

모듈러 건축 부재 운송 체크리스트 개발

Development for Transport Checklist of Modular Construction Member

김 재 엽* 정 세 힌** 김 동 현** 조 민 진***
 Kim, Jaeyeob Jeong, SeHuin Kim, Donghyun Jo, Minjin

Abstract

Modular construction is a construction method that replaces the existing on-site production method with a factory production method, and can solve various problems raised in the construction industry. However, there are no guidelines for the management of modular construction member transportation in Korea. Therefore, the purpose of this study was to improve the efficiency of transport management by deriving a transport checklist to prevent damage to modular construction members. To derive the checklist, the construction plan was analyzed for eight domestic construction sites where large members were used. Based on this, a transport checklist of 18 items was derived. Based on expert interviews, the appropriateness of checklist items was evaluated. The improved checklist based on the evaluation is expected to contribute to the efficient transportation management of modular construction members because it takes into account the specificity of modular construction.

키워드 : 모듈러 건축, 운송 체크리스트, 운송 관리, 파손 예방

Keywords : Modular Construction, Transport Checklist, Transport Management, Preventing Damage

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

모듈러 건축은 공장에서 제작한 부재를 운송하여 현장에서 조립하는 공법으로, 공장 제작 과정과 현장 작업을 동시에 진행하여 공사 기간을 단축할 수 있다. 또한, 공장 제작 후 현장에서 조립하기 때문에 건설 기능인력 부족 현상을 해결할 수 있으며, 건축물의 품질을 확보할 수 있다[13].

건설산업 비전 포럼, 2023에 따르면 현재 국내 모듈러 건축은 구조와 형태가 간단하고 반복적인 형태를 지닌 학교, 병원, 호텔 등에 주로 사용되고 있다. 한국철강협회 모듈러건축위원회에서 2003년~2021년 국내에서 제작·시공된 모듈러 건축 프로젝트를 대상으로 조사한 연구에 따르면, 모듈러 건축 시장은 2003년 7.8억 원의 규모로 시작하여 2021년 1,475억 원 규모로 성장하였다.

모듈러 공법은 대부분 공장에서 제작한 부재를 차량으로 운송하여 현장에 반입하기 때문에 운송 과정에서 발생할 수 있는 부재의 파손 방지 대책과 운송에 관한 지

침이 필요하다. 그러나 현재 모듈러 운송과 관련하여 법적 기준이 미비하여 운송 회사가 자체적으로 기준을 세워 사용하고 있는 실정이다. 운송 과정에서 발생하는 부재의 파손 등의 문제를 줄이기 위해서는 모듈러 건축 운송 과정에 관한 지침이 필요한 상황이다. 본 연구는 모듈러 건축 부재 운송 과정에서 효율적인 운송관리를 위해 공사 참여자가 사용할 수 있는 체크리스트를 개발하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 모듈러 건축 부재의 효율적인 운송 관리를 위하여 대형 부재가 사용된 건설 현장의 시공 계획서를 분석하였다. 공장에서 생산된 국내 대형 건축 부재 중 모듈러 건축 부재를 대상으로 운송 범위 및 사례를 분석하였다. 모듈러 건축 부재의 효율적인 운송을 위하여 체크리스트를 개발하였으며, 전문가 설문을 진행하여 체크리스트의 활용가능성을 평가하였다.

기존 모듈러 건축 부재 운송 요구사항과 운송 프로세스의 개발 및 개선에 관한 연구와 관련 법규를 분석하여 모듈러 건축 부재의 운송 과정을 도출하였다. 운송 과정에 따라 대형 부재가 사용된 공사의 시공 계획서를 분석하여 세부 검토사항을 도출하였다. 대형 부재 제작업체 종사자의 조언을 바탕으로 모듈러 건축 부재 운송 체크리스트를 개발하였다. 본 연구에서 개발한 체크리스트가 국내 모듈러 건축 부재 운송관리를 위한 지침으로 적정한지 평가하기 위해 전문가 설문을 진행하였다.

* 한국교통대 건축학부 교수, 공학박사

** 한국교통대 학사과정 (Corresponding author : School of Architecture, Korea National University of Transportation, seheun@naver.com).

*** 한국교통대 소속 연구원

This research was supported by the Shinsung A&E Research Grant, 2023.

1.3 기존 연구

모듈러 건축 부재 운송에 대한 영향 요인과 운송 프로세스의 분석 및 개선에 관한 기존 연구는 Table 1과 같다. 모듈러 유닛 운송 시 차량 선정 시 고려사항, 모듈러 건축 공사 프로세스 분석 및 단계별 참여자의 역할, 모듈러 파손 방지를 위한 운송 지침 개발, 안전한 모듈 운송을 위한 가이드라인 개발에 관한 연구가 진행되었다. Seo[1] 외 2명 연구에서는 선행연구고찰을 통하여 모듈러 운송 프로세스에서 운반 경로 선정 시 차량 종류, 속도, 모듈의 폭, 길이, 높이, 무게 등이 검토되어야 한다고 주장하였다. 따라서 운송 시 차량 운행에 관한 규정과 차량 선정 시 고려사항을 도출하여 모듈러 운송 시 기초 자료로 활용하고자 하였다. Shin, Ahn[2]의 연구에서는 모듈러 건축 공사를 원활하게 수행하기 위해 참고할 매뉴얼과 가이드라인이 부족하다고 주장하였다. 따라서 국외 모듈러 건축 사례를 기반으로 모듈러 건축 부재를 제작공장에서부터 공사 현장까지 인계하는 일련의 과정을 분석하였다. Baek[3] 외 2명의 연구에서는 국내에는 모듈러 건축 부재 운송에 대한 최소한의 지침조차 마련되어 있지 않다고 주장하였다. 따라서 국외 모듈러 주택 운송 지침을 분석과 국내 모듈 제작업체의 설문조사 및 선행 연구고찰을 통하여 운송 시 파손 방지를 위한 요구사항을 도출하였다. Cho[4]의 연구에서는 모듈러 건축물은 해당 부재의 설치 위치, 사용 용도, 현장 여건 등에 따라 마감재의 부착 수준이 다른 상태로 운송되는 경우가 많아 운송 중 마감재의 손상을 예방할 수 있는 운송 지침이 마련될 필요가 있다고 주장하였다. 따라서 진동원 및 수준에 따른 진동 저감 방안을 제시하고, 이를 바탕으로 운송 지침을 제안하였다.

본 연구에서는 선행 연구에서 제시한 모듈러 건축 부재의 운송 과정과 단계별 검토사항을 참고하여 대형 부재가 사용된 시공 계획서를 분석하였다. 이를 바탕으로 모듈러 건축 부재 운송 시 효율적인 운송 관리를 위한 체크리스트를 개발하고자 한다.

Table 1. Literature review

Author(Year)	Title
Seol, Back, Kwak(2020)[1]	A Study on Vehicle Operation Regulation and Vehicle Selection in Modular Unit Land Transportation
Shin, Ahn (2016)[2]	A Study on Module Transport Process for Modular Construction
Baek, Kwak, Seol(2016)[3]	Requirements Elicitation of Modular Unit Transportation for Preventing Damage
Cho(2010)	Vibration Characteristics of Modular Building Units in Transportation

2. 모듈러 건축 이론 및 운송 관련 법규

2.1 모듈러 건축 이론 고찰

모듈러 건축이란 현장에서 대부분의 공정이 진행되는 기존의 방식과 차별화를 두어, 공장에서 단위 모듈을 사

전 제작하여 내부 마감까지 완료한 후 현장에 운반해 조립하는 건축 방식이다. 기존 건축산업에 제조업을 접목한 고효율성 건축 방식으로, 구조체와 설비 등이 모듈 공장 제작이 가능하고 개·보수가 간단하여 공사 기간을 단축할 수 있다[7].

모듈러 건축은 3R(Recycle, Reuse, Reduce)형 친환경적 건축이다. 건축 자재 생산 단계 시 구성재의 표준화, 부품화로 건설 폐기물 배출을 감소시킬 수 있다. 주요 부재는 설치 및 해체가 편리하여 재사용이 용이하며, 철거 시에는 모듈의 재활용이 가능하다. 이러한 점에서 모듈러 건축은 환경친화적 측면에서도 주목받고 있다[7].

국내의 경우 모듈 운송에 대한 지침이 별도로 마련되어 있지 않기 때문에 모듈 생산업체마다 자체적으로 지침을 세워 운영하고 있다. 그러나 명확한 기준의 부재로 인하여 운송 중 파손에 대한 문제가 지속적으로 발생하고 있다. Baek[3]은 이러한 문제를 해결하기 위하여 효과적인 모듈 운송을 위한 요구사항을 Table 2와 같이 도출하였다. 4가지 대분류 항목으로 운반 속도 관련 사항, 운반 중 고려사항, 모듈 고정 방안, 모듈 파손 방지 방안을 기준으로 하여 총 15가지의 항목을 도출하였다.

Table 2. Transportation Guidelines Development Considerations[3]

Category	Consideration
Carrying speed related matters	Assessment of the impact of module vibration on vehicle speed (Experiment/Interpretation)
	Assessment of the impact of module vibration on road surface conditions (Experiment)
	Present the highest speed by road type (Highways, Exclusive roads, General national highways, Unpaved roads, Tunnels)
Consideration during transportation	Suggestion for the Packaging of Rainfall Response How to pack during rainfall and how to respond to rainfall during operation
	Evaluation of the Damage to Module Exterior according to Wind Speed (Theory/Interpretation)
	Binding measures to prevent the fall of exterior materials
	Present module transportable maximum wind speed
Module fixation plan	Module Fastener Performance Assessment (Experiment, Interpretation)
	Present module fixture basic performance and specifications (Theory/Interpretation)
	Lower anchorage and anchoring between the module and the vehicle
How to prevent damage to the module	External engagement between the module and the vehicle
	Development of vibration-free devices
	Assessment of vibration control performance of the silent vibration unit
	Free(low) vibration devices by road type Basic performance and specification limitations

2.2 모듈러 건축 부재 운송 관련 법규

국내 모듈러 건축은 점차 시장이 커짐에도 불구하고, 운송에 대한 법적 기준이 없어 모듈 생산업체가 자체적인 운송 지침을 만들어 사용하고 있다. 그러나 법적 기준이 일반 화물 운송으로 제한되어 있어 구조체 및 내·외장재의 파손 등 사고 발생 시 책임소재에 따른 문제가 발생할 수 있다[3].

현재 모듈러 유닛 운송과 관련하여 운행 제한 차량 규정은 도로법과 도로교통법에서 일반 화물과 동일한 기준을 사용하고 있으며, Table 3과 같다.

도로법 시행령에서 규정한 운행 제한 차량은 폭 2.5m, 높이 4m, 길이 16.7m로 제한되어 있다. 통상적으로 사용되는 모듈러 유닛의 규격이 너비 3m, 높이 3m, 길이 6m 내외로 유닛 운송 시 국토교통부령에 따라 제한 차량 운행 허가를 등록해야만 운행이 가능하다. 운행 허가는 국토교통부 운행 허가 시스템을 통해 신청할 수 있으며, 폭 3.5m, 높이 4.5m, 길이 19m의 제한 기준을 초과하는 차량의 경우 별도의 심사 절차를 진행해야한다[1].

Table 3. Korea Expressway Corporation Restricted Vehicle Regulations[8,9]

Regulation	Division	Define	Laws	Enforcement Decree
The Road Act	Overload of goods	Over 1 ton of axial load, Total weight over 40 tons	Article 77 (1)	Article 79 Clause 2 No. 1
	Exceeding specifications	More than 2.5 m wide, over 4.2 m in height, More than 16.7 m in length	Article 77 (1)	Article 79 Clause 2 No. 2
	Axial manipulation	Measurement of load by means of device operation, etc an act of sabotage	Article 78 (1)	Article 80
	Measurement lane violation	Load measurement equipment not installed entering the lane	Article 78 (3)	Article 80-2
	Measurement speed over	The speed of traffic on a measuring lane More than 10 km/h	Article 78 (3)	Article 80-2
	Refusing to comply with three orders	Round, segregated transportation, Failure to comply with a stop order	Article 80	-
The traffic laws	Bad loading	Put a cover over it to prevent the cargo from falling insufficient measures such as tying up	Article 39 (4)	-
	Height	Over 4.2 m above ground level	Article 39 (1)	Article 22
	Length	More than 110% of the length of the vehicle	Article 39 (1)	Article 22
	Width	Can't check after background	Article 39 (1)	Article 22
	Load Weight Exceeded	Over 110% of the maximum load of freight vehicles	Article 39 (1)	Article 22

3. 국내 모듈러 건축 현황

3.1 국내 모듈러 건축 시장의 변화

다음 Figure 1과 같이 국내 모듈러 건축 시장은 2003년 7.8억 원의 규모로 시작하여 2021년 1,457억 원의 규모로 성장하였다. 초기 국내 모듈러 건축 시장은 군 시설을 위주로 형성되었으며 2014년 이후에는 모듈러 건축 시장에서 주거, 상업시설이 차지하는 비중이 증가하기 시작한 것을 확인할 수 있다. 2021년에는 모듈러로 제작한 교육 시설의 비중이 급증하였고 군시설, 주거시설, 교육시설, 상업시설 및 기타시설 등 다양한 건축물에 모듈러 공법이 적용되었다.

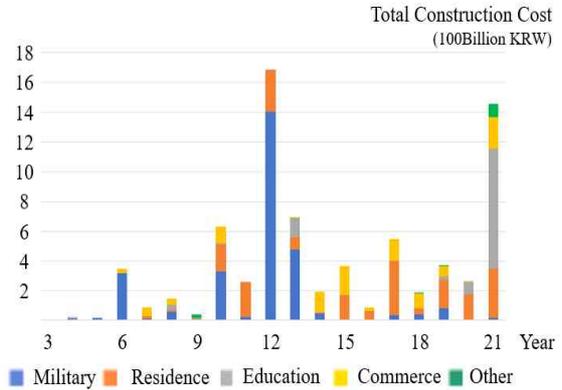


Figure 1. Modular Architecture Market Change

3.2 국내 대형 부재 운송 현황

국내 대형 부재 제작업체 2곳을 대상으로 2021년부터 2023년까지 결재된 56건의 대형 부재 거래 내역을 분석하였다. 분석한 항목은 대형 부재를 현장까지 운송하는 비용인 현장 운송비용과 현장까지 운송한 대형 부재중 결함이 발견되어 현장에서 사용 불가 판정을 받은 대형 부재로 인해 발생한 손실 비용이며 분석 결과는 다음과 같다.

A업체의 경우 현장 운송비용 597,281,000원 중 손실 비용은 542,000원으로, 운송비용에서 0.09%가량의 손실이 발생하였다. B업체의 경우 현장 운송비용 12,975,889,000원 중 손실 비용은 80,634,000원으로, 현장 운송비용에서 0.6%가량 손실이 발생하였다.

대형 부재 제작업체에서 운송 전 품질검사를 실시하여 합격 판정을 받은 부재만이 현장으로 운송되는 것을 고려하면 현장에서 발견된 대형 부재의 결함은 운송 과정에서 발생한 것으로 판단된다.

3.3 모듈러 건축 시공 사례

청주 내곡초등학교는 학생들의 체육수업 및 활동 등을 위하여 대공간 모듈을 최소 5m 확보하여야 하지만 도로교통법상 4.2m의 높이제한 때문에 6.6m 모듈을 운송이 가능한 사이즈인 높이 3.6m 이내 사이즈로 분할하여 운반하였다. 바다, 기둥, 지붕을 부품화하여 운송을 진행되 하였고, 마감부는 패널라이징 공법을 활용하였다. 본관은 층당 9개의 교실로 설계되었으며, 계단실은 학생들의 통행과 비상상황 시 신속한 대피를 위하여 2개의 모듈을 결합하여 제작되었다.[6].

2) 가양동 모듈러 공동주택 실증 단지는 국내 최초로 건축법이 아닌 주택법 주택 건설 기준 등에 관한 규정에서 의거하여 건축된 최초의 모듈러 주택이다. 적층식 공법으로써 벽식 구조와 라멘구조를 활용하였다. 총 2개동 30세대로 각각 4층과 6층으로 건축되었으며, 1층을 필로티 구조로 구성하였다. 전용부분은 모듈러로 공장제작 하였으며, 공용부분의 경우 현장에서 RC로 시공되었다. 모듈 조립은 당초 50일이 예상되었으나, 기상악화로 인하여 75일

이 소요되었다[7].

4. 모듈러 건축 부재 운송 체크리스트 개발

4.1. 모듈러 건축 부재 운송 과정 분석

국내 모듈러 건축 부재 운송 지침을 분석한 선행 연구와 국내 모듈러 운송 관련 법령을 분석하여 모듈러 건축 부재 운송 과정을 도출하였다. 모듈러 건축 부재의 운송 과정에 참여하는 주체를 모듈 운송업체 관리자, 운송기사, 출하 관리자로 선정하였으며 주체별 참여하는 운송 과정은 Figure 2와 같다.

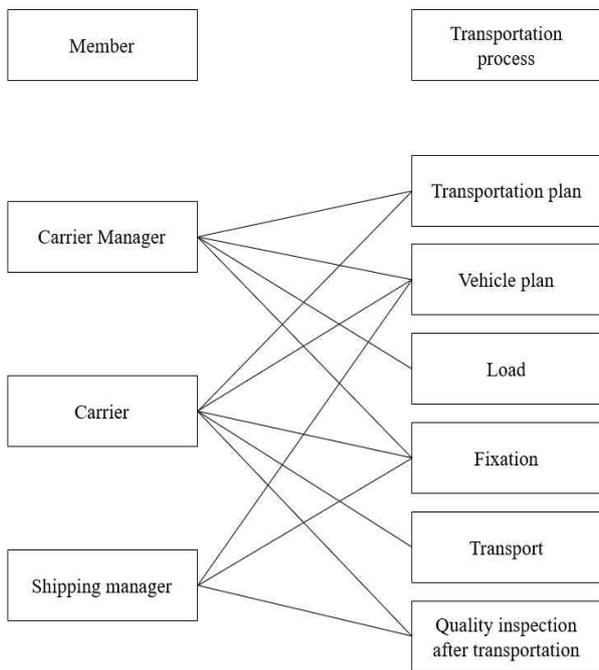


Figure 2. Modular construction member transportation process

4.2 모듈러 건축 부재 운송 과정 세부 검토사항 분석

앞에서 도출한 모듈러 건축 부재 운송 과정을 바탕으로 국내에서 대형 부재가 사용된 8개 건설현장의 시공 계획서를 분석하였다. 분석한 항목은 운송 계획, 차량 계획, 적재, 고정, 운송, 운반 후 품질검사의 6개 항목에 대한 세부 검토사항이며 분석 결과는 다음과 같다. 운송 계획에서는 공사 현장까지의 동선 계획과 운송 수량, 운송 경로상의 통행 제한 구간, 차량 높이 제한 구간 및 기상 제한 등의 법적 제한사항에 관하여 작성되어 있다. 차량 계획에서는 운반 장비 및 차량의 선정과 안전 점검에 관한 기준을 가지고 있다. 적재와 고정에서는 작업에 사용되는 장비의 선정과 작업 방법에 관한 내용을 다루고 있다. 운송에서는 운송기사를 중심으로 운송기사가 숙지해야 하는 내용에 대해 작성되었고, 운송 후 품질검사에서는 부재의 변형 및 파손 상태 점검에 대한 기준이 설정되어 있다.

Table 4. Detailed review of large member construction plan

Transportation process	Detailed review	
Transportation plan	Transportation route planning	Plan of the route to the construction site
		Large absentee transport quantity
	Transit time	
Transport restrictions		weather restriction
		Legal Restrictions
Vehicle plan	Safety check	Carrying vehicle condition check
	Vehicle Selection	Review of legal standards
	Transport equipment planning	Transport equipment type Considerations when selecting transport equipment
Load	Loading method	Load Method Training
		Measures to prevent damage during loading
		Selection of loading method
Loading equipment		Selection of loading equipment
		Check the condition of the loading equipment
Fixation	How to fix it	Selecting a Fixed Method Check the security
	Fixed equipment	Fixed Equipment Type and Quantity
Transport	Carrier	Transportation route and time review
		Safety driving education
Quality inspection after transportation	Check transportation status	Confirmation of deformation of members
		Check for breakage of members

4.3 모듈러 건축 부재 운송 체크리스트 개발

모듈러 건축 부재 운송 과정별로 대형 부재가 사용된 시공 계획서를 분석하여 도출한 세부 검토사항과 대형 부재 제작업체 종사자의 조언을 바탕으로, 효율적인 운송 관리를 위한 모듈러 건축 부재 운송 체크리스트를 개발하였다. 체크리스트의 항목은 Table 5와 같다.

운송 계획 과정에서는 부재의 1일 운송 수량과 경로상에 있는 도로관리청의 허가 및 통행 제한 구간, 차량 높이 제한에 대한 사항을 확인하도록 하였다.

차량 계획 과정에서는 운송에 적합한 차량 선정에 관한 기준을 제시하여, 모듈러 건축 부재 운송 시 법적 제한사항들을 확인하도록 하였다.

적재 과정에서는 적재 방법과 적재 장비 및 적재 장소에 대한 점검 사항을 확인하도록 하였다.

고정 과정에서는 모듈의 형태에 적합한 고정 및 결박 장치를 사용하도록 하여 다양한 종류의 형태, 크기, 무게를 가지고 있는 모듈러 건축 부재의 특성을 반영하였다.

운송 과정에서는 운송 도중 발생하는 모듈러 건축 부재의 파손을 예방하기 위해서 운송기사를 대상으로 작성하여 운송기사가 운송 계획 및 안전 수칙을 숙지하도록

하고 운송 중 급정거 등의 비정상적인 상황 발생 시 모듈의 고정 상태를 확인하도록 하였다.

운송 후 품질검사의 과정에서는 체크리스트 작성자가 아닌 품질관리자가 부재의 상태를 검사하기 때문에 작성자는 품질관리자가 부재의 파손 상태에 대한 검사를 진행하였는지 확인하도록 하였다.

Table 5. Modular building member transport checklist item

Transportation process	Checklist Items
Transportation plan	Did you check the daily transport quantity of absenteeism?
	Is it approved by the Road Management Authority on the transport route?
	Have you checked the restrictions on the transport route (traffic-restricted section, vehicle height-restricted section)?
Vehicle plan	Have you checked whether the vehicle is suitable for transportation of the absence?
	Have you checked the width, length, and weight limits of the vehicle? (Over 2.5 m in width, over 4.2 m in height, over 16.7 m in length, over 1 t in celebration, over 40 t in total weight)
Load	Does the operator know how to load the member? Have you checked the condition of the equipment used for loading operations?
	Did the loading site check for cleanliness and defects?
Fixation	Is the fixing and binding device suitable for the shape of the member used? Did you check for defects in the fixture?
	Is it arranged so that the load of the member is dispersed?
	Did you check the shaking or tightening of the device after fastening the binding device?
	Did you check for damage to the module due to the binding device?
	Did the vehicle safety check be carried out before the operation? Have you checked the location of the vehicle accessories and fire extinguishers?
Transport	Are you familiar with the transportation plan and driving safety rules?
	In the event of an abnormal situation such as an urgent stop during transportation, was the fixing state of the module checked?
	Did the vehicle safety check be carried out before the operation?
	Have you checked the location of the vehicle accessories and fire extinguishers?
Quality inspection after transportation	Has the quality manager checked the damage condition of the module?

4.4 모듈러 건축 부재 운송 체크리스트 신뢰성 평가
개발한 모듈러 건축 부재 운송 체크리스트 평가를 위해 국내 대형 부재 생산업체 종사자 7명과 건축 전문가 3명을 대상으로 설문을 진행하였다. 체크리스트가 모듈의 효율적인 운송 관리를 위한 지침으로 사용 가능한지를 평가하기 위한 설문 내용은 다음과 같다.

첫째, 체크리스트의 검토 항목에 모듈러 건축 부재의 특성 반영이 되었는지 둘째, 모듈러 건축 부재의 파손 발생 시 적절한 해결책 마련에 도움이 되는지 셋째, 운송 과정에서 발생하는 모듈러 건축 부재의 파손을 방지할 수 있는지 넷째, 개발한 체크리스트가 모듈러 건축 부재 운송 관리를 위한 지침으로 사용할 수 있는지에 대하여 평가하였다.

설문 결과 1번 설문에 대한 답변은 평균 4.1점으로 집계되었다. 0점과 1점, 2점으로 응답한 답변이 0표로 집계되었듯이 전문가들이 보았을 때 체크리스트의 검토 항목

에 모듈러 건축 부재의 특성이 반영되었다고 볼 수 있다. 2번 설문에 대한 답변은 평균 4.2점이며 5점으로 응답한 답변이 3표로 체크리스트가 모듈러 건축 부재의 파손 발생 시 적절한 대책 마련에 도움이 된다고 볼 수 있다. 3번 설문에서는 평균 3.8점에 3점으로 응답한 답변 3표로 모듈러 건축 부재의 파손 방지에 대한 검토 항목을 추가로 작성할 필요가 있다. 4번 설문에 대한 답변의 평균은 4점으로 전문가들이 평가하였을 때 본 연구에서 개발한 체크리스트가 모듈러 건축 부재 운송 관리를 위한 지침으로 사용할 수 있다고 평가하였다.

Table 6. Expert Survey Results

content	Scale	Frequency	Average
1) The characteristics of modular building members were reflected.	1	0	4.1
	2	0	
	3	0	
	4	9	
	5	1	
2) In the event of damage It helps to come up with appropriate measures.	1	0	4.2
	2	0	
	3	1	
	4	6	
	5	3	
3) Occurring in the course of transportation of modular architectural members Damage can be prevented.	1	0	3.8
	2	0	
	3	3	
	4	6	
	5	1	
4) Of modular architectural members as a guide to transportation management You can use it.	1	0	4.0
	2	0	
	3	2	
	4	6	
	5	2	

5. 결 론

모듈러 건축은 공장에서 제작한 부재를 현장으로 운송하여 조립하는 공법이다. 공사 기간을 단축할 수 있고, 건설 기능인력 부족 현상을 해결할 수 있으며, 건축물의 품질을 확보할 수 있다. 모듈러 건축 부재는 제작이 완료된 후에 운송을 통해 현장으로 반입된다. 다양한 종류의 형태, 크기, 무게 등 모듈러 건축 부재의 특성이 반영된 운송 지침이 마련되어 있지 않아, 운송 과정에서 난항을 겪거나 부재가 파손되는 경우가 발생하고 있다. 따라서 모듈러 건축 부재 운송 과정에서 효율적인 운송 관리를 위해 공사 참여자가 사용할 수 있는 체크리스트를 개발하고자 하였다.

본 연구에서는 모듈러 건축 부재의 운송 과정별로 검토가 필요한 사항을 도출하기 위해 대형 부재가 사용된

시공 계획서를 분석하였다. 6개의 대분류 항목인 운송 계획, 차량 계획, 적재, 고정, 운송, 운송 후 품질검사를 기준으로 총 11가지의 소분류를 도출하였다. 분석한 결과를 바탕으로 효율적인 운송 과정을 관리하기 위한 체크리스트를 개발하였다. 체크리스트는 6가지의 대분류와 18가지 소분류 항목으로 구성하였다. 또한, 시행일시, 작성자, 특이사항을 작성하도록 하여 세밀한 체크리스트가 활용될 수 있도록 하였다. 개발한 체크리스트를 모듈러 운송 시 활용할 수 있는지 여부를 확인하기 위해 전문가 설문을 진행하였다. 설문은 국내 대형 부재 생산업체 종사자 7명과 건축 전문가 3명을 대상으로 하였다. 체크리스트가 모듈러 건축 부재 운송 관리를 위한 지침으로 사용될 수 있는지 설문을 실시한 결과 전문가들은 본 연구에서 개발한 체크리스트가 사용될 수 있다고 평가하였다.

본 연구는 모듈러 건축 부재의 종류별 특성을 모두 반영하지 못했다는 한계가 있다. 추후 연구에서 이를 보완한다면 앞서 제시한 모듈러 건축 부재 운송 체크리스트가 모듈러 건축 부재 운송에 관한 지침으로 사용될 수 있다고 판단된다.

REFERENCES

1. Seol, W., Back, J., & Kwak, M. (2020). A Study on Vehicle Operation Regulation and Vehicle Selection in Modular Unit Land Transportation, *Proceedings of autumn Annual Conference of Architectural Institute*, 40(2), 26-26.
2. Shin, H., & Ahn, Y. (2016). A Study on Module Transport Process for Modular Construction, *Proceedings of spring Annual Conference of Architectural Institute*, 36(1), 417-418.
3. Baek, J., Kwak, M., & Seol, W. (2016). Requirements Elicitation of Modular Unit Transportation for Preventing Damage, *Proceedings of autumn Annual Conference of Architectural Institute*, 36(2), 1124-1125.
4. Cho, B. (2010). Vibration Characteristics of Modular Building Units in Transportation, *Transactions of the KSNVE*, 20(5), 25-32.
5. Lee, K., Kim, K., Shin, D., & Cha, H. (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*, 12(6), 14-21.
6. Song, K., Choi, Y., Kim, D., & Ha, T. (2022). Construction on Eco-friendly Mobile Modular School. *Journal of Korean Society of Steel Construction*, 34(6), 33-38.
7. Lim, S., Seol, W., & Chung, J. (2020). A study on Constructability Verification for Shortening Construction Period of Modular Apartments and Implement Plan, *Journal of the Korean housing association*, 31(6), 1-11.
8. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Road Act, <https://www.law.go.kr/>
9. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Road Traffic Act, <https://www.law.go.kr/>
10. Jun, Y., Kim, K., & Jeon, E. (2021). Proposal of a Classification System of Checklists for Safety Management of On-Site Workers in Modular Construction, *Korea Journal of construction Engineering and Management*, 22(6), 120-130.
11. Jun, Y., & Kim, K. (2022). Suggestion of Safety Management Activities and Key Check point for Safety Management in Modular Construction Sites, *Proceedings of spring Annual Conference of Korea Institute of Building Construction*, 22(1), 202-203.
12. Kim, S., Lee, S., & Lim, H. (2023). A Basic Analysis of the Management Factors the Application of Modular Construction Method in Buildings, *Proceedings of spring Annual Conference of Korea Institute of Building Construction*, 23(1), 373-374.
13. Korean Research Institute for Construction Policy. (2022). A plan to activate modular construction based on cooperation between construction and manufacturing, *Korean Research Institute for Construction Policy Construction Policy Review*, 77p.
14. Korea Institute of Civil Engineering and Building technology. (2019). *A Strategic Research of Modular Building Research Center*, 21-25.
15. Lee, Y., Lee, D., & Kim, K. (2012). Considerations in the early stage of Designing the Unit Modular Building, *Korean Journal of construction Engineering and Management*, 12(6), 133-142.
16. Yi, W., Wang, S., & Zhang, A. (2020). Optimal transportation planning for prefabricated products in construction, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 35(4), 342-353.
17. Back, C., Kwak, M., Seol, W., Lee, J., Lee, J., & Kim, H. (2020). Development of a 3-axis Controlled Shock Absorbing System(SAS) to Prevent Modular Unit Damage during Transportation, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 36(12), 257-264.
18. Choi, O., Park, M., Hyun, H., & Lee, H. (2016). Transportation and Site Erection Effect Factors Analysis for Modular Construction Process Planning, *Proceedings of spring Annual Conference of Architectural Institute*, 36(1), 369-370.
19. Kozhukhovskaya, L., Baskov, V., & Ignatov, A. (2017). Modular management of indicators of efficiency and safety of transportation processes. *Transportation research procedia*, 20, 361-366.