

## 모듈러 주거시설의 단위유닛 제작품질 확보를 위한 공장제작도서 개선 연구

### Improvement of Manufacturing Drawings for Manufacturing Quality Assurance of Modular Housing Unit

황헌준\*

Hwang, Hyun-Jun

정찬우\*\*

Jung, Chan-woo

#### Abstract

In modular architecture, manufacturing drawing which includes whole information for modular unit production is essential since works for modular unit have to be performed in manufacturing factory not construction field. Although the manufacturing drawing is important as known it is insufficient to utilize the manufacturing drawing in modular architecture project and this makes modular unit low-quality with re-work and work time delay. To prevent low-quality modular unit caused by insufficient manufacturing drawing, in this research firstly manufacturing drawing's current situation and error cases in manufacturing phase of past modular housing project were analyzed, and correlation between reduction of errors occurrence frequency and improving manufacturing drawing was verified. Secondly manufacturing drawing improvement factors were deducted in interior, furniture, mechanical work phase which errors' occurrence rate is high and the way of deducting manufacturing drawing lists and contents were suggested with light-weight work as an example in case of new type of errors occurrence. A series of research process can contribute to good-quality modular unit by errors reduction. As a result of research, about half of errors occurrence can be reduced with suggested manufacturing drawing improvement factors. And the manufacturing drawing process can contribute to modular production which have uniform quality.

Keywords : Modular Housing, Prefab Building, Shopdrawing, Manufacturing Drawing

주요어 : 모듈러 주택, 공업화건축, 샵드로잉, 제작도서

#### I. 서론

##### 1. 연구의 배경 및 목적

모듈러 건축은 공장제작된 단위유닛을 현장에 운송/설치하여 건축물을 조성하는 공법이다. 국내에서는 2003년 학교 건축물에 최초 적용된 이후 건설산업 생산성 향상, 국내외 새로운 건설시장 개척, 1~2인 가구 증가 등에 따라 모듈러 건축의 중요성을 인식하여 기숙사, 도시형 생활주택 등 적용범위가 점차 확대중이며 국가 차원의 기술 개발(행복주택 실증 단지, 모듈러 중고층화 등) 또한 진행 중이다.

하지만 모듈러 건축 수행 현황은 현장시공과 유사한 방식으로 제작하는 경우가 많아 공기단축, 고품질 등 모듈

러 건축의 강점을 부각시키지 못하고 있다. 특히, 제작도서 작성 시 철골 등의 특정 공종을 제외하면 실시설계 도면을 기반으로 작업자 경험에 의해 제작되어, 동일제품임에도 불구하고 균일한 품질의 모듈러 단위유닛 생산이 곤란한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 제작도서 미비로 인한 저품질의 단위유닛 생산을 방지하고자 제작도서와 제작오류 사례를 분석하고 개선방안을 제안하여 모듈러 생산품질을 확보하고자 하였다.

##### 2. 연구의 범위 및 방법

연구범위는 모듈러 프로젝트 단계(계획-설계-공장제작-운송-현장시공-유지관리) 중 공장제작 단계에 한정한다.

<Figure 1>은 연구수행 프로세스를 나타낸다. 첫째, 이론적 고찰을 통해 모듈러와 공장제작도서에 대해 분석하였다. 둘째, 기 수행한 모듈러 프로젝트의 공장제작도서 작성 현황 및 하자사례를 분석하고 개선사항을 도출하였다. 셋째, 모듈러 프로젝트 공중분석을 통해 작업 시나리오를 작성하고 정보 분석을 통하여 도서 리스트 및 콘텐츠를 도출하는 일련의 제작도서 작성 프로세스를 제안하였다.

\*정회원(주저자, 교신저자), (주)포스코A&C Manager

\*\*정회원, (주)포스코A&C Team Leader 공학박사

**Corresponding Author:** Hyun-Jun Hwang, Department of Research and Development, POSCO A&C, NEATT, Convensia road 165, Yeonsu-Gu, Incheon, Korea. E-mail: home4u@poscoanc.com

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 주거환경연구사업인 모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술개발(16RERP-B082884-03)의 지원에 의해 연구되었음.

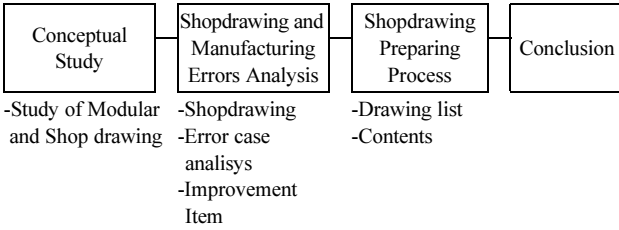


Figure 1. Research Process

## II. 이론적 고찰

### 1. 모듈러 주택의 정의

모듈러 주택이란 현장에서 시공하는 기존의 주택과 달리 유닛박스라는 다수의 입방체로 구성되는 구조체 내부에 각종 내장재, 기계설비, 전기배선 등을 미리 시공하고 이를 현장에 운반한 후 단순 조립하여 완성하며, 일정한 사용기간 후에 다시 해체하여 이동하며 수시로 관련 부품을 호환 할 수 있는 주택을 말한다. 건축현장에서 시공 생산되는 기존의 건설공법과는 달리 70% 이상이 제조 산업과 유사한 공장에서 생산된다는 점에서 큰 차이가 있다(SH Public Corp., 2015).

공기단축, 건축물의 이동 및 재사용, 공사비 절감을 목적으로 공장에서 경량철골을 사용하여 생산한 건축 모듈을 현장에서 조립하는 건축시스템 및 시공 공법이다(Lee, Kim, & Shin, 2011).

### 2. 모듈러 공법의 특징

일반적으로 알려진 모듈러 시스템의 특징을 정리하면 <Table 1>과 같다(Lee, Kim, & Shin, 2011).

공기단축의 비율과 관련해서는 프로젝트별 기본계획과 현장여건에 따라 크게 달라 질 수 있으며 현장조립 전에 보다 많은 준비기간을 필요로 한다. <Table 1>의 내용 외에도 대량생산을 위한 표준화, 낭비요소 절감 등의 특징이 있다.



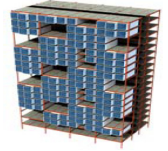
Table 1. Feature of Modular Housing

Features	Contents
Relocatability	Easy demolition and reinstalling
Adaptability and Extendability	Easy addition and remove of module
Short build times	Shorter worktime by 50~60% compared with traditional method
Superior quality	Securing high quality by production in factory
Light weight	Lighter than masonry building by 30%
Design Varification	Structural performance vertically and horizontally makes floor plan combination easy
Eco-environment	Saving resources by reusing materials after demolition
Safer construction	Easy field work management to secure safety

### 3. 모듈러 공법 유형

모듈러 건축 공법은 주요 구조 형식에 따라 라멘식, 내력벽식, Infill식 등으로 나눌 수 있다. <Table 2>에 모듈러 공법별 특징을 정리하였다.

Table 2. Modular Method

Ramen type	Load-bearing wall type	Infill type
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corner column and beam support structural load</li> <li>• Nonstructural wall which not support axis-load to separate space</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steel-stud wall supports structural load</li> <li>• Bracing generally to resist horizontal load</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infill the inside module to structure with structural method</li> </ul> 

라멘식의 경우 각 모서리의 기둥이 유닛을 지지하고, 기둥들은 보가 연결한다. 하부 보 위에는 바닥판이 설치된다. 벽체는 비구조용 스티드 건식벽체가 세워져 창이나 문을 위한 개구부 공간을 구성한다.

벽식의 경우 단위유닛에 전달되는 하중을 지지하기 위한 전단보강 구조용 스티드 벽체가 포함되며 횡하중 저항용 브레이싱이 설치된다.





Infill식의 경우 패널 간의 접합으로 비구조체 내장모듈이 제작된다. 이는 별도 시공된 구조체에 삽입된다. 주로 고층화를 위한 하나의 방안으로 여겨지고 있다.

### 4. 모듈러 주택의 국내의 현황

국내 모듈러 주택은 2006년 강원도 평창지역에 단독주택 형태로 건설되었고 총 8개의 메인 유닛(4.2 M×4.2 M) 하프유닛(4.2 M×1.8 M) 3개 그리고 대형유닛(5.1 M×2.4 M) 3개 등 총 3종류 14개의 유닛이 사용되었으며, 총 면적 50평의 단층규모로 설계되었다(Lim, 2015). 이 후 도시형 생활주택 활성화, 1-2인 가구 증가 등에 따라 천연동 대학생 임대주택, 공릉동 공동기숙사 등 주거 영역 시장에서 다수 프로젝트들이 수행되었다. <Table 3>에 모듈러 공법으로 건립된 대표적인 주거시설 적용 사례를 정리하였다.

청담동 뮤토는 A사에서 개발한 모듈러 브랜드로서 국내 최초로 민간토지를 장기 임대하여 모듈러 주거시설을 건립하였다. 이를 시작으로 천연동 임대주택, 울릉도 희망의 집짓기 등 해비타트와 협업하여 기숙사 및 공동주택을 보급한 바 있다. 그 밖에 B사의 공릉동 공공기숙사, C사에서 공급한 안동 세무서 의성지서 등 모듈러 주거 시설 프로젝트들이 수행되었다.

Table 3. Domestic modular housing cases

Categories	Contents			
	Chungdam MUTO	Chunyeon-dong Rental housing	Gongneung-dong dormitory	Ulleungdo Habitat
Image				
Summary	Modular dormitory which A Co. developed for foreign employees	Rental housing for college students which cooperated with Korea Habitat in Seoul and A Co.	Rental dormitory by SH public corporation	Cooperated habitat project with Ulleungdo
Completion Year	2012	2014	2014	2014
Location	Gangnam, Seoul	Seodaemun-gu, Seoul	Nowon-gu, Seoul	Ulleung-gun, Kyeongsangbukdo
Unit size	3.3 M×6.6 M	3.2 M×2.5 M	2.2 M×6.1 M	3.2 M×6.6 M
Building size	4F, 18Generation	B1/4F, 27Generation	4F, 22Generation	3F, 21Generation
Contractor	A Company	A Company	B Company	A Company

이 외에도 2013년 12월부터 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원은 2017년에 가양지역에 모듈러 공공임대주택을 건설/공급 할 예정이다.

5. 공장생산 프로세스

모듈러 단위유닛의 생산은 대부분의 공정이 공장에서 이루어진다. <Figure 2>에 공장생산 프로세스를 정리하였다. 골조조립 후 바닥판을 타설하고 스틸스터드를 이용하여 벽체 및 천정 프레임을 설치한다. 천정 및 벽체 배선, 배관 작업을 한 뒤, 단열재, 석고보드, OSB 합판 등으로 마감한다. 동시에 UBR공사가 진행 될 수 있으며, 바닥 단열재 및 난방배관 등 바닥마감이 이루어진다. 이후 천정몰딩, 벽지, 걸레받이, 가구 등 내부마감이 이루어지며 외부마감이 설치, 포장 후 최종 출하되어 현장으로 운송 및 설치된다.

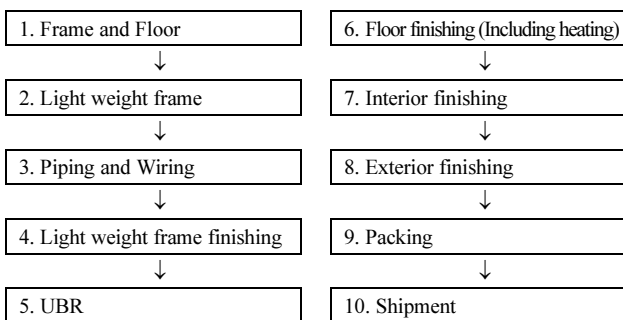


Figure 2. Manufacturing Process of Modular

6. 공장제작도서

건축 분야에서 샵드로잉이란 일반적으로 시공도를 지칭한다. 설계자가 작성한 설계도서(기본설계도, 의장도, 구조도 및 시방서)를 기본으로 시공자가 시공상 필요에 의해서 작성하는 도면을 시공도라 한다. 시공업체가 목적물의 단위공종의 시공을 위한 세부작업 정보를 직접 표시하여 작성한 것이다(Park & Lee, 2014).

제작도는 각 부재, 기기, 설비 등의 설치업체들이 단위작업을 위해 제작업체에서 작성한 것이며 제작도의 종류에는 크게 Part drawing, Assembly drawing, Multi-Assembly drawing, General Arrangement drawing 등이 있다(Simmons & Maguire, 2004).

각각의 도면이 포함하는 정보는 <Table 4>와 같다.

Table 4. Information by Shopdrawing Type

Shopdrawing type	Information
Part drawing	Information for a single part material processing
Assembly drawing	Assembly information with over 2 part materials
Multi assembly drawing	Combination with part drawing and assembly drawing
General arrangement drawing	Information for finished product's feature and relationship of assembly components

<Figure 3>은 제작도 종류들 간의 관계를 나타낸다. 공종별로 작성되는 공장제작도서는 각 공종별 상기 도면 체계를 가지도록 만들어야 작업에 필요한 정보 또한 쉽게 파악 가능하다.

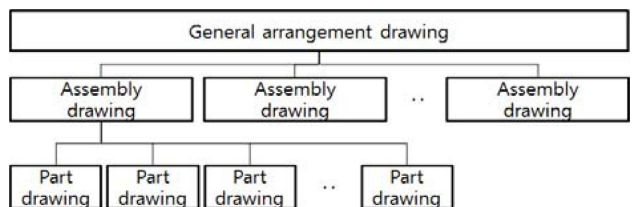


Figure 3. Shopdrawing Structure

시공도와 제작도를 구분한다면, 일반현장에서 이루어지는 공종별 작업정보를 제공하는 도면이 시공도이며, 공장에서 생산되는 부재나 기기 등의 제작을 위해 필요한 도면을 제작도라 한다.

모듈러 단위유닛의 제작은 공장에서 이루어진다는 점과 구조, 건축, 설비 등 다양한 공종들이 이루어진다는 점에서 상기 제작도와 시공도의 정의 모두 차용 할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 모듈러 공장제작도서의 정의를 ‘단위유닛 제작을 위해 설계도서를 기본으로 제작자가 제작상 필요에 의해서 작성하는 도면으로서 유닛제작 시 단위공종 수행을 위한 세부작업 정보를 표시하여 작성한 것’으로 한다.

### III. 공장제작도서와 제작오류 분석

#### 1. 모듈러 프로젝트 샵드로잉 활용 현황 분석

현재 모듈러건축 사업을 수행하는 A사의 기 수행 프로젝트의 샵드로잉 활용현황을 분석하였다. 대상 모듈러 주거시설 프로젝트의 구조형식은 라멘조식이며 바닥판은 데크플레이트 공법으로 수행되었다. <Table 5>는 제작단계에서 공장 생산관리 시 구분하는 단위공종별 도면 현황을 나타낸 것이다.

철골 공종의 Detail Drawing (샵드로잉), 수장 공종의 Wall Shop (벽체패널 전개도), UBR 상세도, 내부 마감 공종의 가구 및 내부마감도, 기계설비의 PS실 슬리브 상세를 제외하면 실시설계 도면 수준에서 제작자 Know-how에 의해 제작되어 지고 있다.

Table 5. List of Shopdrawing by Manufacturing Phase

Categories	Drawings	Drawing subjects
Steel frame	Detail Drawing	Steel sub-con.
	Working design drawing	Design co.
Light weight finishing (board)	Wall Shop	Manufacturing co.
	Working design drawing	Design co.
Interior finishing (furniture/interior)	Interior finishing drawing, Furniture setting drawing	Interior co. Design co.
	Working design drawing	
UBR	UBR detail, Working design drawing	UBR co.
Mechanical	Sleeve detail, Working design drawing	Manufacturing co.
Electronic	Working design drawing	Design co.
Exterior finishing	Working design drawing	Design co.

#### 2. 제작단계 오류사례 현황 분석

모듈러건축 사에서 2011년부터 2014년까지 수행한 국내 모듈러 프로젝트 4건 중 제작단계에서 발생한 하자사례를 분석하여 정리하였다. 각 수행 프로젝트별 공종 담당자들 및 PM이 작성한 자료들을 취합/정리하여 <Table 6>에 하자발생 현황과 개선방안에 대한 내용을 정리하였다.

개선방안에서 ‘검측’ 항목은 도면, 시방서에 제작과 관련된 정보가 명시되어 있어 검측에 의해 보완이 가능하거나 자재검수 단계에서 보완가능한 건들이다. ‘제작도서 개선’은 설계도면 상에 제작에 필요한 내용이 미반영되어 오류가 발생한 부분으로 디테일이 높은 제작도면 작

Table 6. Error and Improvement Item in Manufacturing Phase

Categories	Error	Improvement Item		
		Inspection	Shopdrawing Improvement	Design Improvement
Frame/Inspection	13	8	3	2
Light weight finishing	12	5	5	2
Electronic	6	0	5	1
Mechanical	15	4	9	2
Interior finishing	27	9	13	5
Exterior finishing	9	4	5	0
Total	82	30 (37%)	40 (49%)	12 (15%)

성, 공종간 간섭으로 협업을 통해 오류저감이 가능한 건들이다. ‘설계개선’은 설계변경에 의해 발생한 오류, 자재 표준화 혹은 추후 설계를 개선하여 보완 가능한 건들이다.

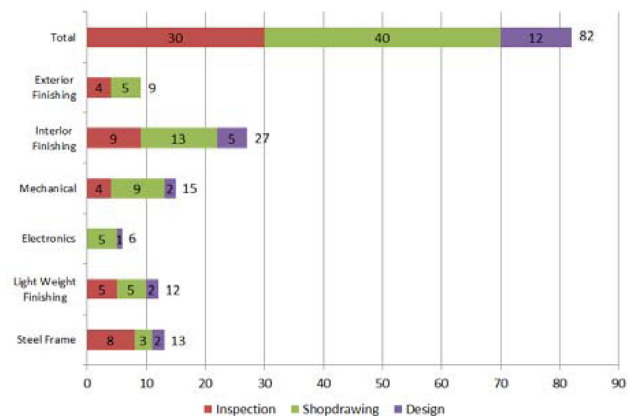


Figure 4. Analysis of Error/Improvement in Manufacturing

<Figure 4>는 <Table 6>에서 도출한 하자발생 현황과 개선방안에 대한 내용을 그래프로 나타낸 것이다. 분석결과 하자 발생 비율은 내부마감/가구 공종에서 82건 중 27건(33%)으로 가장 높았고 기계설비, 철골, 경량철골, 외부마감, 전기설비 순으로 높게 나타났다. 도출된 개선방안에서는 전체현황에서 제작도서 개선에 의한 하자방지가 82건 중 40건(48.8%)으로서, 제작도서를 개선함으로써 전체의 절반에 해당되는 하자발생요소를 방지할 수 있는 것으로 나타났다. 하자발생 빈도가 높은 내부마감 공종만 고려했을 때 제작도서에 의해 개선 가능한 항목이 13건(48.1%)으로 가장 높게 나타났다. 이는 총 하자의 26.8%에 해당한다.

하자 발생 비율이 높은 내부마감/가구, 기계설비부분에서 제작도서 개선에 의해 저감 가능한 하자유형을 <Table 7>에 정리하였다.

내부마감/가구 공종에서는 타일, 보드 등 부착작업 시 절단된 타일/보드가 설치된 하자유형이 4건으로 가장 높았으며, 싱크대 상부장과 환기덕트 부위 등 배관과 간섭되어 가구 타공이 잘 못된 하자유형이 3건으로 두 번째

Table 7. Error Type which can be Reduced by Shopdrawing Improvement

Categories	Error Type	Count
Interior Finishing/ Furniture	Furniture-Electronic/Mechanical pipe interference	3
	Location of lighting equipment	2
	Furniture-Ceiling gap	1
	baseboard joint with baseboard and window	2
	tile and board which are cut	4
Mechanical	Using low durability material	1
	Piping interference (wall, piping, UBR etc.)	4
	Location of vertical pipes	2
	Piping extrusion cause transportation risk	1
	Sleeve finishing	1
	Pipe cover	1

로 높았다. 그 외 전기기구 위치, 걸레받이 이음매의 세대 중앙부 발생 등이 있다.

기계설비에서는 벽체, 배관, UBR 등과 간섭되는 배관 간섭에 의한 하자유형이 4건으로 가장 많으며 입상배관의 위치가 오타공되어 수평배관과 연결이 곤란한 등 배관위치 관련 하자유형이 2건으로 두 번째로 많았다. 그 외 외부배관 돌출, 슬리브 마감, 배관보양 등이 제작도서 개선에 의해 저감가능한 하자사례로 나타났다.

두 공종의 하자유형 항목별 제작도서 요구정보를 정리하면 <Table 8>과 같다.

Table 8. Required Information to Improve Shopdrawing by Error Types

Error Type	Required Information
Furniture-Electronic/Mechanical pipe interference	Electronics/Mechanics-Furniture interference detail drawing
Location of lighting equipment	Location of lighting equipment drawing
Furniture-Ceiling gap	Furniture-Ceiling joint molding drawing
baseboard joint with baseboard and window	Baseboard detail drawing baseboard joint detail with window frame
tile and board which are cut	Tile/board distribution drawing
Using low durability material	Specifying material detail
Piping interference (wall, piping, UBR)	Piping interference detail drawing
Location of vertical pipes	Vertical pipe detail drawing
Piping extrusion cause transportation risk	Specifying pipe installation's scope (factory/field)
Sleeve finishing	Sleeve finish detail drawing
Pipe cover	Specifying Pipe cover in shopdrawing

공장제작도서를 작성 할 때, 개선사항들이 반영되었는지 검토가능한 체크리스트를 작성한다면 기존 하자사례를 미연에 방지 할 수 있는 공장제작도서 작성이 가능하다.

<Table 9>에 내부마감/가구, 기계설비 공종의 제작도서를 작성할 때의 체크리스트를 정리하였다.

Table 9. Shopdrawing checklist

Interior Finishing/ Furniture	1. Holes of furniture by pipe, mechanical, electronic equipment are reviewed and drawn?
	2. Lighting equipment is located properly and drawn?
	3. Proper finishing is specified at joint between furniture and ceiling in drawing?
	4. Distribution drawing is drawn and tiles/board are designed not to cut.
	5. Proper material usage is reviewed and specified?
Mechanical	1. Pipe Interference(with wall, pipe, UBR) detail is reviewed and drawn?
	2. Vertical pipe location is considered and reviewed with horizontal pipe location?
	3. Extrude pipes to outdoor exist?
	4. Work scope between factory and field is distinguished?
	5. Finishing spec. around sleeve is specified clearly?
	6. Direction about sleeve cover work is specified?

#### IV. 공장제작도서 리스트 도출

3장에서 의 오류사례 분석을 통해 도출한 요구정보와 체크리스트는 전체 발생사례의 26.8%에 해당되는 하자 저감을 기대 할 수 있지만, 각 모듈러 주택 프로젝트에서 사례와 다른 유형의 하자가 발생할 가능성을 배제 할 수 는 없다. 따라서 작업 기반의 공장제작도서 작성을 위한 프로세스 정립이 반드시 필요하며, 이를 위해 우선적으로 단위작업 단계까지 공중분석이 이루어져야 한다.

본 장에서는 도출한 단위작업별 수행에 필요한 정보를 분석하고 이를 도면화하는 작업을 통해 최종적으로 공장 제작도서 작성에 필요한 콘텐츠 및 리스트 도출 프로세스를 제안하였다. 프로세스 제안은 비교적 공종의 선후관계가 명확하고 배선/배관과의 간섭발생 빈도가 높은 경량 철골설치 공종을 대상으로 선정하였다. <Figure 5>에 분석과정을 도시하였다.

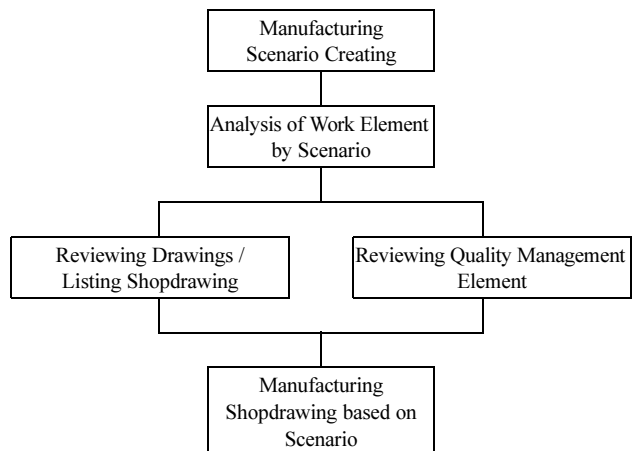


Figure 5. Analysis Flow

1. 모듈러 프로젝트 작업 시나리오 분석

작업시나리오 분석 대상은 A사에서 진행중인 모듈러 프로젝트(G프로젝트) 중 도시형생활주택으로 건립되는 단위 유닛 1개(16 m<sup>2</sup>)이며, 벽식 구조에 데크플레이트 바닥판 공법이 적용되었다. 특이사항은 구조재의 내화가 내화석 고보드로 이루어진다는 점과 발코니와 복도가 단위유닛에 포함되어 있다는 것이다.

공중분석은 실제 제작담당자와의 면담과 기존 모듈러 프로젝트의 공중을 참고하여 진행하였다. <Table 10>에 중공종 분류만 정리하였다. 최종포장까지 출고 전의 공장에서 이루어지는 모든 작업을 분류하는 단위가 되겠다.

Table 10. Categories of Middle Manufacture Phase

Number	Manufacture Phase	Number	Manufacture Phase
01	Steel frame	08	Light weight conc'
02	Deckplate	09	Heating piping
03	Structural fireproof	10	Waterproof and tile
04	Light weight steel	11	Mortar and floor paper
05	Piping and wiring	12	Interior finishing
06	Light weight steel finishing	13	Exterior finishing
07	UBR	14	Packing

중공종(Lv1) 단위에서 소공종(Lv2)-작업시나리오 2단계로 걸쳐 세분화하여 작업시나리오를 도출하였다. <Table 11>에 경량철골 공종의 작업시나리오 도출과정을 정리하였다.

Table 11. Work Scenario Analysis (Light Weight Steel)

Lv1 Phase	Lv2 Phase	Work Scenario
:	:	:
04 Light weight steel	Runner and stud setting	Part member production and hole
		Top and bottom runner setting
		Stud arranging and fixing
		Opening seal fixing at top and bottom
		Cripple stud arrangement and fixing
		Screwing
	Windows and door frame setting	Dimensioning of stocked windows
:	:	:

2. 시나리오별 작업요소 분석

<Table 11>에서 정리한 시나리오(단위작업)를 수행하기 위해 필요한 정보는 크게 3가지로서 부재형상, 설치위치, 작업방법으로 구분 할 수 있다. <Table 12>에 작업시나리오별 필요한 정보를 분석하여 자재, 위치, 작업방법 3가지 분류로 정리하였다.

시나리오 수행을 위해 필요한 정보는 형상, 위치, 방법 3가지 요소를 모두 필요로 하는 경우, 작업방법에 대한 정보만 필요한 경우도 있으며, 형상정보와 작업방법 정보만 필요한 경우 등 작업 시나리오별로 요구되는 정보유형은 상이하다.

Table 12. Information for Work Scenario (Lightweight Steel)

Categories	Work Scenario	Information for work		
		Component Shape	Location	Method
	Part member production with hole*	Runner/ Stud	-	Forming Cutting
	Top and bottom runner setting	Runner	Ceiling, Floor	Screwing
Runner/ Stud setting	Stud arrangement and fixing	Stud	Wall	Positioning
	Fixing stud at top and bottom of opening	Stud for opening	Wall	Positioning
	Criffle stud arrangement, fixing	Criffle stud	Wall	Positioning
	Screwing runner and stud	-	Wall	Screwing

\* when produced in manufacturing company's factory

3. 도면화 표현방안 검토

공장제작도서는 공장제작과 관련된 정보를 정리한 것이기 때문에 작업시나리오의 정보를 어떻게 도면화하여 잘 보여줄 수 있는지가 제작도서의 핵심이 될 수 있다. 도면 구성요소들은 기본적으로 평면(천정, 바닥), 입면, 단면, 텍스트, 일람표가 대표적이다. 작업시나리오 별 필요정보들을 도면 구성요소들로 표현하는 일련의 과정들을 <Table 13>에 정리하였다.

예를 들어, 상하부 런너 설치하는 평면(바닥, 천정)에서 모듈 골조에서의 설치위치를 알 수 있고, 입면에서 설치레벨 관련 정보가 있어야 정확한 설치위치 확인이 가능하다. 또한 입면과 평면이 동시에 필요한 시나리오에 대해서는 3D 요소가 도면의 이해를 도울 수 있다. 텍스트를 통해 조립 및 시방사항에 대해 정보를 쥐야하며, 일람표에서 자재 수량에 대해 알 수 있어야, 자재 반입 및 검수를 효과적으로 할 수 있다. 요약하면, 상하부 런너 설치를 위해 필요한 도면 표현요소는 평면(바닥), 입면, 평면(천정), 3D, 텍스트, 일람표가 되겠다.

런너 설치의 후속 시나리오인 스테드 배치 및 고정과 관련해서는 스테드 위치가 표시된 평면도만 있다면 상하부 런너에 부착되는 스테드의 부착위치는 명확하다. 하지만, 개구부 상하면에 설치되는 수직(크리플 스테드), 수평 스테드들의 설치위치 파악은 개구부 상하면을 절단면으로 하는 평면이나, 입면을 통해 정보를 줄 수 있는데, 입면으로 표현하는 것이 정보량이나 다른 시나리오의 입면과의 중복성을 고려했을 때 효율적이다. 중복성이란 다른 시나리오의 입면과 동일한 도면에 표기가 가능하여 도면의 작업량을 줄일 수 있는 것을 뜻한다.

평면(바닥) 1개에 상하부 런너 설치와 개구부 상하면 절단면 시나리오의 자재 설치위치에 대한 위치정보를 줄 수 있고, 상부 런너 설치 정보를 지닌 평면(천정)은 평면(바닥)과 위치가 동일하므로 최종적으로 제외 가능하다. 이

Table 13. Expression Way Draw by Work Scenario (Runner and Stud Setting)

Work scenario	Information for work			Expression way					Creating Drawing List		
	Component	Location	Method	Floor	Elev.	Sect.	Ceil	3D		Text	Schedules
Part member production with hole*	Runner/Stud	-	Forming Cutting			●			●	●	Specifications Schedules Section (part member) Floor plan1 Elevation7 3D Specifications Schedules Inspection List 1. Part drawing • Runner/Stud part drawing: Section/Schedules/Machining 2. Assembly drawing • Runner/Stud setting drawing: Floor/Elevation/Schedules/ Specifications 3. General arrangement drawing • Runner/Stud general drawing: 3D/Schedules 4. Inspection List
Top and bottom runner setting	Runner	Ceiling, Floor	Screwing	●			●	●	●	●	
Stud arrangement and fixing	Stud	Wall	Positioning	●					●	●	
Fixing stud at top and bottom of opening	Stud for opening	Wall	Positioning		●				●	●	
Criffle stud arrangement, fixing	Criffle stud	Wall	Positioning		●				●	●	
Screwing runner and stud	-	Wall	Screwing		●				●	●	
Inspection											

\* when produced in manufacturing company's factory

렇게 중복요소와 제외요소를 삭제하고 필요정보는 반드시 포함하면서 도면량을 최소화하는 방향으로 도면화 요소들을 추출했다. <Table 10>에서 런너 및 스티드 설치와 관련하여 필요한 도면 요소는 단위부재의 단면, 평면, 입면, 3D, 시방사항, 일람표, 그리고 추가적으로 품질관리에 필요한 검측리스트이다.

4. 도면 리스트 추출

도면화 검토를 통해 도출한 도면요소들에 제작도 체계를 반영하여 리스트화 하면 <Table 14>와 같다. Part drawing에는 런너 및 스티드 단위부재 제작에 대한 단면과 일람표, 타공을 포함한 가공 관련 정보가 포함된다. 단위부재의 조립에 대한 정보를 제공하는 평면(바닥), 입면, 시방사항, 일람표는 Assembly drawing에 표현 될 수 있다. General arrangement drawing에서는 전체 부재의 상관관계가 3D로 제공되어 각 조립 부재들의 상관관계를 쉽게 파악할 수 있도록 한다. 도면 체계와 별도로 각 공종 후 진행되는 검측과 관련하여 검측리스트를 도면화 하여 도면과 실제 제작 결과물과의 비교, 하자 점검 등이 용이하도록 한다.

Table 14. Drawing List (Runner and Stud)

Categories	Drawing title	Information
Part drawing	Runner/Stud shopdrawing	Section/Schedule/ Work information
Assembly drawing	Runner/Stud setting drawing	Floor/Elevation/ Schedule/Specification
General arrangement drawing	Runner/Stud general drawing	3D/Schedule
Inspection	Runner/Stud inspection list	Runner/Stud inspection item

V. 결론 및 향후 방향

모듈러 프로젝트의 샵드로잉 활용현황을 조사하고 제작 단계 오류사례를 개선방안 유형별(제작도서의 개선, 검측 개선, 설계 개선)로 분석한 결과 제작도서 개선에 따라 하자를 방지 할 수 있는 항목들은 전체의 총 48.8%이었다. 그 중 55%가 내부마감/가구, 기계설비 공종에서 발생했으며, 두 공종에 대해 하자유형별 제작도서 요구정보와 체크리스트를 도출하여 향후 동일한 패턴의 하자를 미연에 방지 가능하도록 제안하였다. 이를 통해 <Figure 6>과 같이 전체 발생오류의 26.8%에 해당되는 하자방지가 가능할 것으로 기대된다.

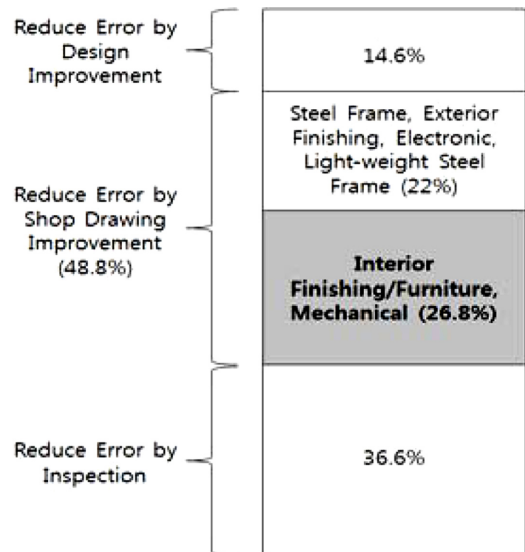


Figure 6. Expected effect throughout Shopdrawing Improvement of Interior and Mechanical

제작도서 내용의 개선과 체크리스트 추가만으로 하자 발생 저감에 큰 역할을 할 것으로 보이며, 작성하는 과정에서 이루어지는 각 설계 담당자(구조, 건축, 기계, 전기)들과의 협업을 통해 현장에서 해결했어야 될 각 분야들 간의 간섭사항들을 사전에 검토하여 보완함으로써 공기 지연 요소의 사전방지가 가능하고, 설계오류 또한 사전 대비하여 원활한 제작이 이루어 지도록 할 수 있다.

사례와 동일하지 않은 유형의 하자발생 또한 고려하여, 제작도서 작성 시 리스트와 콘텐츠를 도출하는 프로세스를 경량철골 공종을 실례로 제안하였다. 공장제작도서는 공종별로 작성되어야 하며, 이를 위해서는 각 공종별로 세가지 체계(Part drawing, Assembly drawing, General drawing)와 검측리스트를 고려하여 작성해야 하며, 제안한 프로세스 기반으로 공장제작도서 작성 시 약 48.8% 하자 저감이 가능할 것으로 기대된다.

추가적으로 공장제작도서 개선에 따라, 외주용역시 Part drawing의 소부재 발주도면 활용, 공종별 작업지시나 도면 색인 시간 절감 등의 효과가 기대되며 검측리스트의 제작도서 반영을 통해 검측작업 지시/검토/체크에 활용되는 문서관리 또한 용이해질 것이다.

실제 하자저감 효과 검증은 위해서는 제안한 프로세스를 기반으로 전 공종에 대한 제작도서 작성이 이루어져야 하며, 향후 현장 적용성 검토가 필요하다.

이와 별도로, A3 또는 A1 출력물로서 공장에서 주로 활용되어지는 등 공장제작 여건과 제작도서 활용 현황을 고려하여 기능공이 보아도 도면을 이해 할 수 있도록 하기 위해 콘텐츠(2D, 3D, 일람표, 키맵 등)의 적절한 배치, 3D 도구(Revit, Solidworks) 활용 등 가독성 및 활용도 향상 방안에 대한 추가 연구도 이루어져야 할 것이다.

## REFERENCES

1. Griffiths, B. (2006). *Engineering drawing for manufacture*. Sterling: Kogan Page Science.
2. Han, J. J. (2014, March). 'Gongneung-dong dormitory with modular method' Image. *Asia Economics*. Retrieved from <http://m.asiae.co.kr/view.htm?no=2014031600355343342#ba>
3. Hanifan, R. (2015). *Perfecting engineering and technical drawing reducing errors and misinterpretations*. New York: Springer.
4. Kim, J. Y., & Lee, J. K. (2014). A basic study on the application of modular construction -Focused on the analysis of case study-. *Journal of the Korean Housing Association*, 25(4), 39-46.
5. Kim, H. S., Lee, S. Y., & Hwang, H. J. (2014). *Case study to improve quality (lessons-learned)*. Seoul: POSCO A&C Technology Development Department.
6. Lawson, M., Ogden, R., & Goodier, C. (2014). *Design in modular construction*. London and New York: CRC Press.
7. Lee, K. B., Kim, G. L., & Shin, D. W., (2011). A proposal for optimizing unit modular system process to improve efficiency in off-site manufacture, transportation and on-site installation. *Journal of the Korean Construction Engineering and Project Management*, 12(6), 14-21.
8. Madsen, D. A., & Madsen, D. P. (2010). *Engineering drawing & design*. New York: Delmar Cengage Learning.
9. Maguire, D. E. (2003). *Engineering drawing from first principles*. Burlington: Butterworth Heinemann.
10. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2009). *Guideline of shopdrawing making-out*. Kwacheon: Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.
11. Park, G. J., & Lee, Y. J. (2014). *Method of construction working drawing to secure quality*. Seoul: Gimun-dang.
12. SH Public Cooperation (2015). *Modern modular housing*. Seoul: SH Public Cooperation.
13. Simmons, C. H., & Maguire, D. E. (2004). *Manual of engineering drawing*. Burlington: ELSEVIER.

Received: November, 29, 2016

Revised: December, 21, 2016

Accepted: December, 23, 2016