여 구조물의 설계 이전에 미리 자재의 좌굴에 대한 검토를 거쳐 설계메뉴얼 형태로 제작된 부재의 허용하중표를 사용하는 것이 일반적이며 간편하다.

둘째, 구조적인 측면에서 경량형강주택은 그 구조부재로서 내하력이 적은 부재를 사용함에 따라 일반 철골구조물의 기둥-보 방식보다는 작용하중을 등분포하중으로 처리하는 벽식 방식으로 설계하는 것이 일반적이다. 즉, 수직하중을 담당하는 스티드의 간격은 마감재의 영향을 받게되나, 미국에서는 60cm, 일본 및 국내에서는 45cm간격으로 배치한다.

셋째, 경량형강주택의 특징은 모든 부재의 연결이 스크류 등을 통한 편접합으로 이루어짐에 따라 휨력에 대한 안정성에 문제가 있을 수 있다. 이를 위하여 수직하중에 대한 검토 이후에 반드시 수평하중에 대한 구조계산이 필요하게 된다. 수평하중에 저항할 수 있는 벽체를 일반적으로 전단벽이라 부르며, 휨력저항시스템은 슬래브 격막과 가새나 합판 등에 의한 전단벽을 이용하게 된다.

마지막으로 경량형강주택의 구조적인 특징은 접합부 및 상세의 특수성을 들 수 있다. 경량형강주택은 박판의 자재를 사용하고 접합에 주로 스크류 등을 사용함에 따라 용접이나 고장력볼트 등을 사용하는 일반 철골구조물과는 접합방법 및 상세에서 큰 차이를 갖게 된다. 따라서, 이에 대한 고려가 구조물의 전체 안정성에 큰 영향을 미친다. 경량형강주택의 구조설계에 대한 전반적인 흐름도는 Fig. 1과 같다.

본 연구에서 구조요소란 Fig. 1에 나타나 있는 주택의 구성재 중 구조적인 역할을 하는 것으로 정의하였다. 주택의 하중은 외부하중을 받는 지붕에서 내력벽을 통하여 기초로 전달되거나, 지붕에서 상방재를 통하여 내력벽으로 전달되어 기초로 전달되며, 이에 따라 주택의 구조부재는 지붕재, 상방재, 내력벽체 등으로 나누어진다.

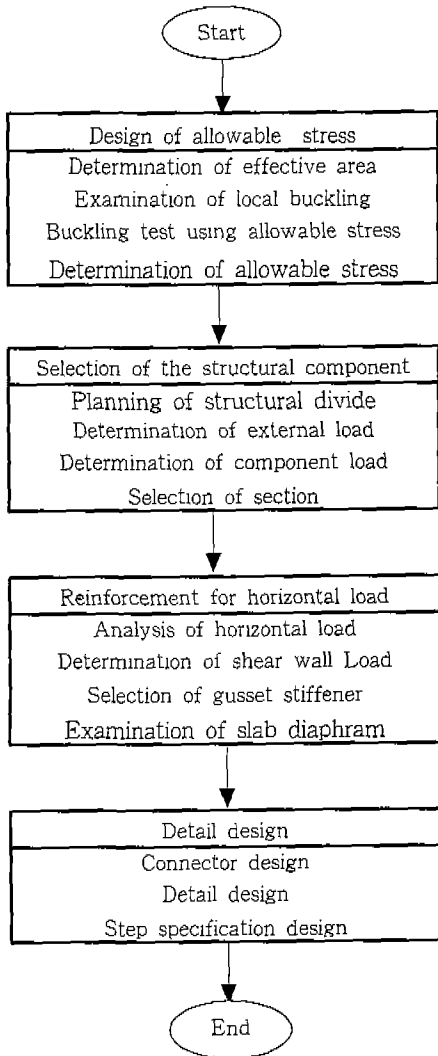


Fig. 1. Flowchat for design of light gage cold-formed steel house.

## 2. 최적화 모델의 개발

경량형강 주택의 최적 구조요소를 선정하기 위해서는 주택을 구조요소로 분할하고, 요소의 구조설계에서 설계자에 의해 변화 가능한 요인을 결정해야 한다. 결정된 요인의 최적화 과정은 Fig. 2와 같이 단면별 허용하중을 산정하는 전처리과정과 구조요소별 형상의 최적화 과정, 간격의 최적화 과정, 조립식 생산에 유리하도록 사용 단면 개수

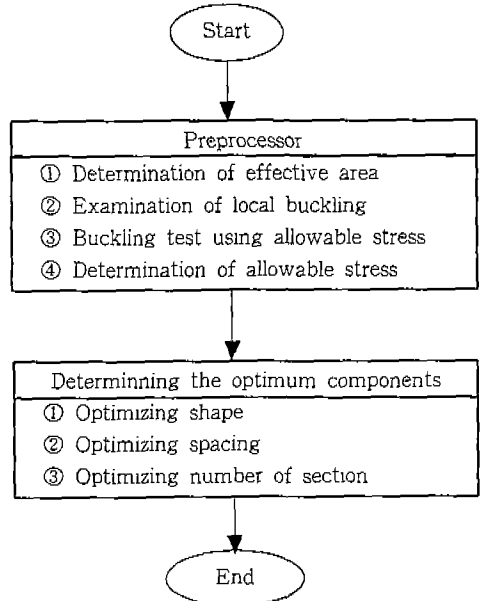


Fig. 2. Flowchart for optimum structural components.

의 최적화 과정 등으로 나누어 질 수 있다.

기존의 구조최적화 문제와 달리 사용단면의 최적화 과정이 제외된 것은 주택의 구조설계에서는 시공을 편리하게 하기 위하여 하나의 요소에 같은 단면을 적용하기 때문이다. 또한 요소간 접합부의 경우 보강설계나 상세설계에서 다루고 있으므로 본 연구의 범위에서 제외하였다.

### 가. 전처리기

경량형강의 최적 구조요소를 산정하기 위한 구조설계 프로그램을 구현하기 위해서 기존의 허용하중표에 의해 진행되던 단면의 허용하중 결정과정을 전산화하였다. 전산화를 위한 허용하중의 결정과정은 경량형강 규격에 의한 비틀림상수 결정, 좌굴을 고려한 유효폭의 결정, 결정된 유효폭과 단부조건을 고려한 유효단면적의 산정, 안전율과 유효단면적을 바탕으로 한 허용하중 결정과정으로 구분하고, 이를 기반으로 전처리기 프로그램을 개발하였다.

### 나. 최적설계

구조요소를 최적화 하기 위해서는 구조설계의

최적화가 선행되어야 하고, 경량형강재는 규격화 되어 생산되기 때문에 이산형 최적화 문제가 된다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } W \dots\dots\dots(1) \\ & \text{Subject to } W = A_{select} * L * \rho \\ & A_{select} = g(\max(A_{e_1}, A_{e_2}, \dots, A_{e_n})) \\ & f_i(A_{e_i}) > h_i(P_1, P_2) \end{aligned}$$

- W : 중량
- $\rho$  : 단위중량
- L : 요소의 길이
- $P_1$  : 수직방향하중
- $P_2$  : 수평방향하중
- $g()$  : 유효단면적에 대한 실제 단면적의 이산함수
- $A_{e_i}$  : 생산되는 i번째 경량형강재의 유효단면적
- $h_i()$  : 외부하중에 의해 단면에 작용하는 응력이 나 처짐
- $f_i()$  : 단면특성에 따른 유효단면적의 허용응력이 나 허용처짐

다. 최적 형상의 결정

외부로 노출되는 건축의 형상과 달리 구조요소의 형상은 주어진 조건의 하중을 지지하기 위해 선택된다. 구조요소의 형상은 설계자가 경험에 의해 선택하였으며, 한 평면에 동일한 단면을 사용해야 하는 경량형강 주택의 경우에는 과다설계가 되는 등 재료의 낭비가 있었다.<sup>11)</sup> 이러한 문제를 해결하기 위하여 하중조건을 고려한 구조요소의 최적형상을 결정해야 하는데, 선택 가능한 형상별로 지역과 규모에 따라 하중조합을 만들고 해석결

과를 바탕으로 최적설계문제로부터 형상별 설계중량을 결정하고, 변위 등에 의한 제약조건을 적용하여 최적형상을 결정하였다.

라. 최적 간격의 결정

구조요소의 간격은 설계자가 시공의 편의성을 고려하여 결정하게 된다. 간격이 줄어들면 사용되는 구조요소의 수효가 증가하게 되고, 간격이 늘어나면 하중의 증가로 필요단면의 크기가 증가하게 된다. 기존의 설계에서 요소간의 간격이 설계규정에서 제한되지 않은 경우 설계자가 임의로 선택하게 하였으며, 형상과 마찬가지로 과다설계의 원인이 되었다.<sup>11)</sup> 본 연구에서는 최적의 간격을 결정하기 위하여 설정된 간격에 따라 필요한 구조요소의 수효와 설계된 단면의 중량을 곱한 총 중량을 계산하고 구속조건과 제한조건으로부터 최적 간격을 결정하였다.

마. 최적 단면수의 결정

조립식 주택에서는 경제성 향상을 위하여 사용되는 자재의 중량을 최소화 시켜야하지만, 자재생산비용, 시공경비, 건축기간 등을 고려하여 생산되는 요소를 단순화 시키는 것이 필요하다. 본 연구에서는 이를 고려하여 단면의 감소에 대한 중량의 증가율을 목적함수로 하였으며, 설계결과를 바탕으로 최적 단면수를 결정하였다.

3. 경량형강 주택에의 적용

가. 상방재

상방재는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 창이나 문과 같은 개구부의 설치로 인하여 수직하중의 전달

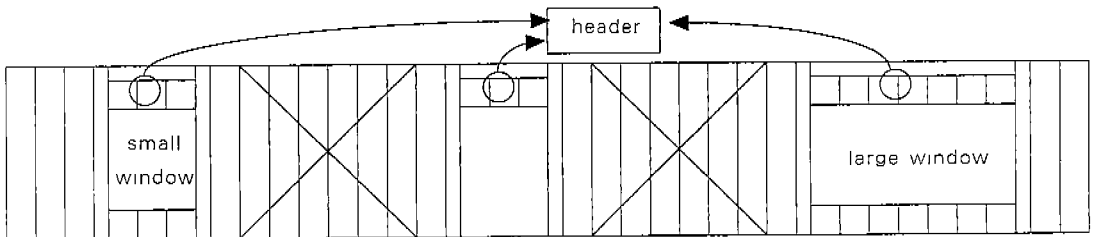


Fig. 3. Types of header.

을 위한 스티드의 설치가 불가능한 곳에 설치되며, 하중에 저항하여야 할 스티드의 내력을 수평으로 전달하고 상방재 좌우측에 있는 틀받이스터드에 하중을 작용시킨다.<sup>7)</sup> 상방재는 힘을 받는 부재로서 휨재의 설계방법을 따르게 되는데, 단위길이 당 외부하중을 산정한 후 상방재의 넓이를 고려하여 반력과 작용모멘트를 결정하고, 선정재료의 2차 모멘트를 계산하여 변위에 대한 제약을 검토하게 된다.

상방재는 조건에 따라 형상과 간격이 변하지 않고, 최적 구조요소 선정모델에서 변량이 사용단면수가 되므로 목적함수는 사용단면수의 감소율에 대한 중량의 증가율로 구성하였으며, 제약조건은 주어진 하중조합이 모두 설계 가능하도록 설정하였다.

나. 내력벽체

내력벽체의 설계는 벽체상부의 하중이 벽체에 등분포하중으로 전달되는 것으로 가정하며, 횡하중에 저항하기 위한 Bar 요소는 횡하중에 대한 벽체의 전달내력을 결정하는 과정을 통해서 결정되므로 주택구성요소에 포함되지 않는다.<sup>7)</sup> 벽체상부의 하중은 일정한 간격으로 배치된 벽체스터드에 집중적으로 작용하지만 골조구성 이후 단열이나 화재에 대한 대책으로서 패널의 보강이 이루어지므로 벽체는 등분포하중을 받도록 설계하였다. 내력벽체의 표준높이는 농촌주택의 표준모듈을 고려하여 2,400mm로 정하며,<sup>3)</sup> 벽체 간의 간격은 45cm를 기준으로 한다.<sup>7)</sup> 이에 따라 내력벽체는

설계는 단위 길이당 외부하중을 설정한 후 벽체간의 간격을 곱하여 작용하중을 결정하고, 재료의 허용응력과 허용벽체높이에 대한 제약조건을 통하여 설계하였다. 내력벽체는 조건에 따라 형상과 간격이 변하지 않으므로 최적구조요소선정모델에서 변량은 사용단면수가 되고 목적함수는 사용단면수의 감소율에 대한 중량의 증가율이 된다. 제약조건은 주어진 하중조합에서 모두 설계 가능한 구성요소의 규격이 된다.

다. 지붕재

지붕의 설계는 트러스를 채택하였는데 트러스는 경량형강주택의 지붕부분을 구성하는 대표적인 구조부재로서 각 부재가 한 평면상에 존재하게 된다. 트러스의 형태는 지붕의 모양에 큰 영향을 받게 되나 일반적으로 플랫폼트러스가 쓰이며 본 연구에서는 이를 기본형으로 채택하였다. 트러스의 표준간격은 시공성을 고려하여 50cm 이상 1m 이하로 하였다. 이에 따라 가능한 트러스의 간격은 50cm, 60cm, 70cm, 80cm, 90cm, 100cm 가 된다. 트러스는 직접강도법을 이용하여 외부하중에 대한 작용하중과 재료별 변위를 산정한 후 재료의 허용응력과 변위에 대한 제약조건을 바탕으로 설계하였다. 최적 구조요소 선정모델에서 지붕재의 경우 최적구조요소의 선정과정은 트러스 형상 결정, 트러스 간격 결정, 최적 단면 개수 결정 등 3단계로 구성하였다. 사용단면수의 최적화식은 상방재와 내력벽체 등과 동일하게 형성되며 형상과 간격을 최적화하기 위하여 목적함수는 설계 가능한 경우

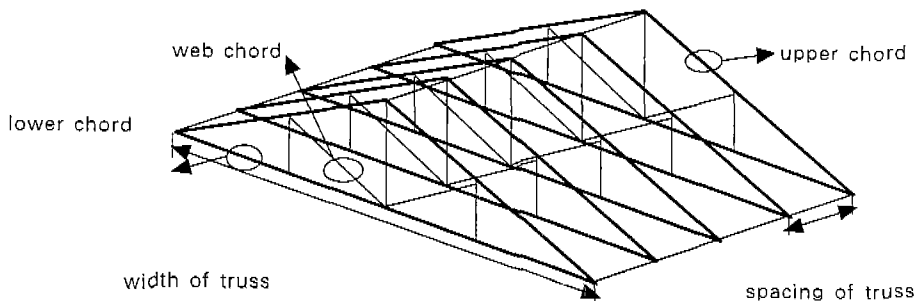


Fig. 4. Shape of flat truss and name of element

수에 대한 총 소요중량의 비가 되고 제약조건이 없는 최적화 문제로 구성하였다.

### III. 모델의 적용 및 고찰

#### 1. 모델의 검증

개발된 모델을 검증하기 위하여 포항산업과학연구원 철강엔지니어링센터에서 실시한 구조설계와 비교 하였다. 해석대상건물은 건축구조용 표면처리 경량형강을 이용한 주거용 건축물인 스틸하우스로 건립대지는 수원이며, 그 규모는 25.7평, 1층이다. 하중은 160kgf/m<sup>2</sup>이며 기존설계의 결과는 단면별 중량은 Table 1과 같고 트러스 형상 2종류가 필요하였으며, 트러스 간격은 50cm였다.<sup>10)</sup>

본 연구에서 개발한 농촌주택 최적 구조요소 선정모델에 의해 기존의 설계에서 제약조건을 만족하면서 최적화된 단면별 중량은 Table 2와 같고 트러스 형상 1종류가 필요하였으며, 트러스의 최적 간격은 90cm였다. 적용한 결과 단면수의 감소와 형상의 단순화로 시공성을 높일 수 있었으며, 총 소요중량도 43.37% 감소 시킬 수 있었다.

Table 1. The result of the design by the Steel Engineering Center

Section	Total length (m)	Area (cm <sup>2</sup> )	Unit weight (kgf/m)	Total weight (kgf)
180JL12	6.00	3.72	2.92	17.52
180JL14	2.10	4.32	3.39	7.12
300JL14	3.00	6.00	4.71	14.13
140SL10	78.00	2.35	1.84	143.52
140SL08	538.00	1.89	1.48	796.24
140SL12	22.00	2.81	2.20	48.40
Total				1024.93

\*식별형식 : 처음숫자:웹 두께, 첫 번째 글자

S:stud J:Joist T:Track

두 번째 글자 L:Lipped C:Non-lipped,

마지막 숫자:게이지

Table 2. The result of the design by the optimum structural design model

Section	Total length (m)	Area (cm <sup>2</sup> )	Unit weight (kgf/m)	Total weight (kgf)
100JL14	4.20	3.20	2.51	10.54
150JL16	3.90	4.43	3.48	13.57
300JL14	3.00	6.00	4.71	14.13
090SL08	78.00	2.35	1.17	91.26
100SL08	305.00	1.89	1.48	450.88
Total				580.38

#### 2. 적용 및 고찰

##### 가. 설계하중 결정

경량형강주택은 부재의 사하중이 작기 때문에 적설하중이나 풍하중과 같은 지역별 하중에 따라 구조설계에 많은 영향을 받는다. 이를 지역별로 고찰해보면 Table 3, Table 4와 같다. 으며 이외의 고정하중, 적재하중과의 조합은 건축법 시행령에서 규정하고 있는 하중조합을 사용하였다.

Table 3. Maximum vertical deposited snow by the region<sup>1)</sup>

classification	Region	vertical deposited snow (m)	unit weight (kgf/m <sup>2</sup> ) <sup>1)</sup>
I	Yeosu · Jinju · Chungmu · Busan · Ulsan · Cheju · Suguipo	0.3	1.0
II	Inchun · Seoul · Suwon · Seosan · Taejun · Iri · Cheonju · Kwangju · Pohang	0.5	1.0
III	Kunsan · Mokpo · Chuncheon · Cheongju · Chpungleong · Taegu	0.7	1.5
IV	Sokcho · Kangnung · Taekwanlyong	1.5	2.0

<sup>1)</sup>형상 및 경사도에 따른 하중감소계수는 1로 가정한다.

Table 4. Design velocity by the region<sup>3)</sup>

Grade		Region <sup>1)</sup>	Design velocity (m/s)
I	Inland	Seoul, Suwon, Seosan, Taejeon, Chunchon, Chongju, Chupunglyong, Iri, Chonju, Kwangju, Chinju, Taegu	35
II	Coast(1)	Inchon, Kunsan, Chungmu, Pusan, Ulsan	40
III	Coast(2)	Sokcho, Kangnung, Pohang, Mokpo, Yosu, Cheju, Suguipo	45
IV	Island	Ullung I.	50

<sup>1)</sup> 농촌지역이므로 노풍도를 B로 한다.

Table 5. Load combination

Case of load combination	I (kgf/m <sup>2</sup> )	II (kgf/m <sup>2</sup> )	III (kgf/m <sup>2</sup> )	IV (kgf/m <sup>2</sup> )
Dead load + Live load	129	129	129	129
Dead load + Live load + Wind load	145	165	178	191
Dead load + Live load + Snow load	159	179	234	429

건축법 시행령에 따르면 주택의 구조체가 지지하는 하중은 고정하중, 적재하중, 적설하중, 풍하중 등이며, 구조설계는 Table 5에 나타나 있는 하중 조합 중 가장 불리한 것을 선정하도록 되어 있다. 표에서 고정하중은 트러스와 마감을 고려하여 49kgf/m<sup>2</sup>을 사용하였으며 적재하중과 풍하중은 30° 각도로 가정하여 산정하였다. 산정결과 풍하중은 해안과의 인접여부에 따라 지역구분이 달라지며 설하중은 산악과의 인접여부에 따라 하중변화가 달라졌는데, 풍하중의 변화보다는 설하중의 변화가 큰 것으로 나타나 본 연구에서는 고정하중, 적재하중, 적설하중 등의 하중조합을 사용하였다.

나. 농촌주택의 표준규격 결정

농촌주택의 표준규격을 결정하기 위하여 표준모델결정에 관한 연구를 참고로 농촌주택의 기준모

들 1Module(이하 M)은 100mm으로 정하였으며, 수평모듈은 3M, 6M, 12M을 선정하였다.<sup>3)</sup> 수직모듈은 1M을 기준으로 선정하며 천장고는 2,400mm를 표준크기로 하였다.<sup>3)</sup> 이에 따라 본 연구에서 벽체의 높이는 2,400mm, 트러스의 높이는 1,800mm, 규모 30평, 40평, 50평에 따라 트러스의 크기는 5m에서 10m까지 1m 간격으로 정하였다.

다. 적용결과

구조설계 프로그램을 구성하여 단면별 소요중량을 산정해 본 결과 상방재는 총 37가지의 단면 중 18가지의 단면이 설계에 이용되었고, 내력벽체는 29가지의 단면 중 9가지가 설계에 이용되었으며, 트러스부재는 66가지의 단면 중 23가지가 이용되었다.

1) 상방재

상방재의 지역별, 규모별 하중을 산정한 후 크기를 변화시켜가며 단면을 설계해 본 결과 18가지의 단면이 설계되었다. 최소중량이 소요되는 자재를 줄여가며 총중량의 변화를 관찰한 결과는 Table 6과 같고 사용하는 단면수에 대한 소요중량비를 도시하면 Fig. 5와 같이 단면이 14가지로 줄어들 때 최적임을 알 수 있으며, 이에따라 농촌주택 상방재의 최적자재의 종류는 14가지임을 알 수 있다.

2) 내력벽체

내력벽체의 지역별, 규모별 하중을 산정한 후 단면을 설계해 본 결과를 바탕으로 최소중량이 소요되는 자재를 줄여가며 총중량의 변화를 관찰한

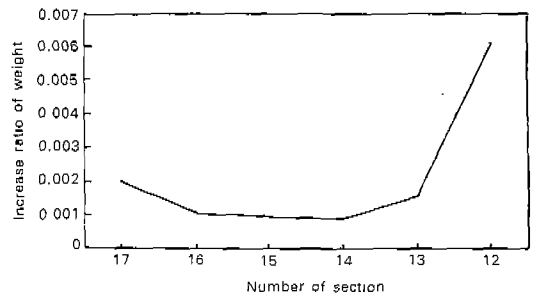


Fig. 5. Relationship between the number of section and increase ratio of weight in bearing wall

경량형강을 이용한 조립식 농촌주택의 최적 구조요소 모델 개발

Table 6. Weight by the section in header(kgf)

Section	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6	Step 7
300JL25	17891.61	17891.61	17891.61	17891.61	17891.61	17891.61	17891.61
300JL22	13218.66	13218.66	13218.66	13218.66	13218.66	13218.66	13218.66
300JL20	9168.02	9168.02	9168.02	9168.02	9168.02	9168.02	9168.02
240JL22	8975.25	8975.25	8975.25	8975.25	8975.25	8975.25	8975.25
300JL18	8827.49	8827.49	8827.49	8827.49	8827.49	8827.49	8827.49
240JL20	5405.20	5405.20	5405.20	5405.20	5405.20	5405.20	5405.20
240JL18	5190.13	5190.13	5190.13	5190.13	5190.13	5190.13	5190.13
180JL20	4642.71	4642.71	4642.71	4642.71	4642.71	4642.71	4642.71
240JL16	3447.54	3447.54	3447.54	4971.36	4971.36	4971.36	4971.36
180JL18	2305.42	2305.42	2305.42	2305.42	2305.42	2305.42	5071.92
140JL14	1835.84	1835.84	2494.81	2494.81	2494.81	2494.81	2494.81
140JL16	1835.53	1835.53	1835.53	1835.53	1835.53		
150JL18	1646.40	1646.40	1646.40	1646.40	3292.81	5762.41	5762.41
140JL18	1579.50	1579.50	1579.50	1579.50			
180JL16	1424.35	2136.52	2136.52	2136.52	2136.52	2136.52	2136.52
240JL14	1283.04	1283.04	1283.04				
100JL18	649.86	649.86					
180JL14	532.50						
Total	89859.07	90038.74	90047.84	90288.62	90355.53	90989.60	93756.10

Table 7. Weight by the section in bearing wall(kgf)

Section	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
090SL08	4581.25	4581.25	4581.25	4581.25	4581.25
140SL14	1385.01	1385.01	1385.01	1385.01	1385.01
090SL14	1051.44	1051.44	1051.44	1051.44	2102.88
090SL10	1003.57	1003.57	1003.57	2007.15	2007.15
140SL12	986.70	986.70	986.70	986.70	
090SL12	757.46	757.46	1514.93	1514.93	1514.93
140SL10	648.23	648.23			
140SL08	390.96	781.91	781.91		
100SL08	322.04				
Total	11126.66	11195.58	11304.81	11526.48	11591.22

결과는 Table 7과 같고 단면수의 감소에 대한 소요중량의 증가율을 도시하면 Fig. 6과 같이 단면이 8가지로 줄어들 때 최적임을 알 수 있으며, 이에 따라 농촌주택 내력벽체의 최적자재의 종류는 8가지임을 알 수 있다.

3) 지붕재

지붕의 형상이 건축계획을 통하여 결정되면, 구조재의 설계가 이루어지는데 다른 구조요소와 달리 트러스는 형상과 간격을 정해져 있지 않기 때문에 설계자가 형상과 간격을 가정하고, 주어진



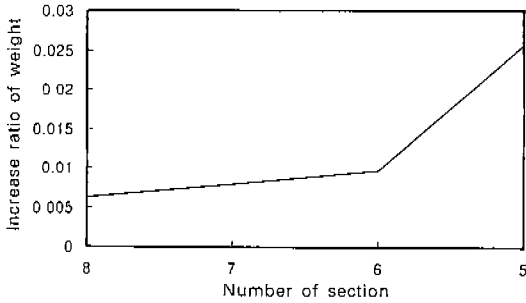


Fig. 6. Relationship between the number of section and increase ratio of weight in bearing wall

조건에 따라 하중을 산정한 후 이를 지지할 수 있는 자재를 선정하게 된다. 이를 자동화하기 위해서는 우선 표준형상을 결정해야 하는데, Fig. 7에 나타나 있는 Type 1부터 Type 5까지 규모별 구조해석을 실시하여 도시하면 Fig. 8에 나타난 바와 같이 Type 3번이 소요중량과 설계가 불가능한 경우가 최소였으며, 농촌주택에 적합한 것으로 판단되어 이를 표준형상으로 채택하였다.

선정된 표준형상에 대한 트리스 간의 최적 간격을 결정하기 위하여, 트리스의 간격을 변화시켜가며, 각 지역과 규모별 구조설계를 실시하였다. 간격을 좁게 설정할 경우 필요한 트리스의 개수가 늘어나게 되며, 사용되는 단면의 중량은 줄어들게 된다. 이를 점차로 넓혀가며 구조설계를 실시한 결과는 Fig. 9와 같고, 간격이 80cm일 때 총 소요중량이 최소이므로 표준형상 type 3일 때 농촌주택 지붕트리스의 최적간격은 80cm임을 알 수 있다.

결정된 표준형상과 최적간격에 대하여 농촌주택에서 자주 나타나는 하중에 대하여 구조설계를 실

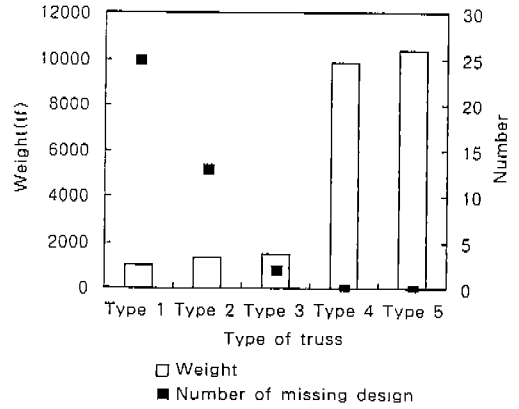


Fig. 8. The weights and the number of missing design by the type

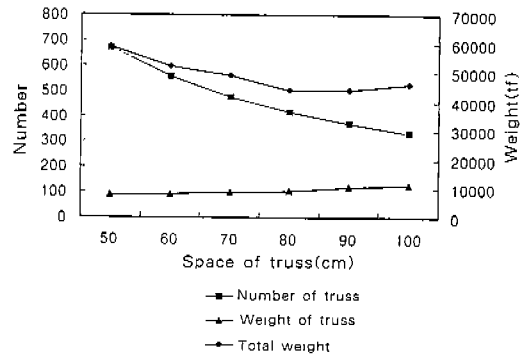


Fig. 9. Weight of design by the space of truss

계를 실시한 결과는 Table 8과 같고 단면수의 감소에 대한 소요중량의 변화를 도시하면 Fig. 10와 같이 단면이 6가지로 줄어들 때 최적임을 알 수 있으며, 이에 따라 농촌주택 지붕트리스에 사용되는 단면수는 6가지임을 알 수 있다.

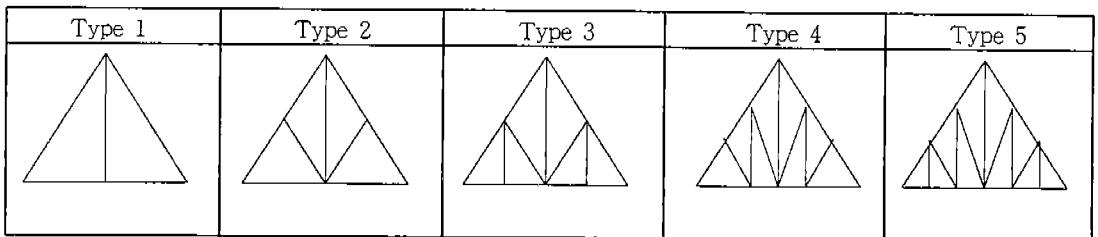


Fig. 7. Shape of truss

Table 8. Weight by the section in truss(kgf)

Section	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5
090SL08	16302.47	16302.47	16302.47	16302.47	
100SL08	3070.68	37551.04	37551.04	37551.04	63790
100JL08	32863.73				
140JL08	4488.93	4488.93	23626.57	23626.57	23626.57
100JL10	17439.49	17439.49			
140JL10	8197.57	8197.57	8197.57		
100JL12	13649.49	13649.49	13649.49	24007.32	24007.32
140JL12	13582.64	13582.64	13582.64	13582.64	13582.64
140JL14	13676.51	13676.51	13676.51	13676.51	13676.51
weight	123271.53	124888.15	126586.29	128746.55	138683.00

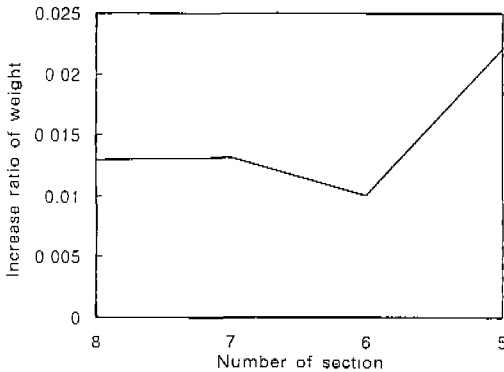


Fig. 10. Relationship between the number of section and increase ratio of weight in truss

#### IV. 요약 및 결론

경량형강주택은 농촌주택에 적절하지만, 지역이나 규모에 따라 형상과 간격이 일정하지 않고 운반 및 시공오차가 늘어나는 단점이 있으므로 주택을 구조요소별로 분할하여 요소별 변량을 결정하고, 이를 최적화 할 수 있는 모델을 개발하였다.

경량형강을 이용한 주택의 구조요소는 상방재, 내력벽체, 지붕재 등이었으며, 각 구조요소의 최적화를 위한 변량은 형상과 간격, 사용되는 단면의 수 등이었다. 이러한 변량을 이용하여 건축지역과 규모에 따른 최적구조요소선정모델을 개발하였으며 개발된 모델을 철강엔지니어링센터에서 설계한

수원지역의 시범주택에 적용한 소요중량을 43.37% 감소시킬 수 있었다.

개발된 모델을 농촌지역에 흔히 나타나는 144종의 하중, 규모 및 지붕재의 간격을 통하여 분석한 결과 현재 생산되는 구조단면 66종 중 상방재의 경우 14종, 내력벽체의 경우 8종 및 트러스 6종을 사용하는 것이 최적으로 밝혀졌으며, 농촌지역에서 이용할 수 있는 지붕트러스의 최적형상은 Type 3(8 node, 13 element)로 나타났고, 최적간격은 80cm가 적당하였다.

개발된 최적구조요소 선정모델은 조립식 주택의 구조설계의 최적화에 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 이를 이용하여 선정한 농촌주택 최적 구조요소는 농촌주택의 조립식을 위한 표준 주택 요소설계에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. 구지희, 1990, EXPERT SYSTEM을 이용한 농촌주택 설계상담 시스템의 개발, 서울대학교 대학원.
2. 김병선, 박종삼, 1997, 건물 에너지 성문 시험 시 입력변수와 출력변수의 민감도, 대한건축학회논문집 13권 8호.
3. 김병환, 1991, 주택생산 공업화의 활성화 방안에 관한 연구, 중앙대학교대학원.

4. 농촌마을주택연구회, 1995, 농어촌 주택 표준화 설계지침에 관한 연구, 농어촌진흥공사.
5. 대한건축학회, 1995, 구조계획, 기문당.
6. 대한건축학회, 1972, 농어촌주택의 모듈적용 표준설계 연구, 과학기술처.
7. 대한건축학회, 1995, 주거론, 기문당.
8. 박기환, 1992, 공동주택의 공업화 생산을 위한 설계표준화 적용방법에 관한 연구, 인하대학교 대학원.
9. 성민기 외 2인, 1997, 사무소 건물 에너지 소비 인자의 민감도 분석 방법에 관한 연구, 대한건축학회논문집 17권 2호.
10. 스틸하우스클럽, 1998, 건축구조용 표면처리 경량형강 구조설계 메뉴얼, 한국철강협회.
11. 철강엔지니어링 센터, 1998, 스틸하우스 설계 사례집, 철강엔지니어링센터.
12. Kirsch, 1981, Optimum Structural Design, McGraw-Hill.
13. Willenbrock, Jack H., 1998, Residential Building Design And Construction, Prentice Hall.
14. Yang, T. Y. , 1986, Finite Element Structural Analysis, Prentice Hall.