



PC 생산공장의 야적 최적화 기술 개발

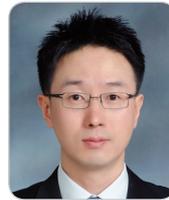
Solution for PC Member Arrangement Based on Simulation and Optimization in PC Factory Yard



김종명
GS건설(주)
책임



정민혁
서울대학교
건축학과 연구교수



이진혁
GS건설(주)
책임



김태준
GS건설(주)
책임

1. 연구개요

PC 생산공장 운영 중에 PC부재의 야적장 내 배치는 위치 설정에 따라 생산부재의 운반 및 갠트리크레인에 의한 적재, 그리고 건설현장으로의 출하작업 등 공장 운영 중 작업 소요 시간 등에 큰 영향을 미친다. 국내 PC공장 조사결과 PC부재의 야적장 배치를 위한 시스템적인 접근론 또는 자동화 SW가 부재하였으며, 해외 사례에서는 극히 일부 논문이 검색되었으나 국내 PC공장에 도입하기에는 적합하지 않았다.

본 연구는 PC부재의 야적장 내에서의 최적 위치를 탐색하여 제공하고자, 공장운영 시 생산부터 야적 및 출하까지 또는 특정단계의 소요시간의 최소화를 위한 최적화 시뮬레이션 기법의 개발(그림 1)을 목적으로 한다.

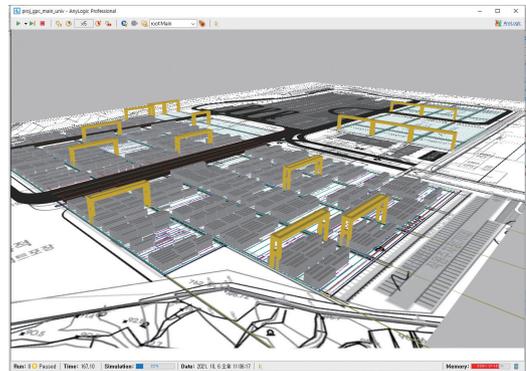


그림 1. PC공장의야적 최적화 프로그램

2. 야적최적화 시스템의 개발

PC부재의 야적 최적화 시스템은 시뮬레이션 모듈과 최적화 모듈로 프레임워크를 구성 적용하였으며 통합모형설계를 위해 애니로직(anylogic) 툴(그림 2)을 사용하였다.

시뮬레이션 모듈은 두 개의 기법을 통합하였는데 PC부재의 입고 및 출하는 이산사건 시뮬레이션 기법(DES)을, 야적 부분은 행위자 기반 모형 기법(ABM)을 적용한다(그림 3). 입고와 출하는 비교적 단순한 순서를 따르고, 야적장 내의 장비 및 공간 할당 등에는 우선순위의 설정에 필요한 전략 부여를 위해 행위자(agent)를 설정하여 구성한다. 최적화 모듈은 시뮬레이션 모듈을 목적함수로 삼아 비선형 최적화를 수행하는 OptTek Systems의 OptQuest API를 적용한다.

야적 최적화 시스템의 전체적인 개념 구성도는 그림 4와 같으며, 겐트리크레인 및 운반차량 등의 작업속도(시간) 등의 공장 환경에 대한 사전 설정이 필요하며, PC부재의 생산일정 및 출하일정, 야적장 현황 등을 입력 데이터로 받아서 PC부재의 최적 야적 배치 계획을 출력하도록 구성한다.

3. PC공장의 실무 적용성 확보

현재 상기 기술한 바와 같은 야적 최적화 시스템(프로그램)을 개발 중이다. PC부재 제작회사인 GPC 주식회사의 협조를 받아

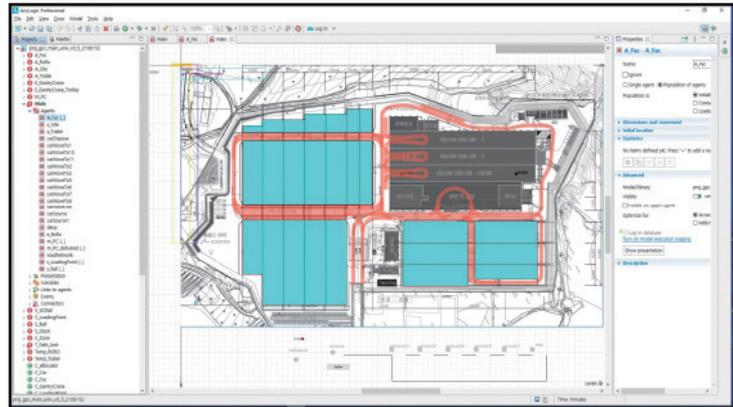


그림 2. 프로그래밍 툴(애니로직)

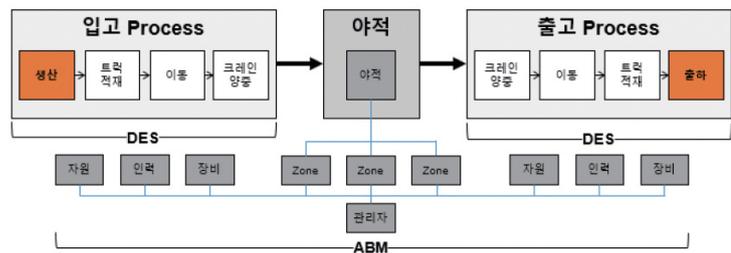


그림 3. 시뮬레이션 모듈

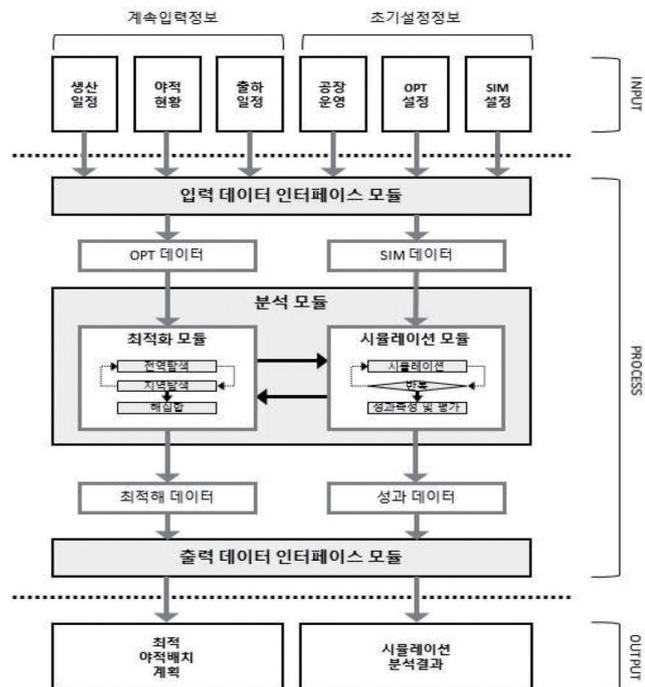


그림 4. 야적 최적화 시스템 구성도

해당공장에서 개발 중인 시스템(그림 5)과의 연동을 추진 중에 있으며, 향후 이를 통해 프로그램의 검증 및 실용성을 확보하고자 계획/협업 중이다.

개발된 프로그램을 PC공장 실제 시험 적용성을 검토하면서, 사전에 여러 가지 선결되어야 할 사항들이 도출되고 있기에 아래에 주요한 몇 가지를 소개하고자 한다.

첫째, 기본적으로 개발 중인 프로그램은 전체 야적장을 셀 단위의 zone으로 사전에 일괄적으로 규격화 된 형태로 자동 구성하며, 이때 zone의 가로 길이는 갠트리크레인의 폭으로, 세로폭은 부재의 여유공간을 포함한 특정 대표값으로 고정하였다. 야적장 전체를 특정 크기의 zone 단위로 사전에 정의하게되면 공장 운영 중에 발생하는 다양성을 수용하지 못하게 된다는 것을 인지하게 되었다. 일부 공간에서 zone의 세로폭을 넓게 운영하고자 할 때, 일부 영역에 PC부재를 야적하지 않고, 임의 자재를 배치하고자 할 때, 운반차량 이동 통로를 변경하고자 할 때 등 추가적인 실무 적용성 확보가 필요하게 되었다.

둘째, 프로그램의 입력 데이터 중 야적장 현황, 즉 기존 PC부재의 야적 위치 등 적재 현황에 대한 입력데이터가 필요하나, 현재 GPC 공장에서 PC부재 위치 정보 솔루션을 구축 중에 있기에, 이미 적재된 PC부재에 대한 정보는 얻을 수 없을 것으로 예상된다. 따라서 드론촬영 등을 통해 야적장 내에 이미 야적되어 있는 PC부재의 영역을 산출하여 임시적으로 과도기적 시기를 처리할 수 있는 별도의 추가적인 모듈이 필요한 상황이다.

셋째, 야적장의 적재 물량 최대화라는 실무적으로 타당한 목적에 대해 추가적인 고려가 필요하다. 운반 등 출하시간의 최소화를 위한 현재의 전략적인 목적에 대해, 적재물량 최대화는 부분적으로 제약조건 내지는 상충 조건으로 작용될 수 있으며, 해당 모듈의 개발은 시간의 최적화와 더불어 또 하나의 공간 최적화 모듈 개발이라는 과제를 던져주고 있어서 해결 방안을 검토 중이다.

이외에도 공장 적용성 확보를 위해 크고 작은 다양한

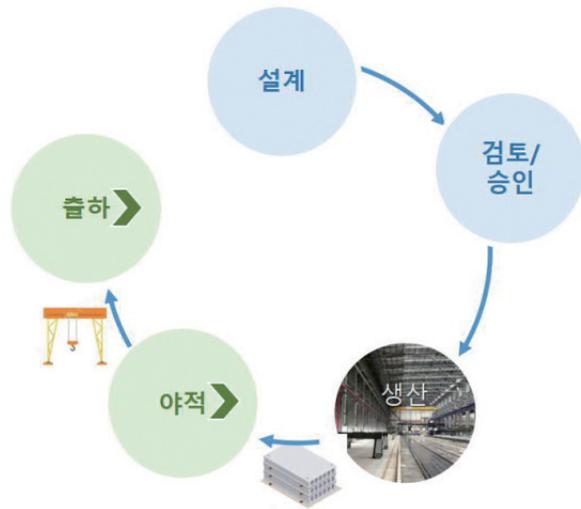


그림 5. PC공장의 설계 및 야적/출하시스템

과제가 도출되고 있다. 예를 들어 프로그램과 실무 상에서 출하시간이라는 용어를 개별적으로 사용 시, 이것이 출하용 운반 차량에 PC부재의 적재를 시작하는 시간인지, 아니면 적재를 완료해야 하는 시간인지 등 용어의 모호성 문제도 도출되는 등 다양한 사안들이 발생 중이다.

4. 시뮬레이션 모형의 고도화

야적 최적화 시스템의 분석 모듈 중 시뮬레이션 모형에는 소요시간 추정을 위해 작업자 및 갠트리크레인, 운반차량 등의 작업속도나 시간을 가정하고 있는데, 가정치는 향후 공장의 실제 운영 데이터를 확보하여 실제값에 부합시킬수록 시뮬레이션 모형의 정확도를 개선할 수 있게 된다. 3절에서 언급된 공장 적용성 관련 과제들을 우선적으로 해소한 후, RTK GPS를 비롯한 IoT 센서 등을 활용하여 장비 또는 부재 등의 실측 시간 확보를 위한 측정방안(그림 6)을 마련예정이며, 이러한 데이터로 프로그램의 고도화를 추진할 예정이다. 한편 시뮬레이션 모형을 기반으로 약간의 추가적인 모듈을 개발하면, 야적장

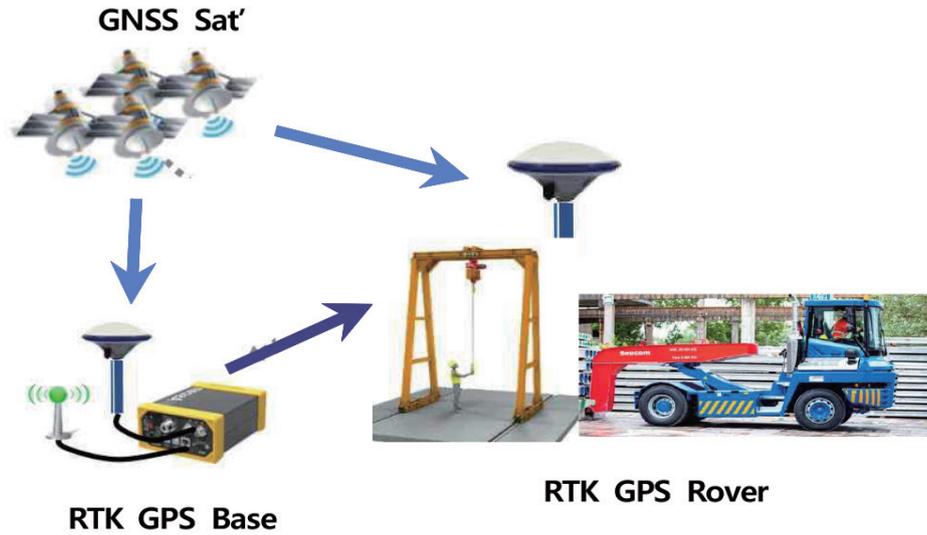


그림 6. 시뮬레이션 모형의 고도화 방안

실무 담당자의 특정 배치 계획(안)에 대한 작업소요시간 등을 예측 산출할 수 있으며, 최적화 시스템에서 자동으로 도출 배치된(안)과 비교하여 최적화 시스템의 실효성을 평가해 보고자 한다.

5. 맺음말

PC 생산공장의 야적 최적화 기술 개발과 관련하여 건설분야에서 참조할 만한 사례가 거의 없었다. 타 산업분야의 물류 관리 시뮬레이션 모델을 참조하여 개발을 시작하여 현재 프로그램은 베타버전을 완료하였다. 사전에 PC생산공장 운영자 및 작업자들과의 인터뷰 등을 통해 운영현황을 조사하여 프로그램 개발전략을 수립하였지만, 여전히 많은 부분이 있어 공장 도입 시 실무 적용성 확보를 위한 선결사항들이 도출되고 있다. 베타버전이 나올 무렵, 개발의 막바지라고 잠시나마 생각을 했었는데 실체(베타버전)를 가지고 공장 실무 적용성을 검토해보니, 현재는 지난 1여년간의 베타버전을 만든 만큼의 추

가적인 개발사항과 기간이 필요할 것으로 판단된다.

본 야적 최적화 기술은 연구단계를 넘어 실제 공장 적용을 목표로 개발 중이다. 참여자들의 이해도가 프로젝트 진행과 더불어 높아지면서 추가 발굴되는 문제점 및 보완사항의 도출은 향후 프로그램 완성 후 실제 공장 도입 시 적용성을 높여줄 수 있다는 점에서 다행으로 생각된다. 본 기술개발이 실험실 내에서의 성과물이 아닌 실용화가 목표인 만큼 중간에 많은 시행착오가 있겠지만, 충분히 사용가능한 기술을 개발하여 하나의 선례를 마련하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 홍영민, 박문서, 정민혁, 김태준 (2021), “시뮬레이션 기반 PC 공장 야적 배치 최적화 프레임워크” 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 제41권제1호, 483-484pp
2. de Athayde Prata, B., Pitombeira-Neto, A. R., & de Moraes Sales, C. J. (2015). An integer linear programming model for the multiperiod production planning of precast concrete beams. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141 (10), 04015029.

3. Mawlana, M., & Hammad, A. (2013). Simulation-based optimization of precast box girder concrete bridge construction using full span launching gantry. In Proceedings of the 4th Construction Specialty Conference.
4. Marzouk, M., Said, H., & El-Said, M. (2009). Framework for multiobjective optimization of launching girder bridges. Journal of Construction Engineering and Management, 135(8), 791-800.
5. Marasini, R., & Dawood, N. (2002, December). Simulation modeling and optimization of stockyard layouts for precast concrete products. In Proceedings of the Winter Simulation Conference (Vol. 2, pp. 1731-1736). IEEE.

김중명 책임은 2000년 서울대학교 토목공학과에서 석사학위를 받고, 2000년부터 2005년까지 동부엔지니어링에서 근무한 후, 2006년부터 현재 GS건설에서 재직 중이다. 주요연구분야는 BIM을 기반으로 IoT 및 무선통신, AI, 건설로봇 등 4차산업기술의 건설현장 도입에 있으며, 현재 PC공장의 야적 최적화 및 PC부재 위치 정보 솔루션 개발을 주업무로 수행 중이다.

e-mail : jmkim01@gsenc.com

정민혁 교수는 2016년 서울대학교에서 박사학위를 받고 2017년부터 서울대학교에서 재직 중이다. 주요 연구분야는 건설생산시스템 시뮬레이션 및 최적화, 건설장비 자율화 등으로 건설관리 분야에서 활발한 연구활동을 수행 중이다.

e-mail : archidea14@snu.ac.kr

이진혁 책임은 2006년 서울대학교 건축학과에서 석사학위를 받고 2006년부터 현재까지 GS건설에 재직 중이다. 주요연구분야는 PC부재/공법 개발 및 기술적용성 확보에 있으며, PC공장의 야적 최적화 및 PC부재 위치 정보 솔루션 개발에도 참여 중이다.

e-mail : jhlee08@gsenc.com

김태준 책임은 1993년 서울대학교 건축학과에서 석사학위를 받고 1993년부터 현재까지 GS건설에 재직 중이다. 주요연구과제로 PC공장의 야적 최적화 및 PC부재 위치 정보 솔루션 개발을 수행 중이다.

e-mail : kimtj@gsenc.com