

이산사건 시뮬레이션 기반 모듈러 공장생산계획 수립 모델

Discrete-Event Simulation for Modular Construction Manufacturing Planning

○윤 성 부* 박 문 서** 이 현 수***
Yoon, Sung-Boo Park, MoonSeo Lee, Hyun-Soo

Abstract

Improved schedule performance and productivity of modular construction, which makes use of factory production system of manufacturing industry, can be delivered by effective modular construction manufacturing(MCM) planning. However, current MCM planning lacks comprehensive incorporation of modular-specific resource input, which leads to several problems including bottleneck effect when applied in practice. In this study, Discrete-Event simulation(DES) was adopted to modeling MCM system and model validation was conducted by data comparison from a case project. After additional validation of the model by case studies, this model is expected to support MCM planning.

키워드 : 모듈러 건축, 공장생산계획, 이산사건 시뮬레이션

Keywords : Modular Construction, Manufacturing Planning, Discrete-Event Simulation(DES)

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

모듈러 건축의 가장 큰 장점인 공기 단축과 생산성 향상을 구현해내기 위해서는 전체 공정의 60~80%를 차지하는 모듈러 생산공정관리가 원활하게 이루어져야 한다(Kim et al. 2015). 그러나 현재 모듈러 공장생산계획은 일반 건설 프로젝트를 위해 만들어진 공정계획 방법을 적용하기 때문에, 공장생산에 따른 물량 야적, 투입 자원을 충분히 고려하지 못한다(Moghadam et al. 2012). 이로 인해 두 가지 문제가 발생하는데, 첫째, 야적 공간이 부족하여 큐(Queue)가 길어져 생산 지연, 나아가 생산 중단을 초래한다. 예를 들어, 작업A와 작업B 사이의 야적 공간이 부족하면 새로운 생산품은 작업A가 완료되어도 작업B로 이동하지 못하여 작업B의 시작이 지연되고, 이는 병목현상으로 이어진다. 둘째, 모듈 대량생산에 의한 자원 절감효과를 공정계획에 반영하지 못하여 실제 데이터와는 상이한 결과를 낼 수 있다. 대량생산에 의한 자원 절감으로 작업량이 줄어들어 모듈 생산기간이 단축되기 때문이다.

이산사건 시뮬레이션은 작업별 특성, 작업시간 및 투입

자원을 반영하여 시스템을 모형화하기 때문에 효과적인 공정 분석이 가능하고, 물류 흐름의 시뮬레이션, 제조시스템의 분석 및 설계에 대한 연구에도 활발히 이용되어 왔다. 이와 같은 특성을 가진 이산사건 시뮬레이션은 제조업에서 사용하는 생산방식을 바탕으로 하는 모듈러 공장생산 시스템을 시뮬레이션 모델링하고 분석하기에 적합한 방법이다. 본 연구에서는 모듈러 공장생산 시스템을 이산사건 시뮬레이션 모델링하고 이를 기반으로 모듈러 공장생산계획 수립을 위한 모델을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구는 모듈러 건축의 공정계획 중 공장생산 단계를 대상으로 한다. 이를 위해 (1) 문헌고찰을 통해 모듈러 공장생산 시스템의 시뮬레이션 변수들을 도출하고 (2) 모듈러 공장생산 프로세스에 대해 분석하여 (3) 모듈러 공정생산계획 수립을 위한 시뮬레이션 모델을 구축 및 검증하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

2.1 모듈러 공장생산계획

Bae et al.(2012)은 기존 모듈러 공장생산 프로세스의 문제점을 생산성과 투입 인력 측면에서 분석하고 개선방안을 제시하였다. Kim et al.(2015)는 다중 프로젝트를 지원하는 모듈러 공장의 생산계획 수립을 위해 야적 개수를 최소화하는 모듈러 유닛의 공장생산 순서 및 운송 순서를 유전자 알고리즘 기법을 활용하여 도출하였다.

선행 연구들은 모듈러 건축 프로젝트의 공장생산계획

* 서울대학교 건축학과 대학원 석사과정

** 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Seoul National University, mspark@snu.ac.kr)

*** 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사

이 연구는 2020년도 국토교통부 주거환경연구사업 모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술 개발의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:20RERP-B082884-07

수립에 주로 노동력의 측면에서 평가를 시도하였으며 자재 공급, 수량 등 투입 자재에 대한 고려는 미비하였다. 더불어 해외 모듈러 관련 문헌들은 건식 자재와 목재를 사용한 모듈을 대상으로 진행된 연구가 많아 국내의 습식, 철골 모듈 타입에 직접 적용하기에는 무리가 있다.

2.2 이산사건 시뮬레이션 (Discrete Event Simulation, DES)

이산사건 시뮬레이션은 시간상 구분 가능한 시점에서만 시스템의 상태 변화를 추적하는 방식으로 이산적이고 동태적인 시스템 모형에 대한 시뮬레이션이다 (Kim 2002).

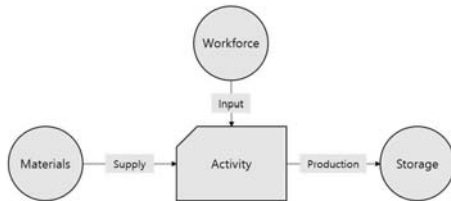


그림1. DES Model Structure (Adopted from Hwang et al. 2016)

이산사건 시뮬레이션은 크게 자원(Resources)과 작업(Activities)으로 구성된다 (Hwang et al. 2016). 자원은 작업에 투입되는 원자재(Materials)와 인력(Workforce)을 뜻하며 공급 및 소모로 인해 값이 지속적으로 변화한다. 작업은 필요 자원이 공급되면 시작되어 정해진 시간 동안 수행되고, 작업이 완료되면 생산품은 다음 작업을 위해 야적장(Storage)으로 이동한다. 그림1은 이산사건 시뮬레이션 모델 구조를 도식화한 것으로, 이를 바탕으로 3.1절에서 모델 구축을 위해 모듈러 공장생산시스템을 재구성하였다.

3. 모듈러 공장생산 프로세스 시뮬레이션

3.1 모델 구축

시뮬레이션 모델 구축을 위해 먼저 모듈러 생산공정을 Pre-Station, Station, Post-Station, Shop Work의 4단계로 구분하고, 각 단계별 세부 작업의 선·후행 관계를 분석하여 생산공정의 프로세스를 설정하였다. 이후 각 공정의 세부정보(작업시간, 원자재, 생산품, 야적장, 투입 자원)를 반영하여 모듈러 생산공정의 이산사건 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 그림2는 이산사건 시뮬레이션 모델링을 위해 모듈러 공장생산 프로세스를 재구성한 개념도이다.

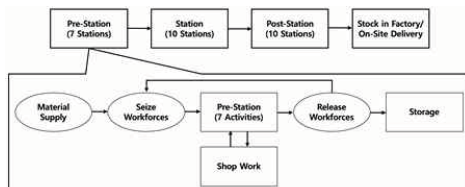


그림2. Modular Construction Manufacturing(MCM) Process (Adopted from Hwang et al. 2016)

3.2 모델 검증 및 시뮬레이션 결과

구축된 모델의 결과와 Y사 Case Project의 실제 데이터와의 비교를 통해 모델 검증(Validation)을 실시하였다. Case Project의 내용은 표1과 같다.

표1. Description of Case MCM Project

Category		Content
No. of Units	30 EA	(3000*6000*3200 mm)
Duration	62 Days (Factory Production)	
Resource	Workforce	175 Workers
	Materials	Channel, Plate, Angle, Stud, Finishing, etc.
	Equipments	Laser Cutting Machine, Forklift, etc.

시뮬레이션 결과 모듈 30개 제작에 70일이 소요되었으며, 실제 데이터인 62일과는 8일의 오차를 보였다. 이는 기존 공정계획 방법에 추가적으로 생산공정에 투입되는 모든 자원을 시뮬레이션에 반영한 결과로, 모듈 생산과정 진행과 동시에 일어나는 자원 공급의 변화도 반영 가능하다. 본 연구에서 제시한 모델은 대규모 모듈러 프로젝트보다는 중·소규모 모듈러 프로젝트가 주를 이루고 있는 국내의 모듈러 건축 시장 환경에서 Case Project와 같은 소규모 모듈러 프로젝트의 공장생산계획 수립 지원에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

4. 결론

모듈러 건축 프로젝트의 공기 단축과 생산성 향상을 목표로 하는 모듈러 공장생산계획을 수립하는데 있어 기존의 건설 공정계획 방법을 적용하기에는 한계가 있다. 본 연구에서는 이를 보완한 공장생산계획 수립 모델을 제시하기 위해 이산사건 시뮬레이션을 통하여 모듈러 공장생산 시스템을 모델링하고 실제 데이터와의 비교를 통해 구축한 모델을 검증하였다.

본 연구에서 제시한 공장생산계획 수립 모델은 이산사건 시뮬레이션을 활용하여 공장생산 프로세스의 작업, 그리고 작업에 투입되는 자원을 모델에 반영하였다는 점에서 의의가 있다. 향후 추가적인 사례 연구로 모델 검증을 거치면 본 모델을 실제 산업분야에서 모듈러 공장생산계획 수립에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Kim, M., et al. (2015). Development of manufacturing planning for multi modular construction project based on Genetic-Algorithm. Korean journal of construction engineering and management, 16(5), 54-64.
- Moghadam, M., Alwisay, A., & Al-Hussein, M. (2012). Integrated BIM/Lean base production line schedule model for modular construction manufacturing. In Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World (pp. 1271-1280).
- Hwang, S., et al. (2016). Hybrid simulation framework for immediate facility restoration planning after a catastrophic disaster. Journal of Construction Engineering and Management, 142(8), 04016026.
- 배병운 외 3인, 모듈러 공장생산 프로세스 개선을 위한 컨베이어 시스템 적용 방안-공장생산 중심으로, 2012
- 김선민, 경영시뮬레이션, 2002