

# 모듈러 건설의 운송계획 최적화를 위한 시뮬레이션 모델 개발

## Development of Simulation Model for Optimization of Modular Construction Transportation Plan

김현민<sup>1</sup> · 권우빈<sup>2</sup> · 안희재<sup>3</sup> · 조훈희<sup>4\*</sup>

Kim, Hyeonmin<sup>1</sup> · Kwon, Woobin<sup>2</sup> · Ahn, Heejae<sup>3</sup> · Cho, HunHee<sup>4\*</sup>

### Abstract

Off-Site Construction is being widely adopted as an alternative to solve endemic problems in construction industry such as low productivity and efficiency. However, it is strongly recommended to examine the transportation process to be optimized because it determines the size of a modular and influences the cost of the construction. Therefore, in this study simulation model for optimization of modular construction transportation plan was developed using AnyLogic. As a result of the study, the influence of trailer transport capacity and transport time increases as the number of modular which should be transported from factory to site increases.

키 워 드 : 모듈러 건설, 공업화 건축, 운송, 최적화, 시뮬레이션

Keywords : modular construction, off-site construction, transportation, optimization, simulation

## 1. 서 론

전통적으로 낮은 생산성과 효율성으로 대표되는 건설산업은 최근 급격한 사회적 변화와 효율성의 극대화를 위한 사회적 요구로 인해 체질 개선이 중요한 과제로 떠오르고 있다[1]. OSC(Off-Site Construction)는 이러한 현장중심의 건설 문제를 해결할 대안으로 급부상하고 있으며, 시장규모 또한 2020년 이후 약 3.4조원으로 확대될 것으로 전망되었다[2]. 하지만 우선 법률상 제약, 부정적 인식, 표준화, 운송과정 등에 관한 문제 해결이 선행되어야 한다. 특히 모듈러 설계시 크기 결정에 있어 운송방법이 상당한 영향을 미치고, 비용 측면에서 국내 모듈러 공사의 경우 전체 공사비 대비 운송비용이 3.27%를 차지하여 On-site공사 대비 약 2.5~2.9배의 비용이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 운송과정은 모듈러의 크기와 전체 공사비에 영향을 미치므로 시공계획단계에서 최적화된 운송과정에 대한 검토가 매우 중요하다[3].

이에 본 연구에서는 객체지향 시뮬레이션 소프트웨어인 AnyLogic(애니로직)을 활용하여 시공계획단계에서 모듈러 건설의 운송계획 최적화를 위한 시뮬레이션 모델을 개발하고자 한다.

## 2. 연구의 범위 및 내용

### 2.1 생산성 측정 시뮬레이션 모델 개발

본 연구는 AnyLogic을 활용하여 모듈러 운송 시뮬레이션 모델을 구현하였고 적층식 모듈러 공법을 도입한 세종형 사랑의 집짓기 사업 사례를 대상으로 운송 시뮬레이션을 수행하였다. 해당 모델은 그림 1과 같이 트레일러 배차-적재-운송-하역 과정을 반복하며, 모듈러의 크기와 수량, 트레일러의 종류와 대수, 운송경로와 속도를 변수로 지정하였다. 모듈러의 최대 크기는 도로법과 도로교통법, 트레일러 제원에 기반하여 폭6m, 길이16.7m, 높이3.5m로 제한하였고, 트레일러 종류는 20FT형과 40FT형으로 구분하였다. 운송경로는 고속도로를 경유하는 경로와 일반도로만 통행하는 경로로 구분하였고 AnyLogic에 탑재된 GIS 맵 통합 기능을 통해 실제 도로정보를 반영하였다. 국내의 경우, 모듈러 운송 시 속도에 관한 정부 지침이 마련되지 않아 도로교통법 제 19조에 따라 고속도로의 경우 80km/h, 일반도로의 경우 60km/h로 최고속도를 제한하였다. 해당 모델에서 고속도

1) 고려대학교, 건축사회환경공학부, 학사과정

2) 고려대학교, 건축사회환경공학부, 박사과정

3) 고려대학교, 건축사회환경공학부, 박사수료

4) 고려대학교, 건축사회환경공학부, 교수, 공학박사, 교신저자(hhcho@korea.ac.kr)

로를 경유하는 경로로 모듈러를 운송하면 실제 현장에서 모듈러 운송에 소요된 시간인 약 1시간 40분과 유사한 약 1시간 46분이 소요되는 것으로 확인되었다[4].

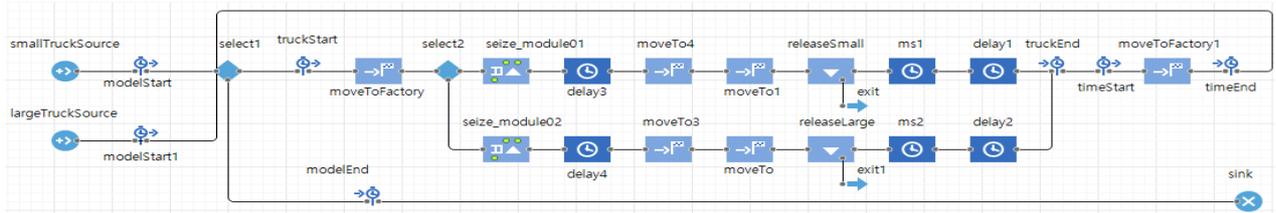


그림 1. 모듈러 운송 시뮬레이션 모델 프로세스

### 2.2 트레일러 운송능력과 모듈러 수에 따른 운송시간 변화

트레일러 운송능력에 따른 운송시간을 비교하기 위해서 제원에 따라 적재할 수 있는 모듈러를 각각 1개(20FT형), 2개(40FT형)로 차등을 부여한 뒤 총 트레일러 수 10대 내에서 20FT형과 40FT형의 비율을 조정하며 시뮬레이션을 실시하였다. 표 1에 따르면 40FT 트레일러의 비율이 증가할수록 운송시간이 감소하고, 모듈러 수 증가에 따른 운송시간 편차가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 모듈러 수에 따른 운송시간을 비교하기 위해서 트레일러 수를 20FT형 5대, 40FT형 5대로 설정한 뒤 모듈러 수를 25개에서 200개까지 증가시키는 시뮬레이션을 실시하였다. 표 2에 따르면 모듈러 수가 증가할 때 운송시간이 평균적으로 15.35분 증가하는 것으로 나타났다.

표 1. 트레일러의 운송능력에 따른 운송시간

모듈러 수(개)		50	100	150	200
트레일러 조건	20FT형				
	40FT형	운송시간(분)			
10	0	994	2046	3100	4155
7	3	919	1829	2663	3508
5	5	775	1609	2408	3159
3	7	682	1429	2174	2896
0	10	678	1180	1923	2427

표 2. 모듈러 수에 따른 운송시간

모듈러 수 (개)	운송시간 (분)	운송시간 증가율 (분/개)	평균 증가율 (분/개)
25	423	기준	15.35
50	775	14.07	
100	1609	15.82	
150	2408	15.88	
200	3159	15.63	

### 3. 결 론

본 연구에서는 AnyLogic을 활용하여 시공계획단계에서 모듈러의 운송과정을 시뮬레이션 할 수 있는 모델을 개발하였다. 트레일러 운송능력과 모듈러 수에 따른 운송시간을 비교한 결과, 모듈러 수가 증가할수록 트레일러 운송능력의 영향력이 증대되고 운송시간 또한 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 모듈러 공사에서 사전 계획 수립 시 모듈러 운송시간 예상 및 트레일러 대수 산정에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 본 연구는 적재 및 하역에 대한 현장 데이터의 부재로 인하여 실제 운송과정 전체를 정확하게 모사하지 못한다는 한계점을 가지고 있다. 따라서 향후 연구에서는 적재 및 하역 과정에 대한 데이터를 수집하여 운송과정의 모든 단계에서 실제 조건을 반영할 수 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 논문은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22ORPS-B158109-03)

### 참고 문헌

1. 이재만, 석원균, 박순전. OSC기반 건설 프로젝트 통합관리 플랫폼. 한국건설관리학회. 2020. p.29-30
2. 유일한. OSC 산업 활성화와 전문건설업의 변화 및 발전방향. 한국건설관리학회. 2019. p.12-18
3. 이현정, 이주성, 임지택. 다중매트릭스 분석기법을 통한 모듈러 건축의 최적 운송장비 선정 의사결정지원 모델, 한국건설관리학회. 2020. p.84-94
4. 이지은, 천영수, 양동석, 안현성, 강미연, 주재영, 송찬균. 가족구성 변화를 고려한 가변형 모듈러 주택모델 연구. 한국토지주택공사 토지주택연구원. 2020. p.46-59