

2025년 추계학술발표대회 : 일반부문

이산사건 시뮬레이션 기반 모듈러 철골 프레임 제작 공정 모델 개발에 관한 연구

A Study on the Development of a Discrete-Event Simulation Model for the Modular Steel Frame Production Process

○문 석 현*
Moon, Seok-Hyeon

정 찬 우**
Jung, Chan-Woo

안 용 한***
Ahn, Yong-Han

Abstract

This study addresses the inefficiency of Korean modular construction factories, which often rely on experience rather than data-driven analysis. To solve this, a discrete-event simulation model was developed based on real-world data from a steel frame sub-assembly process. The model's accuracy was validated by confirming that its simulated daily output closely matched the actual factory's production volume. The research concludes that simulation is an efficient and low-risk tool for testing process changes and optimizations before physical implementation. Future work aims to expand the model to the entire production process and propose solutions for identified bottlenecks.

키워드 : 모듈러 건축, OSC, 생산성, 이산사건 시뮬레이션

Keywords : Modular Construction, Off Site Construction, Productivity, Discrete Event Simulation

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건설산업은 타 산업대비 낮은 생산성, 고질적인 안전 문제, 인력 고령화 등의 복합적인 문제에 직면했다. 이러한 한계점을 극복하기 위한 대안으로, 주요 건축물의 구성요소를 공장에서 제작하여 현장으로 운송 및 조립하여 완공하는 탈현장 공법을 적용한 모듈러 건축물이 주목받고 있다. 모듈러 건축은 공장과 현장으로 이분화된 프로세스에 따라 공기 단축, 품질 확보, 고소작업 저감에 따른 안전성 확보, 폐기물 및 내재탄소 저감 등 다양한 장점을 제공한다. 이와 같은 다양한 잠재력을 바탕으로, 국내의 건설산업은 모듈러 건축을 활용한 대규모 주거단지 조성 및 주택 공급 계획을 추진하고 있다.(Moon et al., 2023).

모듈러 건축에 대한 사회적·정책적 수요가 확대되고 있으나, 그 성공은 제조업과 유사한 통제된 공장 환경에서 유닛을 효율적으로 생산하는 능력에 달려 있다. 그러나 국내 다수의 모듈러 제작 공장은 체계적 공정 분석이나 데이터 기반의 생산성 관리보다는 경험적 운영에 의존하고 있어, 생산 과정에서의 병목 현상, 자원 낭비, 대기 시간 등 비효율 개선에 한계를 보이고 있다

(마중현., 2023).

따라서 모듈러 건축의 장점을 극대화하기 위해서는 공장 생산 단계의 효율화가 선결 과제로, 이를 위한 과학적 공정 분석과 개선 도구의 도입이 필수적이다. 본 연구는 국내 모듈러 철골 프레임 제작 공장의 실제 데이터를 기반으로 생산 순서, 작업 종류, 소요 시간 등을 반영한 이산사건 시뮬레이션 모델을 개발하는 데 목적을 둔다. 또한, 개발된 모델을 관측 데이터와 비교하여 타당성을 검증하고 향후 다양한 생산 시나리오 분석과 공정 최적화 연구에 활용하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 모듈러 건축물의 공정 중 공장에서 스틸프레임의 일부를 제작하는 단계로 한정하며, 해당 단계의 세부 프로세스를 작업일보, 공정표, 현장 관측 등을 통하여 분석하고 이를 기반으로 이산사건 시뮬레이션 모델을 구축한다.

2. 이론적 고찰

2.1 이산사건 시뮬레이션

이산사건 시뮬레이션은 시스템 내의 상태 변화가 특정 사건(event)이 발생하는 불연속적인 시점에서만 이루어진다고 보고 시스템을 모델링하는 기법이다. 즉, 시간의 흐름에 따라 이산적으로 발생하는 사건 유형과 그 관계를 중심으로 시스템의 동적 행태를 분석하는 데 효과적이다. 이러한 특성 덕분에 복잡한 프로세스의 분석이 필요한 다양한 분야에서 널리 활용되고 있다. 본 연구는 이산사건 시뮬레이션을 표현할 수 있는 소프트웨어인 AnyLogic을 통하여 구현하고자 한다(홍민영., 2019).

* 한양대학교 대학원 박사과정

** 한양대학교 산학협력중점 교수, 공학박사

*** 한양대학교 건축학부 교수, 공학박사

(Corresponding author : Dept. of Architectural Engineering, Hanyang University, yhahn@hanyang.ac.kr)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2024-00398693).

3. 모듈러 스틸 프레임 제작 공정 분석 및 이산사건 시뮬레이션 기반 모델 개발

3.1 모듈러 유닛 스틸 프레임 제작 프로세스 분석

본 연구는 모듈러 유닛 스틸 프레임 제작 분석을 하고자, 모듈러 실증사업 프로젝트인 S 프로젝트를 제작하는 A사의 공장의 제작 과정을 분석하였다. 제작 공정을 분석하기 앞서, 본 연구는 작업자가 모듈을 제작함에 있어 수행하는 작업에 대하여 용접, 제작, 운반, 기타 등 4가지로 분류하였다. 용접 작업의 경우, 두 강재를 일체화하는 작업이고, 제작 작업은 두 강재가 정확한 위치에 접합할 수 있도록 위치 조정 및 고정하는 작업이다. 운반 작업은 현장의 작업자가 오버헤드 크레인 및 지게차를 통하여 강재를 운반하는 작업이며, 기타는 앞서 언급한 세 작업이외의 작업에 대하여 분류하였다.

현장 답사를 통하여, 모듈러 제작 공장은 스틸 프레임 제작을 위해 크게 분부재 가공, 소조립, 중조립(단/장변), 대조립 등 6가지로 구분되었으며, 본 연구는 중조립(단/장변)의 작업 순서를 이산사건 시뮬레이션에 적용하고자 각 작업에 대하여 아래의 그림 1과 같이 정리하였다.



그림 1. 모듈러 스틸 프레임 중조립 제작 프로세스

3.2 이산사건 시뮬레이션 기반 스틸 프레임 제작 공정 모델 개발
본 연구는 스틸 프레임 모듈의 공장 제작 과정에 대한 현장 분석을 바탕으로, 2D 프레임 중조립(단변/장변) 공정을 이산사건 시뮬레이션으로 모델링하였으며 그림 1과 같다. 시뮬레이션 결과, 중조립 공정의 소요 시간을 기반으로 도출된 일일 생산량은 실제 공장의 생산량과 비교했을 때 높은 유사성을 보여 모델의 타당한 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 국내 모듈러 철골 프레임 제작 공장의 실제 데이터를 기반으로 생산 순서, 작업 종류, 소요 시간 등을 반영한 이산사건 시뮬레이션 모델을 개발하는 데 목적으로, 모듈러 제작 공장의 현장 작업관측을 통하여 수집된 데이터를 기반으로 이산사건 시뮬레이션을 활용하여 스틸 프레임 제작 과정의 생산성을 분석할 수 있는 모델을 구축하였다. 다만, 본 연구는 스틸프레임 제작으로 한정하여 모델을 구축하였다는 점에, 모듈러 제작과정의 전반적인 생산 프로세스는 구현하지 못하였다. 또한, 병목 현상을 비롯한 공정 저해요인에 대하여 대안 제시, 적용 및 검증하지 못한 한계점이 존재한다. 이와 관련하여, 향후 연구는 앞서 언급한 한계점에 대하여 보완하고 세부 작업 요소와 자동화 설비 도입 전후 생산성 검증을 하고자 한다.

참고문헌

1. Moon, S. H., Ahn, Y. H., & Lee, J. S. (2023). Analysis of research trends on quality control of domestic and international modular buildings. *Journal of the Korea CDE Conference*, 18(4), 17-26.
2. 마중현(2023). 모듈러 제작 생산성 저해요인 분석 및 개선방향 연구. 한양대학교 대학원 석사학위논문.
3. 홍민영(2019). 이산사건 시뮬레이션을 활용한 철근 가공 공장 최적 생산계획 수립에 관한 연구. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.

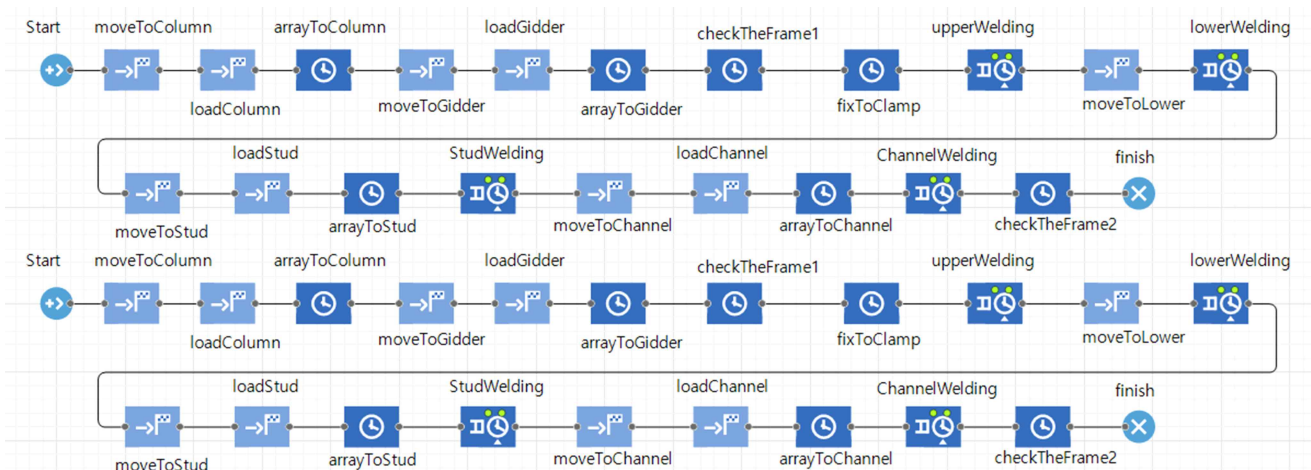


그림 2. 이산사건 시뮬레이션 기반 모듈러 공장 생산성 분석 모델