

사례분석을 통한 모듈러 건축의 현장 작업자 안전관리 체크리스트의 분류 체계 제안

전영훈¹ · 김균태^{2*} · 전은비³

¹한국건설기술연구원 건설정책연구소 전임연구원 · ²한국건설기술연구원 건설정책연구소 연구위원 ·
³한국건설기술연구원 건설정책연구소 UST학생연구원

Proposal of a Classification System of Checklists for Safety Management of On-Site Workers in Modular Construction

Jun, Younghun¹, Kim, Kyoontai^{2*}, Jeon, Eunbi³

¹Research Specialist, Department of Construction Policy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

²Research Fellow, Department of Construction Policy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

³UST Student, Department of Construction Policy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

Abstract : Recently, the government is reinforcing safety management at construction sites to prevent safety accidents in construction works, and the safety management plan of workers is an important situation. Meanwhile, modular construction is expected to be gradually expanded to middle and high-rise buildings, but active measures to ensure worker safety are insufficient. This study is a preliminary study of the development of a checklist for preventive worker safety management. The purpose of this study is to derive a checklist classification system for the safety management of workers in the field of modular construction by preceding studies, case analysis, and expert advisory opinions. The classification system consists of large categories of factory manufacturing, transportation, and on-site construction, and the sub-system consists of six sub-classes: foundation work, frame work, modular frame installation work, finishing work, and facility work. Among them, the sub-classification of modular frame installation work consists of 12 unit works, centering on module lifting and assembly module work, which are the main construction processes. And the classification system reflects the three main management factors and contents for defined safety management. It is expected that the research results of this study can contribute to efficient safety management at the modular construction site.

Keywords : Modular construction, Safety management, Classification system, Checklist, Case analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2019년 건설업종의 산재사고 사망자는 전체 사망자의 50.1%로 가장 큰 비율을 차지하고 있으며, 건설업에서의 산업재해 사고는 지속되고 있다(Ministry of Employment and Labor, 2020a) 이에 대응하여 정부에서는 건설공사 안전관리를 강화하고 있다. 일례로 Ministry of Employment and

Labor(2020b)는 건설공사 안전보건대장의 작성 등에 관한 고시를 제정하였다. 이 고시는 건설공사의 계획부터 준공까지 단계별 안전보건대장 작성 의무를 포함한다. 이러한 안전보건대장에는 유해·위험요인, 안전보건 조치 등이 포함된다(Kim, 2020). 이 세부 내용들은 체크리스트 등 다양한 방법을 활용하여 대응할 수 있다. 왜냐하면 이러한 방법들은 사전에 유해·위험요인, 사고의 발생 가능성과 중대성 등을 파악하고 관련한 감소 대책을 수립하는 과정으로써, 예방적 안전관리활동의 안전점검 도구 중 하나이기 때문이다(Yang et al., 2004). 다시 말하면, 예방적 작업자 안전관리에서는 체크리스트가 중요하다고 할 수 있다.

한편, 모듈러 건축은 공장에서 유닛모듈을 제작하고, 제작된 유닛모듈을 현장으로 운반 및 시공하는 것이다. 모듈러 건축은 유닛모듈의 공장제작으로 인하여 자동화가 가

* **Corresponding author:** Kim, Kyoontai, Department of Construction Policy Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyangdae-Ro 283, Korea

E-mail: ktkim@kict.re.kr

Received May 26, 2021: **revised** September 15, 2021

accepted November 9, 2021

능하고, 공장제작과 현장시공을 동시에 진행할 수 있다. 따라서 높은 생산성과 일정한 품질을 확보할 수 있다는 특징이 있다. 또한 기존 RC건축방식에 비하여 현장 작업량이 적기 때문에, 현장에서 위험작업이 감소하는 장점도 있다. 이러한 이유로 기존 건축방식에 비하여 안전한 건축방식으로 인식하는 것이 일반적이다(Jeong, et al., 2019). 하지만 모듈러 건축은 크레인 등 양중장비를 사용하여 유닛모듈을 인양하고 설치하는 공법적 특징이 있다. 이로 인하여 유닛모듈의 양중과 조립을 위한 고소작업 시 추락(떨어짐), 전도(넘어짐) 등의 위험에 노출되는 경우가 빈번하다. Ministry of Employment and Labor의 2019 산업재해보고서(2020a)에 따르면, 추락(떨어짐) 사고는 2019년 전체 산업재해 발생 건 중 40.6%를 차지할 정도로 사고사망자가 가장 많이 발생하는 위험재해이다. 그러나 기존의 모듈러 건축에서는 유닛모듈의 품질관리에 집중되어 있고, 작업자 위험관리를 통한 안전관리는 미흡한 실정이다(Jun et al., 2020). 모듈러 건축은 저층 주거지에 적용되고 있으며, 최근에는 중고층 건축물 등 점차 확대 적용될 예정이다(Jang, 2021). 하지만 안전관리를 위한 정보수집이나 사고분석 사례가 적고, 국내 모듈러 건축 공사에서의 구체적인 안전관리 현황을 분석하기에는 어려움이 있다. Jeong, et al., (2019)이 OSHA의 모듈러 공법 관련 사고 데이터(107건)를 분석한 결과를 보면, 안전사고는 제작단계(26건, 24.3%)보다 시공단계(81건, 75.7%)에서 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 시공단계에서 사고가 가장 많이 발생한 작업은 유닛 설치 작업(43건, 51%), 지붕 마감 작업(16건, 20%), 유닛 양중 작업(6건, 7%), 외장 마감 작업(6건, 7%)순이다. 그리고 사고유형은 추락사고(29건, 36%), 충돌로 인한 사고(22건, 27%), 낙하물에 의한 사고(19건, 23%)가 있다. 사고원인은 자재 및 장비 자체의 결함(26건, 32%), 불안정한 작업 공간 및 플랫폼(19건, 23%), 안전장비의 부재(8건, 10%), 작업공간의 부적절한 배치(8건, 10%)가 있다. 다시 말하면, 모듈러 건축공사의 안전사고는 공장 제작단계에 비해 현장 시공단계에서 많이 발생하며, 모듈러 건축이 중·고층화 될수록 사고 발생 위험이 증가하기 때문에 사고 발생 빈도도 높아진다고 할 수 있다. 그리고 외부 및 고소 작업 시 안전관리 방안의 부재 또는 미준수 등이 주요 원인이라 할 수 있다. 따라서 모듈러 건축공사 현장의 유해·위험요인 확인, 작업자 안전보건 조치 등의 예방활동을 실시하여 근로자의 안전을 확보할 수 있는 적극적인 방안이 필요하다.

전술한 바와 같이, 작업자 안전관리는 체크리스트 기법을 활용할 수 있다. 체크리스트 기법은 사전에 세부작업 레벨에서의 유해·위험요소를 분석할 수 있고, 작업의 진행순서 별로 정확하고 쉽게 파악할 수 있다는 장점이 있다(Yang et

al., 2004). 이러한 이유로 체크리스트 기법은 기존 RC건축 현장에서도 안전관리 활동으로 자주 활용되는 방법이다. 하지만 기존의 건축공사 안전관리를 위한 체크리스트에는 모듈러 건축공사의 특성이 반영되지 않아, 모듈러 건축공사 현장에 적용하기에는 한계가 있다. 모듈러 건축이 확대 적용될 예정임을 감안할 때, 모듈러 건축공사용 체크리스트 개발이 시급하나, 아직까지 작업별 레벨수준 등의 분류체계나 안전관리 진행순서조차도 체계화되지 못한 실정이다.

본 연구의 목적은 모듈러 건축의 현장 안전관리를 위한 체크리스트의 분류체계를 제안하는 것이다. 본 연구에서는 선행연구 및 사례 분석, 전문가 인터뷰 등을 실시하여 연구 결과를 도출하고자 한다. 본 연구의 연구결과가 모듈러 건축의 건설현장에서 효율적인 안전관리를 수행하는데 기여할 수 있기를 기대한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

모듈러 건축공사의 작업 단계는 크게 모듈 설계(module planning), 공장 제작(offsite construction), 모듈 운송(module shipping), 현장 시공(onsite construction)으로 구성된다. 본 연구는 모듈러 건축의 작업 단계 중 추락위험이 높은 고소작업이 많고, 모듈러 건축의 공법적 특성이 뚜렷한 현장 시공 단계로 범위를 한정한다. 또한 현장 시공 단계 중에서도 모듈러 설치공사 중 사고위험에 빈번히 노출되는 양중과 조립 작업을 작업자 위험관리의 분석대상으로 하고, 기존 RC건축방식과 작업방식이 유사한 기초공사, 골조공사, 마감공사, 설비공사는 제외한다.

한편 건설공사 안전관리의 범위는 작업자의 안전사고를 직접 유발하는 요인 등 안전보건을 관리하여 재해를 예방하는 작업자 위험관리와 작업자의 안전사고에 영향을 미치는 하나 시공오차, 하자 등 구조안전과 관련한 요인을 관리하는 품질관리로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 안전보건 측면의 작업자 안전관리를 중심으로 분석하고자 한다.

본 연구의 연구방법은 선행연구 및 기존 공법의 안전관리 현황 등을 조사하여 연구의 필요성을 확인한다. 그리고 모듈러 건축의 선행연구 및 사례를 분석하여 현장 안전관리를 위한 분류체계(안)을 도출한다. 또한 전문가 인터뷰(자문)를 통하여 도출된 분류체계(안)의 개선점을 도출하고, 기존 RC 건축의 위험성평가표를 분석하여 모듈러 건축공사의 현장 안전 확보를 위한 주요 관리요소를 정의한다. 정의한 내용을 바탕으로, 최종적으로 모듈러 건축공사의 현장 안전관리를 위한 체크리스트의 분류체계를 제안한다.

본 연구에서는 시공사와 CM사의 실무자(과장급)와 모듈러 프로젝트 전문가에게 기존 건축방식 및 모듈러 건축공사의 안전관리 실태, 분류체계 검토 등 전문가 자문을 실시한다.

2. 이론적 고찰

2.1 모듈러 건축 동향

2.1.1 모듈러 건축 정의 및 적용현황

모듈러 건축은 구조체와 내장재, 기계설비, 전기배선 등 전체 공정의 70~80% 이상이 공장에서 유닛모듈로 제작되어 현장에서 반입되고, 지붕, 외장재, 전기설비 등 마감공사를 현장에서 진행하는 방식이다(Lee et al., 2011).

최근 모듈러 건축은 가양 모듈러 공공(행복)주택, 천안두정지구 모듈러 공공(행복)주택 등 중·소규모 모듈러 공동주택 단지가 건설되었고, 현재 모듈러 건축의 중고층화를 위한 실증단지 프로젝트가 활발히 진행되고 있다(Table 1). 이와 같이 모듈러 건축의 현장적용이 점차 증가하고 있으며 모듈러 건축 현장의 재해예방을 위하여, 모듈러 건축의 특성을 반영한 안전관리 방안이 개발될 필요가 있다.

Table 1. Recent trends in modular architecture

Location	Case	Year of completion	Facility type	Scale	Construction cost (won)
Youngin, Korea	Yongin Yeongdeok Gyeonggi Public Housing	'21.12.31. (expected)	Housing	106 units, 13 floor	176 billion (total cost)
Chungbuk, Korea	Cheonan Dujeong Yongin Yeongdeok Gyeonggi Public Housing	'19.08	Housing	40 units, 6 floor	-
Seoul, Korea	LIF POOM GAYANG	'17.12	Housing	30 units, 4 & 6 floors	18,91billion (modular part)

2.1.2 모듈러 건축의 안전관리 선행연구

모듈러 공법의 안전관리 선행연구들은 <Table 2>와 같이 분석 범위가 모듈 설계에서부터 공장 제작, 모듈 운송, 현장 시공까지 전 과정에 걸쳐 있고, 분석 내용은 사고 원인과 위험요인 도출, 사고저감 방안 제시, 시공 프로세스 분석 등이 있다. 또한 분석 방법으로는 기존 문헌 및 사례 분석, 전문가 인터뷰 등이 있다. 그러나 모듈러 건축의 안전관리와 관련한 선행연구는 대부분이 구조안전에 관한 품질관리 연구에 집중되어 있고, 현장시공 단계에서의 작업자 위험관리에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

선행연구 A는 모듈러 건축공사의 안전사고 발생 사례가 적다는 점을 감안하였을 때, 해외 자료(OSHA)를 기반으로 모듈러 건축공사의 제작 및 시공 단계에서 발생하는 주요 사고 작업, 사고 유형, 사고 원인을 파악하고 작업자의 안전 사고 원인 분석의 중요성 및 사고저감 방안을 제시하였다는 것에 의의가 있다. 그러나 국내 기존 RC건축방식에서 유사 사례를 기반으로 작업자 사고 원인을 분석하여, 작업자 위험

Table 2. Prior research on safety management of modular construction

Case No.	Author (Year)	Work stage	Management scope	Analysis method
A	Jeong, G.S. et al. (2019)	Production, Construction	Worker's risk management	Literature review and Case analysis
B	Jeong, J.H. et al. (2019)	Planning, Production, Shipping, Construction	Quality management	Case analysis and Expert interview
C	Lee, H.J. et al. (2019)	Production	Worker's risk management	Literature review and Expert interview
D	Shin, H.K. et al. (2017)	Planning, Production, Shipping, Construction	Quality management	Case analysis and Expert interview
E	Shin, H.K. and Ahn, Y.H. (2016a)	Construction	Quality management	Literature review, Case analysis and Expert interview
F	Shin, H.K. and Ahn, Y.H. (2016b)	Construction	Quality management	Literature review, Case analysis and Expert interview

관리 방안을 도출할 필요가 있다.

선행연구 B는 모듈러 건축공사의 사례를 분석하여 모듈 설계, 공장 제작, 모듈 운송, 현장 시공 단계의 프로세스 및 업무를 도출하였다. 향후 모듈러 건축의 단계별 리스크 식별 및 원인 분석, 중요도 평가 등을 진행하기 위한 기초연구로 의미가 있다. 하지만, 모듈러 건축공사의 작업자 위험관리 보다는 품질관리 위주의 작업 프로세스와 업무를 정의하여 작업자 안전관리 방안으로 활용하기에는 한계가 있다.

선행연구 C는 모듈러 제작회사의 제작공정표를 참고하여, 모듈러 공장제작용 구조공정표를 도출하고 공장 제작 단계의 작업자 안전위험요인을 제시하였다는 것이 의미가 있다. 그러나 전술한 바와 같이, 모듈러 건축공사에서 작업자 안전 사고는 공장 제작 단계보다 현장 시공 단계가 더 많이 발생하기 때문에, 현장 시공 단계의 프로세스를 고려하여 작업자 위험관리를 위한 현장시공용 분류체계 및 작업자 안전위험요인을 도출할 필요가 있다.

선행연구 D의 연구 목적은 모듈러 건축공사의 재시공 및 추가공사를 예방하여 공사기간 지연과 공사비용 상승 방지이다. 이 연구는 공장 제작에서부터 현장 시공까지 국내외 모듈러 건축공사 사례를 분석하고 시공오차 관리 요구 사항 및 모듈러 건축공사 프로세스 기반 시공오차 관리 의사결정 모델을 제시하였다는 것에 의의가 있다. 하지만 모듈러 건축공사의 품질관리와 관련한 디자인 오류, 설계 변경, 작업자 숙련도, 시공 품질 등과 같은 세부 요인으로 구성되어 있어, 작업자 위험관리에 적용하기에는 연구의 목적과 일부 내용

이 상이한 부분이 있다.

선행연구 E는 선행연구를 분석하여 위험요인을 도출하고 국외 사례(에틀랜틱 야드 B2 프로젝트를) 분석하여 모듈러 건축의 시공 프로세스 단계별 관리 요인 기반의 전체 시공 프로세스 체계를 제안하였다. 이 연구의 결과는 모듈러 건축 현장 시공 단계에서 발생하는 위험요인을 사전 대응할 방안으로써 활용할 수 있다는 점에서 의의가 있다. 그러나 연구 결과가 품질관리 위주로 제시되어 있어, 작업자 위험관리 방안으로 활용하기에는 한계가 있다.

선행연구 F는 모듈러 건축의 품질을 향상시키기 위하여, 모듈러 건축공사의 현장 시공단계에서 발생할 수 있는 위험요인에 대한 시공 프로세스 기반 위험 관리 방안을 제안하고 있다. 이 연구는 위험요인의 사전 대응방안으로써 의미가 있으나, 작업자 위험관리에 적용하기에는 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 기존의 RC건축방식에서 국내 유사 사례를 조사하여 작업자 사고 원인을 분석하고, 작업자 위험관리를 위한 사전 대응 방안으로써, 시공 프로세스 기반의 분류체계(안)을 도출하고자 한다.

2.2 예방적 차원의 현장 안전관리 동향

2.2.1 기존 RC건축방식의 현장 안전관리 현황

최근 제정된 건설공사 안전보건대장의 작성에 관한 고시의 제3조에 따르면, 건설공사 안전보건대장은 산업안전보건법 시행령 제55조에 따라 총 공사금액 50억원 이상 건설공사에 적용하도록 되어 있다(Ministry of Employment and Labor, 2020b). 모듈러 건축공사에는 일반적으로 RC건축방식의 비모듈러 공사와 모듈러 공사가 모두 포함된다. 따라서 이러한 총 공사금액 기준을 적용하면, 모듈러 건축공사도 제도적 범위에 포함될 수 있다. 또한 최근 2~9층 건축물 공사 중 연면적 1천㎡ 이상인 공동주택, 제1·2종 근린생활시설, 공장 등 소규모 건설현장도 안전관리계획의 수립을 의무화하고, 타워크레인 정기안전점검 내실화하는 등 안전관리 강화 방안이 제도화 되었다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020a). 이와 같이 건설현장 안전관리의 제도적 기반이 강화되고 있고, 모듈러 건축공사가 적용되는 현장도 확대될 것으로 예상되므로, 모듈러 건축공사에 대한 안전관리 방안이 마련되어야 하는 시점이다.

한편, RC건축방식에서는 건설공사 안전관리 업무수행지침 등에 따라, 공사별 위험요소, 위험성, 저감대책을 파악하여 사고 위험을 관리하고 있다. 예를 들어 <Table 3>과 같이, 시공사 D사의 경우에는 현장시공 단계의 작업특성, 단위작업, 작업순서 등을 정의하고, 유해위험요인과 감소대책을 상세하게 파악하여 현재 위험성을 평가하고 있다. 이러한 RC건축방식에 비하여 모듈러 건축공사의 안전관리는 도입단

계에 불과하여, 모듈러 건축공사의 단위 작업 및 순서별 위험요소, 저감대책 등의 안전관리 방안이 미진한 실정이다.

Table 3. Example of risk assessment table (excerpt of some contents)

Division	Unit work	Classification	Hazard risk factors	Reduction plan
2-1-1	Material Loading, Unloading, Loading Operation	Human Factor	Collision approaching a worker in the rear while unloading materials with a forklift	1. Prohibition of access to workers behind (around the workplace) 2. Checking the rear before reversing
			Climb to the transport truck and fall during operation	Prohibition of boarding work other than skilled person
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

2.2.2 모듈러 건축방식의 현장 안전관리 현황

전술한 바와 같이, 모듈러 건축의 현장시공은 모듈을 양중하고 조립하는 작업의 특징이 있다. 이러한 특징을 반영하여 시공 효율과 품질을 향상시키는 시공 프로세스 기반의 시공 지침, 시방서, 체크리스트 등이 연구되고 있다(Table 4). 하지만 안전관리 측면에서는 모듈의 이동, 인양, 설치 단계에서 취약한 면이 있으며, 이것은 중량의 모듈 인양, 고소작업 등으로 인해 작업원의 추락, 충돌, 협착, 전도, 감전 등의 안전사고 위험에 노출되기 때문이다. 이러한 안전사고를 예방하기 위해서는 세부 단위작업을 정의하고, 작업순서를 체계적으로 파악하여 세부작업별 안전사고의 주요 요인과 원인을 관리할 필요가 있다. 하지만, 아직까지 안전관리 방안은 제시되지 못하고 있는 실정이다.

Table 4. On-site management case of modular construction

Case No.	Author (Year)	Title
G	Nam, S.H. et al. (2019)	A Study on Development of Owner's Standard Specification Structure for Modular Building
H	Hanyang University(2019)	Guidelines for management of construction errors in the middle and high floor modular construction (draft)
I	KICT(2015)	Guidelines for construction of on-site modular construction (draft)
J	RIST(2015)	Guidelines for Construction of Modular Construction Method
K	KUMKANG KIND(2011)	Checklist for Construction of Modular Method
L	JAIC(2006)	Standard Specification for Modular Construction(draft)

3. 현장 안전관리를 위한 분류체계(안) 도출

3.1 현장시공 프로세스 및 사례별 분류체계 분석

본 연구에서는 선행연구, 사례 등 기존 문헌의 현장시공 프로세스와 분류체계를 분석하여 모듈러 건축의 작업 특성을 확인하고자 한다. 그리고 모듈러 건축의 현장 안전관리를 위한 주요 공정과 세부작업 등을 고려한 현장시공 분류체계(안)을 도출하고자 한다.

3.1.1 현장시공 프로세스 분석

작업단계가 현장시공인 사례는 <Table 2>의 문헌 A, 문헌 B, 문헌 D~F이다. 문헌 A는 유닛 양중, 유닛 설치, 지붕 마감, 내부 마감 단계로 분류하였다. 또한 문헌 B는 터파기, 기초공사, 지하공사, 하차, 양중, 상부층 적층, 천장 마감재 설치 등 세부 프로세스를 제시하였으며, 크게 토목공사, 모듈러 설치공사, 마감공사로 분류하였다. 그리고 문헌 D~F의 경우에는 모듈러 설치 공사의 작업순서를 중심으로 운반, 양중, 조립의 현장시공 프로세스를 제시하였다. 천안두정지구 공공(행복)주택의 사례에서는 가설공, 토목공, 구조공, 건축공, 기계공, 모듈러공 등 작업공종으로 구분하고 있다. 특히 이 사례의 모듈러 공사는 제작 및 반입공사, 현장시공으로 구분하고, 현장시공은 전용부, 연계부로 나누어 현장시공 프로세스를 제시하고 있다<Table 5>.

Table 5. Major activities of the on-site construction process in modular construction

Case No.	Whole process	Major activity of the on-site construction process
A	Manufacturing, On-site Construction	Unit Lifting, Unit Installation, Roof Finishing, Exterior Finishing
B	Schematic Design, Design Development, Construction Design, Factory Manufacturing, Transportation, On-site Construction	Civil engineering, Unit Installation, Finishing
D-F	Design Engineering, Permit&Approvals, Site Development&Foundations, Install&Site Restoration	Transportation, Lifting work, Assembly work
Cheonan Dujeong Public Housing	Temporary work, Civil engineering work, Structure work, Construction work, Mechanical work, Modular work	Manufacturing, Carry-in Construction, and On-site Construction(a dedicated part and a connection part)

사례분석 결과, 현장시공 프로세스는 작업의 정의(definition), 범위(range), 수준(level) 등이 사례별로 차이가 있다. 또한 대부분의 사례가 품질관리에 관한 작업 특징에 집중되어 있다 보니, 작업자 안전관리 측면에서 위험사고를 예방하는데 활용되기에는 한계가 있다. 하지만 모듈러 건축 공사의 시공 프로세스는 공통적으로 비모듈러 공사와 모듈

러 공사로 구분할 수 있다. 예를 들어 비모듈러 공사에는 기존의 RC건축방식의 토공사, 기초공사, 골조공사 등이 포함되며, 모듈러 공사에는 운반, 양중, 조립작업의 모듈러 설치공사, 마감공사, 설비공사 등이 포함된다. 이와 같이 모듈러 건축공사는 기존 공법과는 다른 작업특성이 있으며, 이를 체계화할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 모듈러 건축공사의 작업 특성을 체계화한 사례들을 분석하고자 한다.

3.1.2 사례별 분류체계 분석

본 연구에서는 <Table 4>의 사례 G~L의 분류체계를 분석하였다. 사례 G는 공장 제작, 모듈 운송, 현장 설치로 대분류하고, 현장설치 중분류에는 가설공사, 토목공사, 기초공사, 골조공사, PC코어공사, 모듈러 유닛 1층 공사, 모듈러 유닛 반복층 공사 등이 있다. 사례 H는 공장 제작, 현장 시공으로 대분류하고, 현장시공은 현장조사, 기초공사, 모듈 운반, 모듈 양중, 모듈 조립, 설비공사, 전기공사, 바닥마감재 공사, 내부마감, 외장공사, 지붕공사, 현장 마무리의 작업 공정으로 중분류 하였다. 소분류는 양중 계획, 크레인 설치 및 점검, 모듈 점검, 양중고리 체결, 1층 모듈 정착, 베이스플레이트 연결, 볼트가조립, 시공정밀도 확인, 모듈 수정보환 및 점검, 모듈 본조립 등이 있다. 사례 I는 공장 제작, 현장 시공으로 대분류하고, 현장 시공의 경우 운반, 양중, 조립을 중분류 하였다. 그리고 계획(plan), 사전검토(check), 실행(do), 점검(check)에 따른 상세한 단위작업을 소분류에서 제시하였다. 사례 J는 공장제작, 모듈 현장조립으로 구분하고, 모듈 현장조립은 작업순서에 따라 기초설치, 모듈 운송 및 설치, 내외장 마감, 설비마감의 순으로 중분류 하였다. 사례 K는 주요 부재 생산, 현장 기초 및 앵커공사, 모듈 공장 제작, 모듈 운송, 현장 마감공사로 대분류하고, 현장 마감공사의 중분류는 터파기 및 다짐, 양중계획, 모듈조립, 지붕공사, 외장공사, 설비공사 등이 있다. 사례 L은 토공사 및 기초공사, 공장 제작, 모듈 운송, 현장설치 공종으로 대분류되고, 현장설치는 터파기 및 지정공사, 기초공사, 모듈러 공사 이외 현장시공 공사, 검사 및 준비, 모듈 현장 내 양중, 현장조립이 중분류 된다. 이와 같이, 분류체계는 모듈러 건축공사가 단일 프로젝트(Level 0)로써, 프로젝트를 구성하는 주요 공종이 대분류(Level 1)로 구분된다. 그리고 중분류(Level 2)는 주요 공종을 구성하는 주요 공정으로 분류되며, 소분류(Level 3)는 세부 단위작업으로 구성된다. 다시 말하면, 분류체계는 공장 제작, 모듈 운송, 현장 설치로 대분류하고, 중분류에서는 양중, 조립 등 작업 특성으로 구분하며, 주요 공정에 따른 단위작업으로 소분류가 구성된다고 할 수 있다<Table 6-(A)>.

3.1.3 모듈러 건축의 현장시공 분류체계(안) 도출

본 연구에서는 모듈러 건축공사의 현장시공 프로세스 및 사례별 분류체계를 분석하고, <Table 6-(B)>와 같이, 현장

Table 6. Analysis result of classification system by case

(A)				(B)			
Case No.	Major work (Level 1)	The main process (Level 2)	Work characteristics (Level 3)	Division	Major work (Level 1)	The main process (Level 2)	Work characteristics (Level 3)
G	1. Manufacturing 2. Transportation 3. On-site Construction	3.1 Temporary work 3.2 Earth work 3.3 Foundation work 3.4 Structure work 3.5 PC core work 3.6 Module unit installation work on the 1st floor 3.7 Module unit installation work on the other floor 3.8 Electric work 3.9 Mechanical work 4.0 Roof panel installation 4.1 Roof concrete work 4.2 Metals work 4.3 Joint work		Alt 1	1. Manufacturing 2. Transportation 3. On-site Construction	3.1 Temporary work 3.2 Foundation work 3.3 Structure work 3.4 Modular Construction 3.5 Core work 3.6 Electric work 3.7 Mechanical work 3.8 Finishing work	3.4.1 Anchor-bolt inspections 3.4.2 Lifting modules 3.4.3 Waterproofing installation 3.4.4 Module unit installation work on the 1st floor 3.4.5 Module unit installation work on the other floor 3.4.6 Assembly and Joint work
K	1. Foundation work 2. Manufacturing 3. Transportation 4. On-site Construction	5.1 Lifting work 5.2 Assembly work	5.1.1 Anchor-bolt inspections 5.1.2 Lifting modules 5.2.1 Waterproofing installation 5.2.2 Module installation work on the 1st floor 5.2.3 Module installation work on the 2-4th floor				
H	1. Manufacturing 2. Transportation 3. On-site Construction	2.1 Site survey 2.2 Foundation work 2.3 Lifting work 2.4 Assembly work 2.5 Utility work 2.6 Electric work 2.7 Floor finishing 2.8 Interior and exterior finishing 2.9 Roof panel installation	2.3.1 Planning and organising lifting operations 2.3.2 Crane installation and inspections 2.3.3 Checking modules 2.3.4 Fastening lifting hook 2.3.5 Module unit installation work on the 1st floor 2.4.1 Base plate connection 2.4.2 Assembly bolts (temporary) 2.4.3 Checking accuracy 2.4.4 Module modification and inspections 2.4.5 Module installation	Alt 2	1. Manufacturing 2. Transportation 3. On-site Construction	2.1 Foundation work 2.2 Lifting work 2.3 Assembly work 2.4 Utility work 2.5 Electric work 2.6 Floor finishing 2.7 Interior and exterior finishing 2.8 Roof panel installation	2.2.1 Planning and organised lifting operations 2.2.2 Crane installation and inspections 2.2.3 Fastening lifting hook 2.2.4 Lifting modules 2.2.5 Checking accuracy 2.3.1 Planning and organised assembly operations 2.3.2 Equipment inspection 2.3.3 Base plate connection 2.3.4 Assembly bolts (temporary) 2.3.5 Checking modules 2.3.6 Module modification and inspections 2.3.7 Module installation
I	1. Manufacturing 2. On-site Construction	2.1 Modular delivery 2.2 Lifting work 2.3 Assembly work	2.2.1 Planning and organizing lifting operations 2.2.2 Crane inspections 2.2.3 Lifting modules 2.2.4 Checking accuracy 2.3.1 Planning and organising assembly operations 2.3.2 Inspections equipment 2.3.3 Assembly bolts (temporary) 2.3.4 Module installation				
J	1. Manufacturing 2. On-site Construction	2.1 Foundation work 2.2 Modular delivery and installation 2.3 Interior and exterior finishing 2.4 Utility work	2.2.1 Preparing the balance beam 2.2.2 Loading and modular delivery 2.2.3 Unloading module and modular structure installation 2.2.4 Joint work and inspections	Alt 3	1. Manufacturing 2. On-site Construction	2.1 Foundation work 2.2 Modular delivery and installation 2.3 Preparation 2.4 Lifting work 2.5 Assembly work 2.6 Interior and exterior finishing 2.7 Utility work	2.4.1 Unloading module and lifting modules 2.4.2 Joint work and inspection 2.5.1 Modular structure installation 2.5.2 Joint work and inspections
L	1. Foundation work 2. Manufacturing 3. Transportation 4. On-site Construction	4.1 Preparation 4.2 Lifting work 4.3 Assembly work	4.2.1 Lifting modules 4.3.1 Modular structure installation 4.3.2 Roof module installation				

안전관리를 위한 기준별 분류체계(안)을 도출하고자 한다. 3.1.1의 사례분석 결과와 같이, 전체적인 시공 프로세스는 비 모듈러 공사와 모듈러 공사로 구성되지만, 범위와 수준의 정도에 따라 구분해 보면 특징적인 것이 있다. 예를 들어 사례 G와 K의 경우에는 모듈러 공사가 지상층(1층) 공사와 모듈 반복층 공사로 구분되는 것이 특징이다. 또한 사례 H와 I는 계획, 점검, 작업 실행, 점검을 기반으로 상세한 모듈러 작업 공정을 제시하고 있는 것이 특징이며, 사례 J와 L은 운송 작업과 연계된 양중 및 조립 작업을 제시하고 있는 것이 특징이다. 이러한 내용을 바탕으로, 현장 안전관리를 위한 3가지 분류체계(안)인 Alt 1~Alt 3을 도출하였다. 다시 말하면, Alt 1 분류체계의 기준은 RC구조, 모듈러 구조 등 건축 구조 방식이고, Alt 2는 모듈러 건축공사의 세부 작업순서(공정)에 따른 체계이고, Alt 3는 모듈러 건축공사의 운송, 양중, 조립 등 주요 공종을 중심으로 구성된 분류체계이다.

본 연구에서는 기준별 분류체계(안)이 모듈러 건축의 작업 특성이 반영되었는지, 어떠한 분류체계가 현장에서 활용하기에 수월한지 등을 확인하고자, 전문가 인터뷰를 실시하고자 한다. 그리고 개선점을 보완하여, 작업자 안전관리를 위한 체크리스트의 분류체계를 제안하고자 한다.

3.2 작업자 안전관리 체크리스트의 분류 체계 제안

3.2.1 전문가 인터뷰(1차)를 통한 개선점 도출

본 연구에서는 2020년 7월부터 9월까지 2개월간 대면 및 서면 자문을 실시하였다. 전문가 자문은 모듈러 프로젝트를 5년 이상 수행한 경험이 있는 전문가 3인을 대상으로 서면 자문을 실시하였다. 또한 10년 이상 시공현장에 근무하면서 종합적인 안전관리의 실무 경험이 있는 전문가 7인을 대상으로 면담조사를 수행하였다. 이러한 면담조사를 실시한 이유는 작업자의 사고예방을 위한 위험관리 요소를 파악하는 방법을 기존 건축방식에서 벤치마킹하기 위함이고, 도출된 분류체계가 작업자 안전관리에 활용하기에 적합한지 등을 검토하기 위함이다.

전문가 인터뷰의 구체적인 질문 사항은 다음과 같다.

- ① 모듈러 건축의 작업 특성이 반영되어 있는지 여부
 - ② 현장 적용을 고려한 기준별 분류체계의 검토
 - ③ 모듈러 건축공사의 주요 관리요소 포함 여부
 - ④ 작업 용어 등 쉽게 이해할 수 있는지 여부
 - ⑤ 추가되어야 하는 작업, 누락된 작업 등이 있는지 여부
- 전문가 인터뷰의 주요 결과는 다음과 같다.
- ① 모듈러 건축공사의 현장작업이 모두 포함됨(기초~마감)
 - ② 모듈러 건축공사의 작업순서를 따를 때 작업체크에 유리
 - ③ 안전관리를 위한 세부 작업 불명확
 - ④ 안전관리에 불필요한 항목 삭제 및 용어 재설정 필요

⑤ 안전관리를 위한 세부작업 추가분류 및 상세내용 보완
본 연구에서는 인터뷰 결과의 ②번 내용을 고려하여, 세부 작업순서로 구성된 Alt 2를 기준으로 제기된 개선점을 수정 및 보완하고자 한다. 특히 ③, ④, ⑤번 내용에 대한 모듈러 건축공사의 작업자 안전관리를 위한 주요 관리요소 및 용어 재정의, 세부작업 및 내용 등을 보완하기 위하여, 기존 RC 건축방식의 안전관리 방안인 위험성평가표를 분석하고 현장 작업자 안전관리에 적합한 분류체계를 도출하고자 한다.

3.2.2 위험성평가표 분석에 따른 주요 관리요소 정의

위험성 평가는 사전에 유해위험요인, 부상 및 질병의 발생 빈도와 강도 등을 추정할 수 있는 예방적 안전관리 방안 중 하나이다. 이러한 평가의 결과물인 위험성평가표는 안전보건 관리 책임자, 관리감독자, 안전관리자, 작업자 등 여러 공사 참여자들이 개인적 경험, 지식, 노하우 등을 교류하고, 의사소통하는 과정을 거쳐 개선대책이 작성된다. 이와 같이 위험성평가표는 모듈러 건축의 현장안전관리를 위한 분류체계의 단위작업별 주요 관리요소와 내용을 정의하기에 의미가 있는 기초자료이다. 본 연구에서는 4개의 시공사와 2개의 CM사(S사, DW사, DS사, K사, C사, H사)의 위험성 평가 사례를 수집하여, 모듈러 건축방식과 가장 관련성이 높은 철골공사와 PC공사의 양중작업과 조립작업을 중심으로 분석하였다.

분석 결과, 세부작업별 내용은 기본적으로 계획(Plan)과 점검(Check), 실행(Do) 체계를 기반으로 구성되어 있음을 확인하였다. 또한 <Fig 1> 과 같이, 세부작업별 사고유형은 전도(inversion), 충돌(collision), 협착(narrowness), 낙하(dropping), 비레(flying), 감전(electric shock), 도괴

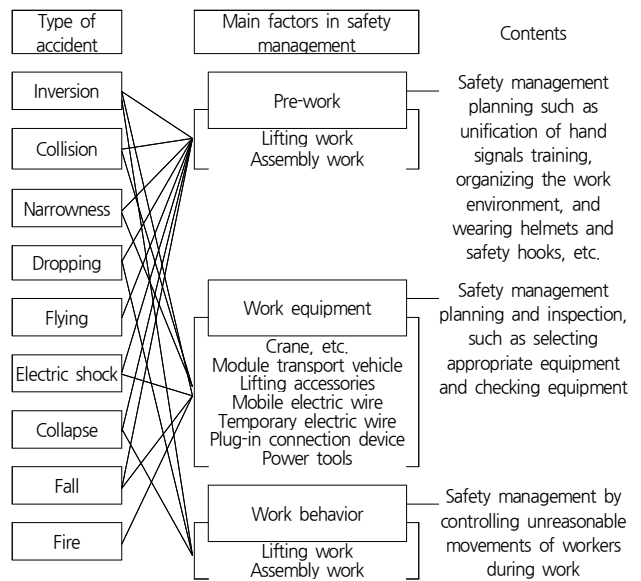


Fig. 1. Main factors in safety management according to the type of accident

(collapse), 추락(fall), 화재(fire) 등 다양하다. 또한 사고유형별 원인을 분석해보면, 사고원인은 사전작업 미비, 장비 불량, 숙련도 미흡, 작업자 부주의, 작업자의 부적절한 위치이동 등이 있다.

모듈러 건축공사 현장에서 위험사고를 예방하기 위해서는 사전 작업, 작업 장비, 작업 행위가 중점적으로 관리되어야 한다. 사전 작업은 수신호 통일, 작업수칙 등 교육, 작업환경 정리, 헬멧 및 안전고리 등 작업자의 안전조치를 계획하고 확인하는 것이다. 또한 작업 장비는 모듈의 인양작업을 위한 양중장비, 인양부속물, 조립작업을 위한 전동공구, 가설전선, 이동전선, 낫을 접속기구 등의 점검이 주요한 관리요소이다. 그리고 작업 행위는 양중작업과 조립작업을 수행하는 중에 작업자의 무리한 동작에 의한 위험사고가 발생하지 않도록 집중 관리되어야 하는 요소이다.

3.2.3 작업자 안전관리를 위한 체크리스트의 분류 체계

전술한 바와 같이, 모듈러 건축공사는 모듈의 공장 제작, 운송, 현장 시공이 주요 공종이다. 그리고 모듈러 건축공사의 현장 시공은 양중작업과 조립작업이 특징적인 작업이다.

본 연구에서는 모듈러 건축공사의 작업자 안전관리를 위한 체크리스트의 분류체계와 단위작업별 관리요소 및 내용을 도출하였다. 체크리스트의 분류체계는 모듈러 건축의 공종인 공장 제작, 운송, 현장 시공으로 대분류(level 1)하고, 현장 시공의 중분류(level 2)는 기초공사, 골조공사, 모듈러 골조설치공사, 마감공사, 설비공사로 주요 공정으로 구분하였다. 또한 소분류(level 3)는 모듈러 골조설치 공사의 경우, 모듈 양중과 모듈 조립으로 세부작업을 분류하였다. 그리고 세부작업의 단위작업(level 4)은 시공 프로세스에 따라 구성되며, 12가지의 단위작업이 있다. 모듈 양중은 사전계획, 장비반입 및 설치, 모듈반입, 작업준비, 양중고리 체결, 모듈양중, 양중고리 해체, 장비반출이 있다. 모듈 조립은 사전계획, 장비반입 및 설치, 작업준비, 모듈 조립 및 고정이 있다.

관리요소(main factor)는 발생 가능한 위험사고가 사전 작업, 작업 장비, 작업 행위 중 해당 단위작업에 영향을 미치는 관리요소를 선정하였다. 또한 내용(contents)은 관리요소에 따른 단위작업별 작업내용을 구성하였다(Table 7).

3.2.4 전문가 자문(2차)을 통한 검증

본 연구에서는 분류체계의 개선 수준, 최종적으로 도출된 체크리스트 분류체계의 정성적 수준 평가(5점 만점), 추후 연구를 위한 고려사항 등을 파악하기 위해 전문가 자문을 통한 검증을 실시하였다. 전문가 자문은 산학연(모듈러 제작업체 2인, 엔지니어링사 2인, 학계 2인, 연구자 1인) 총 7인에게 2020.12.17.부터 2020.12.28.까지 서면으로 실시하였다. 자문 내용은 3.2.1에서 1차적으로 실시한 전문가 인터뷰의 5가지 질문 사항을 중 ①, ③, ④, ⑤이며, 분류체계가 중복, 누락, 불

Table 7. Classification system for safety management Checklist in modular construction

Level 3	Level 4	Main factors	Contents
3.3.1 Lifting modules	3.3.1.1 Planning and organised lifting operations	Pre-work	Planning of lifting work, Approval for use of equipment, Establishment of safety training plan etc.
	3.3.1.2 Bringing in the lifting equipment to the on-site and installation	Work equipment	Installation and inspection of lifting equipment (crane, etc.)
	3.3.1.3 Bringing in the module to the on-site	Work equipment	Installation and inspection of module transport vehicles on site
	3.3.1.4 Preparation	Pre-work	Safety education such as work plan and work rules, unification of hand signals training, organizing the work environment, and wearing helmets and safety hooks, etc.
	3.3.1.5 Fastening lifting hook	Work equipment	Inspection of the connection status of the module, crane, balance the, etc.
	3.3.1.6 Lifting modules	Work behavior	Checking lifting work rules and unreasonable movements of workers the work
	3.3.1.7 Loosen lifting hook	Work behavior	Checking lifting work rules and safety rules when moving equipment off-site
3.3.2 Module assembly	3.3.1.8 Carrying out lifting equipment to the site	Pre-work	Planning ,of assembly work Approval for use of equipment, Establishment of safety training plan
	3.3.2.1 Planning and organised assembly operations	Work equipment	Installation and inspections of assembly equipment (mobile electric wire, temporary electric wire, Plug-in connection device, Power tools, etc.)
	3.3.2.2 Bringing in the assembly equipment to the on-site and installation	Pre-work	Safety education such as work plan and work rules, unification of hand signals training, organizing the work environment, and wearing helmets and safety hooks, etc.
	3.3.2.3 Preparation	Work equipment	Installation and inspection of household equipment systems, lifts, etc the.
	3.3.2.4 Module installation	Work behavior	Checking assembly work rules and unreasonable movements of workers during work

필요한 사항 등 없이 적절하게 도출되었는지, 작업에 대한 정의와 관리 범위, 이해 수준 등에 동의하는지 등이 있다.

전문가 A는 누락되거나 관계없는 공사가 포함되지 않고 분류체계가 잘 구성되었으며, 주요 관리요소, 내용 범위 등 대부분 적절하게 작성되어 5점을 평가하였다. 또한 향후 도출된 내용들을 기반으로 모듈러 공사의 안전재해를 저감하는데 긍정적인 효과를 얻을 수 있을 것이라 답하였다.

전문가 B는 모듈러 건축공사의 현장 시공 전 단계의 시공 정확성(허용오차, 변형, 변위 등)이 확인될 필요가 있으며, 모듈러 건축공사의 모듈 시공방식인 인필방식과 적층방식에 따라 고려사항이 달라질 수 있으므로 추가적인 고려가 필요하다며 3점으로 평가하였다.

전문가 C는 주요 관리요소를 고려하여 모듈러 건축공사의 분류체계가 잘 도출되었다고 판단되며, 추후 다양한 전문가의 의견 수렴 과정과 법령 검토가 진행되어 모듈러 공법의 특성을 반영한 작업자 안전관리 체크리스트가 개발된다면 모듈러 공법의 확산을 위한 매우 중요한 역할을 할 것이라며 4점을 평가하였다.

전문가 D는 현재 분류체계는 누락된 작업 없이 적절히 작성된 것으로 파악되나, 공정별 발생 가능한 안전사고 유형과 위험요인이 상세하게 작성하는 과정에서 누락된 작업을 발굴할 수 있으므로 공정별 발생 가능한 안전사고 유형을 불안전 행동과 불안전 상태로 구분하여 유해위험을 도출하는 것도 방법일 것이라 답하며 3.75점으로 평가하였다.

전문가 E는 현장작업은 대부분 잘 반영하였으나, 장비 및 모듈 반입 시 사전 동선계획 및 안전관리 계획 점검 등이 고려되어야 필요가 있어 4.25점을 평가하였다. 그리고 공장 상하차 작업, 지붕 파라펫트 작업, 외장과 커튼월 시공 등도 고려될 필요가 있다고 답하였다.

전문가 F는 모듈러 건축공사의 공법적 특성이 있는 모듈 양중과 모듈 조립으로 분류한 것은 적절하며, 4점으로 평가하였다. 추가 연구에서는 모듈 양중 후 모듈간 조인트 작업 시 세부적인 안전관리 방안이 보완될 필요가 있으며, 기존 주거지, 신도시, 재건축 등 현장 유형별 안전관리 분류체계가 개발될 필요가 있다고 답하였다.

전문가 G는 모듈러 건축공사의 현장시공 부분은 빠짐없이 잘 정리되었으며, 중량물의 이동, 양중, 설치 단계에서 가장 안전관리에 취약하기 때문에 이러한 부분이 잘 반영되었다고 판단하여 4점을 평가하였다. 향후 추가 연구에서는 비계 설치, 스카이 장비 사용 등 가설 장비를 고려할 필요가 있으며, 돌발적 강풍에 의한 모듈의 흔들림, 통제 불능에 의한 안전사고 등도 체계화될 필요가 있다고 답하였다.

다시 정리하자면, 도출된 분류체계의 정량적 수준은 산술평균 4점으로, 전반적으로 모듈러 건축공사의 현장시공 프로세스에 따라 비교적 잘 정리되었음을 확인할 수 있다 (Table 8).

그리고 주요 의견은 모듈러 건축공사의 안전관리를 위한 유해위험요인, 개선대책 등을 파악하고 관리하기에 유용하게 활용할 수 있는 연구 결과라는 것이다. 또한 본 연구에서는 모듈러 건축공사 안전관리 방안(체크리스트)의 필요성과 추가 연구를 통한 단위작업의 구체화 등에 대한 전문가들의

Table 8. Quantitative level verification result

No.	Division	Respondent	Score(out of 5.0)	Average score
1	Academic institution	Expert A	5.0	4.0
2	Engineering company	Expert B	3.0	
3	Engineering company	Expert C	4.0	
4	Academic institution	Expert D	3.75	
5	Modular manufacturer	Expert E	4.25	
6	Research institution	Expert F	4.0	
7	Modular manufacturer	Expert G	4.0	

공감대가 있음을 확인하였다. 다만, 적층식 및 인필식 등 시공방식과 현장 유형에 따른 분류체계의 필요성, 현장시공 프로세스의 작업범위 및 내용에 대한 인식 차이 등 전문가들의 이견이 있었다. 이러한 부분은 본 연구의 한계점이라 할 수 있다.

향후 연구에서는 이러한 내용들을 고려하여, 사례의 심층 분석 및 실제 현장 참여자들의 의견수렴을 실시할 예정이다. 그리고 도출된 분류체계를 기반으로 한 유해위험요인, 개선대책 등을 구체화하고 체크리스트를 체계화할 예정이다.

4. 결론

최근에 정부는 건설재해를 예방하는 안전관리 방안을 강화하고 있다. 하지만 모듈러 건축공사는 안전관리에 취약한 중·소규모 건설현장이 대부분이고 모듈러 건축물을 중고층화하려는 시도가 지속되고 있으나, 모듈러 건축공사의 안전관리 방안은 미흡한 실정이다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 본 연구에서는 선행연구 및 사례 분석, 전문가 자문의견 반영하여, 모듈러 건축의 현장 작업자 안전관리를 위한 체크리스트 분류체계를 도출하였다.

도출된 분류체계는 공장제작, 운송, 현장시공을 대분류로 구성하였으며, 하위체계는 기초공사, 골조공사, 모듈러 골조설치 공사, 마감공사, 설비공사를 중분류로 구분하였다. 이 중 모듈러 골조설치 공사의 소분류는 주요 시공 프로세스인 모듈양중과 조립모듈 작업을 중심으로, 12가지의 단위작업으로 구분하였다. 그리고 관리요소는 안전관리를 위한 3가지의 주요 관리요소 중 작업 관련성이 높은 요소를 선정하였다. 또한 단위작업별 내용은 관리요소에 따른 작업 내용을 정의하였다.

본 논문은 모듈러 건축공사의 예방적인 안전관리를 위한 체크리스트 개발의 선행연구로써, 기존의 중·소규모 모듈러 건축과 향후 대규모 건축물에 확대적용 시까지 활용 가능한 작업자 안전관리의 기초단계를 마련하였다는 것에 의의가 있다. 또한 본 연구의 연구결과인 분류체계가 전문가 검증

통하여 모듈러 건축공사의 현장시공 특성과 주요 관리요소의 반영 여부, 작업자 안전관리에 활용 가능한 수준, 추가 연구를 위한 고려사항 등이 확인된 것에 의의가 있다고 할 수 있다. 하지만, 일부 전문가들이 시공방식과 현장 유형에 따른 분류체계의 필요성, 현장시공 작업단계의 범위와 세부 내용에 대한 인식 차이 등에 대한 이견이 있다는 것은 본 연구의 한계점이라 할 수 있다.

향후 추가 연구에서는 본 연구의 결과를 바탕으로, 현장 적용이 가능한 모듈러 건축공사의 작업자 안전관리를 위한 체크리스트를 개발할 예정이다. 그리고 본 연구의 한계점을 극복하기 위하여 체크리스트를 실제 현장에 적용하여 검증할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원 주거환경연구사업(과제번호:21RERP-B082884-08) 결과의 일부임.

References

- Ministry of Employment and Labor (2020a). "A report on industrial accidents in 2019." 2019-11.
- Ministry of Employment and Labor (2020b). "Notification on the Preparation of Safety and Health Registers for Construction Works." Ministry of Employment and Labor Notification No. 2020-22, (Jan.15.2020 enacted)
- Kim J.H. (2020). "Reinforce the Preparation of Safety and Health Registers for Construction Works..." "From Plan to Completion." Kukto Ilbo, <http://www.ikld.kr> (Jan. 15. 2020)
- Yang, Y.C., Choi, H., and Kim, J.J. (2004). "An Integrated Operation Method of Safety Checklist and Schedule for Construction Accident prevention." 5(2), pp. 123-131.
- Jeong, G.S., Lee, H.S., Park, M.S., Hyun, H.S., and Kim, H.S. (2019). "Case Analysis and Reduction of Safety Accident in Modular Construction-Focusing on Manufacturing and Construction Process." *Journal of Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, JAIK, 35(8), pp. 157-168.
- Jun, Y.H., Kim, K.T., and Jeon, E.B. (2020). "Study on the Construction Site Worker's Hazard Management System for Modular Construction." Proceedings of the 2020 KAIS Conference, KOREA.
- Jang, C.S. (2021). "GH, the first in Korea to build'middle and high-rise modular homes' in earnest." Financial News. <https://www.fnnews.com/> (Mar. 04. 2021)
- Lee, K.B., Kim, K.R., Shin, D.W., and Cha, H.S. (2011). "A Proposal for Optimizing Unit Modular System Process to Improve Efficiency in Off-site Manufacture, Transportation and On-site Installation." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 12(6), pp. 14-21.
- Jeong, J.H., Cho, J.Y., and Ahn, Y.H. (2019). "Basic Research for Risk Identification and Evaluation of Modular Construction." Proceedings of the 2019 JAIK Conference, KOREA.
- Lee, H.J., Jang, H.B., Jang, H.J., and Ahn, Y.H. (2019). "A Study on Derivation of Worker Safety Risk Factors of Modular Construction-Focusing on the Structural Process in the Factory Manufacturing." Proceedings of the 2019 JAIK Conference, KOREA
- Shin, H.K., Kim, S.Y., and Ahn, Y.H. (2017). "Decision Model of Construction Errors Management Based on Modular Construction Process." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 18(6), pp. 98-108.
- Shin, H.K., and Ahn, Y.H. (2016a). "Modular Building Construction Process Development by Benchmarking International Best Practices." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 17(6), pp. 3-12.
- Shin, H.K., and Ahn, Y.H. (2016b). "A Study of Modular Construction Risk Management Strategies Based on Process." Proceedings of the 2016 JAIK Conference, KOREA.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2020). ENFORCEMENT DECREE OF THE CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROMOTION ACT, Enforcement 2020. 12. 10., President Decree No. 31245, 2020. 12. 8., partially amended
- Nam, S.H., Park, H.G., and Kim, K.R. (2019). "A Study on Development of Owner's Standard Specification Structure for Modular Building." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 20(3), pp. 12-21.
- RIST (2015). Modular Construction Method Construction Guidelines
- Architectural Institute of Korea (2011). The Study on the Development of Standard Specification & Standard Estimation of Modular System
- KUMKANG KIND (2011). Modular Construction Method Construction Checklist
- Architectural Institute of Korea (2006). Standard Specification for Modular Construction (draft)

요약 : 최근 정부는 건설재해 예방을 위하여 건설공사 안전관리를 강화하고 있으며, 예방적 차원의 작업자 안전관리 방안이 중요한 실정이다. 한편 모듈러 건축은 중고층 건축물 등으로 점차 확대 적용될 예정이나, 작업환경이 열악하고 안전관리가 미흡한 중소규모 건설현장이 많아 재해예방을 위한 안전관리가 미흡한 실정이다. 또한 국내 모듈러 건축의 안전관리 방안은 작업자의 안전사고에 영향을 미치나 시공오차, 하자 등 구조안전과 관련한 요소를 관리하는 품질관리에 집중되어 있어, 작업자의 안전보건을 관리하여 재해를 예방하는 작업자 안전관리는 부족한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 국내 연구 개발된 사례들을 분석하고 전문가 자문을 통하여 도출된 모듈러 건축의 작업자 안전관리를 위한 체크리스트의 분류체계를 제안하였다. 분류체계는 공장제작, 운송, 현장시공을 대분류로 구성하였으며, 하위체계는 현장시공의 6가지의 중분류 중 모듈러 골조설치 공사의 세부작업인 양중작업과 조립작업을 중심으로, 12가지의 단위작업을 구분하였다. 그리고 안전관리를 위한 관리요소에 따른 단위작업별 작업내용을 정의하고 분류체계에 최종적으로 반영하였다. 본 연구의 결과가 모듈러 건축의 건설현장에서 효율적인 안전관리를 수행하는데 기여할 수 있기를 기대한다.

키워드 : 모듈러 건축, 안전관리, 분류체계, 체크리스트, 사례분석
