

스틸하우스 설계 자동화의 필요성과 적용방법에 관한 연구

Study on the Design Automation of Steel House Shop drawing

원완연* / Won, Wan-Youn

박현수** / Park, Hyeon-Soo

Abstract

This study proposes a method of generating steel house shop drawing in an automated design method, reducing construction manpower and period. With one hour fire-resistant approval code, reflecting work ability and efficiency, steel-framed house market is expected to extend from one or two story house to multi-purpose facilities up to four story height. More models have been constructed in this system than the first appearance of fire-resistant approval in Korea in 1997. Also, cost estimation of components such as frame walls, roof trusses and floors is obtained with shop drawings. Also, the lack of suppliers of steel framed house shop drawing and unstandardized drawing method get constructors have difficulty in understanding its design. In steel framed house industry, shop drawings are essential part in building and constructing framework and they have major effects on construction deadlines and expenses. By exploring method of shop drawing automation, this study aims to optimize work flow with a standardized drawing method. The proposed system can be applied to manufacturing automation in domestic industry of factory-built panelizing method in the near future.

키워드 : 스틸하우스, 샵드로잉, 설계자동화

Keywords : Steel-framed house, Shop drawing, Design automation

1. 서론

1.1. 연구의 목적 및 의의

스틸하우스의 시장은 1,2층 단독주택에서 4층 이하의 다중이용시설 등으로 확산될 전망에 이르고 있으며, 그 뒷받침이 되는 1시간 내화인정은 시공성 및 경제성을 고려하여 인정된 시스템으로 1997년 국내 최초로 받은 내화 인정¹⁾보다 다양한 모델을 구축하였다. 한국철강협회의 스틸하우스클럽을 주축으로 배출된 설계 및 시공교육을 받은 전문 인력들은 전국적인 인력 네트워크를 형성하여 스틸하우스 설계 수요를 충족하고 있으며 주로 현장에서 제작하는 방식으로 시공이 이루어지고 있다. 현장에서 골조를 제작하여 시공하기 위한 시공도면, 즉 골조제작도면 또는 샵드로잉(shop drawing)이 중요한데, 이는 건물의 마감까지 공사 기일과 공사비용 등에 가장 큰 영향을 준다. 골조제작도면을 통해 각각의 벽체들이 만들어 지고, 지붕을 구성하는 트러스와 바닥 시공에 사용되는 자재의 종류와 물량 적산²⁾도 이 도면을 통해서 이루어진다.

그러나 스틸하우스 골조제작도면을 제작할 수 있는 전문인력

의 부족과 통일되지 않은 도면표기는 시공에 많은 어려움을 주고 있다. 이에 본 연구에서는 스틸하우스 골조제작에 있어 도면의 생성을 자동화 할 수 있는 방법을 제안하여 스틸하우스 골조제작도면 제작 시 인력과 시간을 절감하고, 도면을 통합하여 시공성을 증대시키며, 나아가 향후 공장 패널공법에 대한 국내 공업화 생산³⁾에 자동화 요소로 작용토록 한다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 스틸하우스 설계도면을 기초로 AutoCAD 상에서 LISP 등의 프로그래밍 언어를 이용하여 사용자가 데이터를 입력하여 스틸하우스 골조제작을 하기 위한 최적의 도면이 자동으로 생성되는 시스템 프로세스 개발과 적용에 둔다. 벽체에서 높이, 두께, 개구부 높이와 폭, 전단벽 위치 및 층고 등을 입력 변수로 설정하고 바닥에서는 바닥에 설치되는 구조재(joist)의 사양 및 방향, 지붕에서는 처마의 내민 거리, 페이스(fascia)의 높이, 복부재의 설치 방법, 지붕 각각의 경사도, 트러

1) 한국철강협회 내화인정(1997.12.)

2) 정례화, 실내도면 작성과 물량산출을 위한 모델 개발에 관한 연구, 한국실내디자인학회지, 1999년 6월(19호)

3) 정현석, 스틸하우스 공업화기술 해외현황 및 국내 활용방향, 대한건축학회지, 43권 3호(통권 238호) 1999년 3월

* 정회원, 건국대학교 산업대학원 건축공학과 석사과정

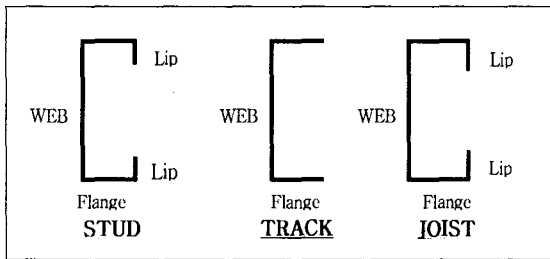
** 정회원, 건국대학교 건축대학 조교수

스의 종류와 각각의 위치 등을 입력 변수로 하여 결과물인 설계도면을 생성할 수 있도록 하였으며 이와 같은 모듈의 개발을 통해 보다 효율적인 공업화 주택 설계 방법이 되도록 하였다.

2. 스틸하우스 자재와 설계요소

2.1. 자재의 형상과 종류

스틸하우스 자재를 타 구조체와 비교했을 경우 두드러지게 상이한 부재가 구조 부재이며, 이 외의 부재들은 일반 건축물에서 사용되는 부재들과 대부분이 서로 혼용되어 사용되고 있다. 스틸하우스의 주요 골조 자재는 건축구조용 표면처리 경량형강⁴⁾으로 구성되는데 스타드(stud), 트랙(track), 조이스트로 크게 구분된다.



<그림 1> 골조자재 형상

2.2. 설계의 검토

스틸하우스 설계 도면의 검토 방법은 구조체의 상부에서 하부로 향하는 구조의 흐름과 같이 하는 방법과 그 반대 방향의 방법이 있다. 전자의 방법을 따를 경우 설계 검토 요소는 지붕, 벽체, 개구부, 바닥으로 나누어 질 수 있다.

스틸하우스의 가장 높은 곳인 지붕의 용마루 부분에 있어 눈이나 빗물의 흐름을 좋게 하기위해 경사를 주어 그 끝인 처마가 용마루 보다 낮은 위치에 놓이게 한다. 또한 지붕의 경사도는 일반적으로 통일시키는 것이 외관에서 균형을 보다 크게 할 수 있다. 또한 처마가 벽체 중심에서 떨어진 길이를 검토해야 하며 이 부분도 지붕의 경사도와 같이 통일하는 것이 시공성 및 경제성을 보다 확보할 수 있다.

스틸하우스 벽체는 스타드가 일정 간격⁵⁾으로 여러 개 설치된 구조이며 내력벽식 공법을 주로 사용하고 있다. 스타드의 높이는 직접적인 건물 높이와 층고에 영향을 주며 천정 달대공사의 필요 유무를 결정 하게 된다. 특히 2층 이상일 경우 스타드의 높이를 동일하게 하는 것이 시공성 및 경제성을 확보할 수 있게 해준다.

개구부 형태로 창문 및 도어가 설치되는 위치와 크기를 검토해야 하며 개구부 위에서 전달되어지는 하중을 분산시켜주기 위해 개구부 위에 최소한의 구조재 공간을 필요로 한다. 하중을 분산시켜주는 부재인 헤더에는 조이스트가 사용되는데, 벽체 높이가 일정 크기 이하일 경우 헤더에 사용되는 부재에 따라 창문의 높이, 크기 및 위치가 결정되어진다.

바닥은 1층 바닥과 2층 이상 위에 만들어지는 바닥으로 구분할 수 있다. 1층 바닥은 기초위에 만들어지는 바닥이며 2층 바닥은 조이스트 구조체 위에 놓이는 바닥이다. 때로는 줄기초에 조이스트를 고정하여 2층과 동일한 방법으로 구성할 수 있다. 철근콘크리트의 슬래브에 해당하는 구조체로서 바닥 두께가 중요한 고려사항이 되며 조이스트의 규격에 따라 180mm에서 300mm까지 크기로 주로 사용된다. 이 구조체 위에 시공되는 단열, 방수, 습식온돌, 마감 등의 높이에 따라 도어의 위치가 결정되어 진다. 벽체 높이가 일정 높이 이상의 경우 달대 공사를 하여 우물천장 등의 실내 인테리어를 자유자재로 활용할 수 있지만 일반적으로 조이스트 하부 플랜지부분에 쉬딩재⁶⁾(sheathing)를 바로 시공하는 경우가 보편적이다.

2.3. 구조 설계

스틸하우스에서 구조 설계에 따라 부재의 규격이 결정되고 설치 간격이 정해지는데 설치되는 방향에 따라 부재가 추가되거나 제거될 수 있다. 구조설계는 구조물에 작용하는 외부의 하중을 분석하여 하중을 지지할 수 있는 적절한 부재를 선정하는 것이다. 일반적인 구조설계는 구조전문가에 의해 이루어지게 되며, 특히 스틸하우스는 박판의 경량형강부재를 사용한 새로운 구조시스템이므로 디자이너가 구조설계에 따른 결과를 적절히 반영해야 한다. 구조설계는 바닥 부재인 바닥 조이스트, 벽체 부재인 벽 스타드, 지붕골조를 구성하는 트러스를 먼저 고려하여 설계하고 그 외 개구부 상부의 헤더와 보, 기둥 부재를 설계한다.⁸⁾ 이 후 건축설계에서 검토된 데이터와 구조설계에서 도출된 데이터를 골조제작도면에 반영한다.

2.4. 골조제작도면

스틸하우스 골조제작도면은 시공현장(field)에서 벽체와 트러스를 만들고 조립하기위해 만든 도면이며, 벽체 전개도(벽체 시공 제작도면), 벽체 배치도, 조이스트 배치도, 트러스 전개도(트러스 시공 제작도면), 트러스 배치도의 4가지로 구분될 수 있다. 골조제작도면을 통해서 필요한 자재의 물량과 작업 스케줄

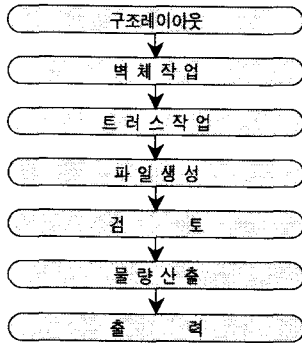
4)건축구조용 표면처리 경량형강(KS D 3854), 인장강도(Fu): 4.1tf/cm²
5)스타드의 설치 간격은 구조 및 마감재에 따라 450, 600, 610간격으로 설치된다.

6)SFA(Steel Framing Alliance), Residential Steel Framing Construction Guide 2004. AISI(American Iron and Steel Institute)

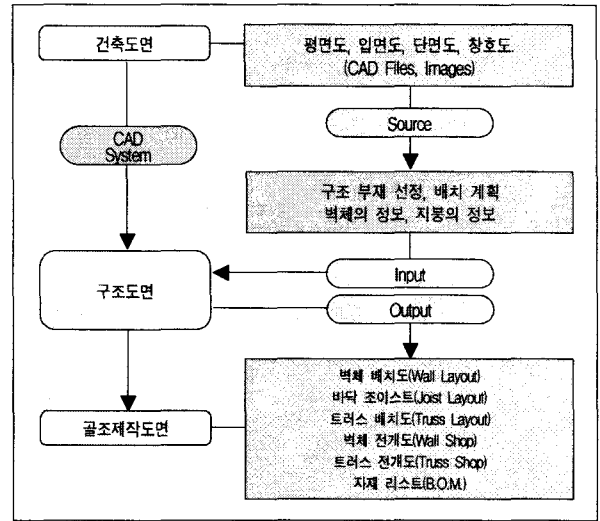
7)대한건축학회, 포항산업과학연구원, 스틸프레이밍공사 시방서 해설집

8)포항산업과학연구원(RIST), 스틸하우스 설계에서 시공까지-2, 2002년 11월 12일.

을 정확하게 되므로 골조제작도면의 정확도는 시공공기의 품질과 공기에 큰 영향을 미친다.



<그림 2> 골조제작도면의 단계



<그림 3> 골조제작도면의 과정

3. 스틸하우스 설계 자동화 모델

3.1. 스틸하우스의 설계 자동화

스틸하우스 설계는 일반 건축사사무소에서 사용하는 여러 종류의 설계 소프트웨어를 이용해 작업될 수 있다. 설계사무소에서 가장 많이 사용하고 있는 AutoCAD 프로그램은 사용자가 LISP이라는 컴퓨터 언어를 통해 독립된 모듈의 프로그램 또는 시스템을 개발할 수 있도록 허용한다.⁹⁾ AutoCAD 작업 환경 내에서 설계도면을 쉽게 작도 할 수 있는 프로그램들이 다수 개발되어 있지만 스틸하우스 골조 도면을 작도하기 위한 프로그램의 개발은 미흡한 실정이며, <그림 3>과 같은 스틸하우스 골조제작 프로세스에 따른 도면 제작 자동화 모듈의 개발이 필요하다.

3.2. 설계 자동화의 타당성 분석

골조제작도면의 단계를 기준으로 45평 주택¹⁰⁾의 스틸하우스 골조제작도면을 기존의 방법에 대한 결과물과 자동화 후의 결과물을 비교해 볼 수 있다. 비교에 선행한 전제 조건으로, 자동화 작업을 위해 AutoCAD 프로그램을 활용하여 스틸하우스의 구조에 적합하게 디자인된 건축도면을 생성토록 했으며, 각 벽체를 요소 별로 분할하여 블록으로 만들어 놓은 데이터베이스가 있어 필요에 따른 부분을 인서트 하여 치수에 맞게 잡아 확장하거나 이동 또는 절단하여 편집하는 방법을 대상으로 하였다.

<표 2>와 같이 위의 골조제작도면은 60장 정도의 도면을 완성하기 위해 21시간이 소요되었다. 이 시간을 단축 할 수 있는 요소로 (a) 평면 단위 벽체 복사 (b) 각각의 벽체 복사 (c) 인서트 규격이 다를 경우 샘플 설정 시간 (d) 개구부 헤더(header), 베이스우드(base wood), 오프닝 사이즈(rough opening size) (e) 전단벽 인서트 후 편집 작업 (f) 치수선 입력(스터드 위치, 개구부 위치, 높이 등) (g) 각각의 벽체 파일생성 (h) 텍스트 작업(부재 규격 및 수량, 카운트, 타이틀 등) 이 관찰되었다. 위의 요소를 단축하여 18시간을 줄일 수 있으며 기존의 82%를 절약할 수 있었다.

<표 2> 작업 시간의 비교

구 분	작업시간		도면 종류 및 설명	도면수량
	수작업	자동화		
구조레이아웃	5시간	3시간	구조일반사항 건축도면 기초 레이아웃 1층 벽체 레이아웃 2층 벽체 레이아웃 2층 바닥 레이아웃 1층 트러스 레이아웃 2층 트러스 레이아웃	15
벽체작업	9시간	0	벽체 전개도면	30
트러스작업	3시간		트러스 전개도면	10
파일생성	1시간		각 도면의 파일로 전환	55
검 토	1시간	20분	구조 흐름, 치수 표기 개구부 사이즈, In Line	
물량산출	25시간	0	Cutting List	5
출 력	3분	30분	출력(A4)	60
합 계	22시간	3시간50분		

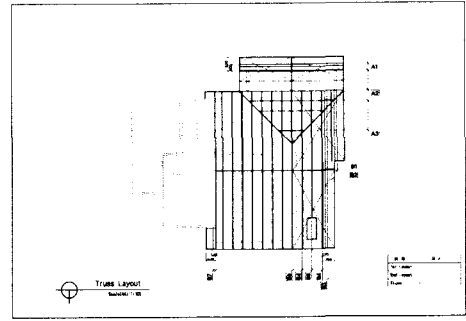
3.3. 데이터 입력 및 도면의 출력

설계단계에서 입력되는 데이터는 <표 3>과 같이 구분할 수 있다.

9)김성아·박현수, 웹 기반 건축자재 조달 모델의 개발에 관한 연구, 대한 건축학회 논문집 계획계 18권 1호(통권159호) 2002년 1월
10)규모:2층, 연면적: 148.76㎡, 지붕경사도: 4/10, 처마 내민길이: 500

<표 3> 입력데이터의 구분

구분	Input Data	세부내용
벽체 전개도	사용부재	Stud, Track, Joist 종류
	벽체	벽체의 높이와 벽체 분할시 나누어진 벽체 길이, 설치 방향
	개구부	개구부가 시공되는 위치 창문과 문의 가로 폭과 높이를 말하며 Rough Opening 으로 표기
	헤더	헤더 하부에 개구부가 바로 설치 될 경우와 크리플 스타드가 설치된 하부에 설치될 경우로 구분될 수 있으며 Box형, I형, L형 타입의 종류
	전단벽체	전단벽체의 위치 및 이를 구성하는 가셋플레이트, 스트랩, 홀다운, 스크류의 규격 및 사이즈, 전단벽체의 시작점과 끝점의 옵션
	코너	벽체와 연결되는 부분으로 수평 및 수직의 "I"형태로 연결될 경우 "T"형태의 수직과 "L"형태의 수직에 따른 옵션
조립보	벽체에 매입 되는 보형태와 벽체위에 설치될 경우의 옵션	
벽체 배치도	벽체	분할 전의 벽체 레이아웃 분할된 벽체의 위치, 시공방향 바닥 레벨, 스타드 설치 간격
	개구부	평면상의 개구부 위치 및 크기
	전단벽	전단벽의 위치, 앵커의 위치
	조립보	보의 위치 및 형태
조이스트 배치도	사용부재	조이스트의 종류
	조이스트	in Line을 기준으로 한 조이스트 위치, 설치 방향, 조인 방법
	바닥레벨	화장실 및 외부 발코니와 같은 위치에서 바닥의 다운 옵션
트러스 전개도	사용부재	상, 하현재, 복부재의 종류
	종류	트러스 종류에 따른 옵션
	경사도	지붕의 경사도
	처마	처마 하현재에 따른 옵션, 처마의 내민 길이
	스팬	트러스 길이, 페이샤(Fascia) 높이
트러스 배치도	트러스	각각의 트러스 종류에 따른 설치 위치
	브레이스	측면하중을 지지하는 브레이스 설치 위치 옵션



<그림 4> 트러스 배치도(Truss Layout)

4. 결론

스틸하우스 골조 공사에 사용되는 부재들은 주자재, 부자재, 접합자재로 분류 할 수 있으며 이것을 세밀하게 나누어 보면 각각 약 20여 가지로 분류 할 수 있다. 이와 같이 다양한 부재의 규격을 통합하고 부재의 도면 표기법을 규격화하여 설계 및 구조계획 시 반영한다면 도면을 숙지하는 시간의 감소와 비용의 절감 효과가 얻어질 수 있으며 더불어 설계자의 의도에 맞는 제작이 보다 용이할 수 있다. 또한 스틸하우스 모듈러 생산(Modular 生産)과 주택의 공업화 생산¹³⁾의 기초가 되는 골조 제작도면의 자동화 시스템을 통해 향후 자재비용의 절감, 현장의 시공성 향상, 공기 감축, Loss을 감소가 이루어지고 이를 통해 우수한 품질의 저렴한 국민주택의 생산이 빠른 시간에 공급되어 질 수 있으므로 기대한다.

참고문헌

1. 포항산업과학연구원(RIST), 스틸하우스 설계에서 시공까지 2,
2. RIST. Steel House 구조설계요령집
3. 정현석, 스틸하우스 공업화기술 해외현황 및 국내 활용방향, 대한건축학회지, 43권 3호(통권 238호) 1999년 3월
4. 김성아·박현수, 웹 기반 건축자재 조달 모델의 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 18권 1호(통권159호) 2002년 1월
5. SFA(Steel Framing Alliance), Residential Steel Framing Construction Guide2004. AISI(American Iron and Steel Institute)
6. 대한건축학회, 포항산업과학연구원(RIST), 스틸프레이밍공사 시방서 해설집, 2002년 9월
7. 정례화, 실내도면 작성과 물량산출을 위한 모델 개발에 관한 연구, 한국실내디자인학회학회지, 1999년 6월(19호)
8. 주서령·배시화, 스틸하우스 실내 공간 계획 방향에 대한 연구, 한국실내디자인학회학회지, 1997년 12월(13호)

이와 같은 데이터를 설계 자동화 시스템에 입력하면 벽체 전개도, 벽체 배치도, 조이스트 배치도, 트러스 전개도, 트러스 배치도 등의 도면이 생성될 수 있다. 이 중 트러스 배치도를 자동화 설계에 의해 생성토록 하였다. 그림4의 도면은 2개의 박공지붕이 수직으로 만나 만들어진 지붕이다. 지붕의 경사도는 동일하기 때문에 교차되어 만들어지는 계곡의 선이 45도¹¹⁾ 각도로 이루어진다. 스패인 큰 트러스 위에 시공된 트러스는 캘리포니아 트러스¹²⁾라고 하며 일반 트러스와 구분하도록 하였다. 모양이 변화하는 트러스를 구분하여 번호를 붙여주며, 트러스 배치도를 그리기위한 데이터를 입력하고 처마부분의 내민 길이와 가장자리에서 시작되는 트러스의 위치를 표기해준다. 이로서 전체적인 트러스 위치를 파악할 수 있고 트러스 전개도를 통해 각각의 트러스를 시공할 수 있다.

11)수평 투영시 나타나는 선일 경우 용마루 선과 지붕의 계곡선은 45도 각도로 이루어진다.
12)밸리 트러스(Valley Truss) 라고도 함.

13)정현석, 스틸하우스 공업화기술 해외현황 및 국내 활용방향, 대한건축학회지, 43권 3호(통권 238호) 1999년 3월