

# BIM기반 추계학적 공기 예측 모듈 프로토타입 개발에 관한 연구

## A Study on Proto-type Development of BIM based Stochastic Duration Estimation Module

박재현\*      윤석현\*\*      백준홍\*\*\*

Park, Jae-Hyun      Yun, Seok-Heon      Paek, Joon-Hong

### Abstract

Today's construction is more various and more complex. Because of that, a lot of uncertain factors are occurred and they related uncertain construction duration. For management complex architecture project, importance of construction schedule management also increased. In previous studies, one of solutions to overcome those problems is suggested.

It was BIM based construction simulation process which focused on construction schedule and construction schedule management. But latest process had limited point which has no duration estimation function. So this paper suggested duration estimation method and developed duration estimation module. Duration estimation module developed with current scheduling tool MS Project and their macro function. However, this module has just developed Reinforced Concrete Structure and has to do more development and research.

키워드 : 건축정보모델링, 공기 예측, 공기 예측 모듈

Keywords : Building Information Modeling, Duration Estimation, Duration Estimation Module

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 건축 프로젝트는 매우 다양하고 복잡한 형태를 띠고 있다. 이러한 변화는 많은 불확실한 변수들을 양산해내기 시작했다. 이는 곧 불확실한 공기와 연관되게 되었다. 이러한 건설 환경의 변화는 곧, 공정관리 및 정확한 공기 예측의 필요로 이어지게 되었다.

이에 따라 기존의 선행연구에서 다양하고 복잡한 형태의 건축 프로젝트를 관리하는데 유리한 BIM 환경에서의 공정관리 방안을 제시하였고, 이러한 공정이 중심이 된 BIM 기반의 건축 시공 시뮬레이션을 제안하였다.

그렇지만 기존의 BIM기반 건축 시공 시뮬레이션의 프로세스에서는 공기에 관한 부분은 건축물 규모 파악에 따른 공기 예측 부분이 이루어지지 않고, 사용자의 입력에 맡기고 있어 아직은 한계점을 지니고 있다고 할 수 있었다. 또한 기존의 건

설회사 등에서 사용되는 기준 공기 또한 실제 공기와 많은 차이를 보이고 있었다.

이에 따라 본 연구에서는 기존의 BIM기반 건축 시공 시뮬레이션 프로세스를 보완하는 공기 예측 모듈을 개발하는데 있어 개발 초기 단계로 프로토타입 도출을 목적으로 하고 있다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

이러한 공기 예측 모듈 개발을 하는데 있어 본 연구에서는 우선, 선행연구에서 이루어진 시뮬레이션 프로세스에 대한 분석을 실시하였다.

다음으로 모듈 개발에 사용될 입력값들에 대한 기술적인 검토가 이루어졌다. 이 또한 기존 선행연구에서 이미 이루어진 것으로 기본 예측 공식을 설정하고, 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 예측 공식에 따라 공기를 예측할 수 있는 기술 개발을 진행하였다.

마지막으로 앞서 이루어진 예측 기술을 상용 공정 프로그램인 MS Project와 내부의 Macro 기능을 이용하여 공기 예측 모듈을 개발하였으며, 이미 공사가 완공된 실제 사례 적용을 통하여 예측 모듈의 신뢰성을 검토하였다. 개발된 모듈은 현재 프로토타입 단계로 우선적으로 RC구조 중심으로 개발되었다.

\* 연세대학교 건축공학과 석사과정

\*\* 경상대학교 건축학부 조교수, 공학연구원, 공학박사

\*\*\* 연세대학교 건축공학과 교수, 공학박사

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합건설기술개발사업 (과제 번호 : 06첨단융합E01)의 지원으로 이루어진 것임.

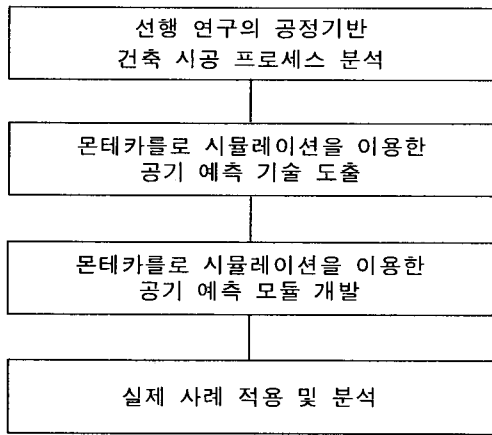


그림 1. 연구의 방법

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 공정기반 건축 시공 시뮬레이션 기본 프로세스

지난 선행연구<sup>1)</sup>를 통하여 BIM 기반의 건축 시공 시뮬레이션 프로세스에 관하여 제안하였다. 기본 프로세스는 크게 WBS생성, 3D객체-공정 연계, 4D 시뮬레이션으로 나뉜다. 그러나 생성된 WBS 자체의 Duration이 1일이었기 때문에 결국 사용자의 작업이 필요하다는 단점이 있었다. 이러한 한계를 보완하기 위하여 본 논문에서는 WBS생성과 3D객체-공정 연계 사이 과정으로 공기 예측을 추가하여 이러한 점을 보완하고자 하였다. 다음 <그림 2>는 이러한 프로세스를 도식화 시킨 것이다.



그림 2. 공정기반 건축 시공 시뮬레이션 기본 프로세스

### 2.2 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 공기 예측 기술

앞서 2.1에서 언급한 것처럼 수정된 건축 시공 시뮬레이션 프로세스 상에서 공기 예측을 위한 일련의 예측 기술이 필요하다. 이를 위하여 지난 선행 연구<sup>2)</sup>에서 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 공기 예측 기술이 연구되었다. 지난 선행 연구의 결과는 다음과 같다.

먼저 공기 예측을 위하여 기존 선행 연구들<sup>3)4)5)</sup>을 참고하

- 1) 조진 외 4인, “조합식 공정생성을 통한 BIM기반 건축시공 시뮬레이션 시스템 프로토타입 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집(구조계), 제24권 제7호, pp.101~108, 2008.7
- 2) Jae H. Park, Seok H. Yun and Joon H. Paek, “A Study on Duration Estimate Method using Stochastic Model in the BIM Environment”, ICCEM/ICCPM, 2009

여 공기 예측 공식을 설정하였다. 공식은 다음 <식 1>과 같다.

$$EV = SD + PV \quad (1)$$

\*EV = 공기 예측값

\*SD = 매뉴얼에 의한 기준공기(Standard Duration)

\*PV = 각종 외생 변수가 포함된 확률 분포(정규분포)

이와 같은 공기 예측 공식에서 전 층을 동등한 조건으로 설정하는 것은 다소 무리가 따른다. 따라서 기존의 건축물을 다음 <그림 3>과 같이 층을 분류하였다. 분류된 층은 기초, 기초 인접 지하층, 지하층, 1층, 2층, 반복 골조층, 최상부층, P/H로 나뉜다.

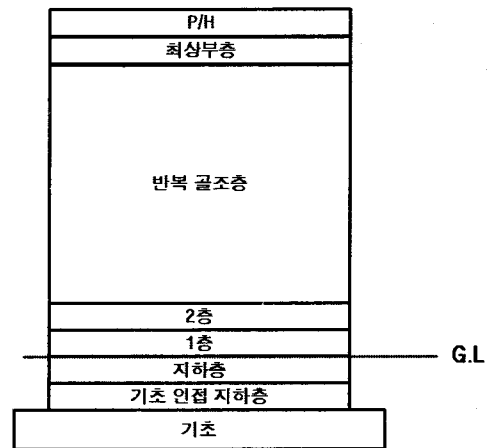


그림 3. 공기 예측 기술 분석을 위한 층 분류

위의 <그림 2>와 같이 분류된 층 체계 하에서 유사한 RC구조 공정표를 수집하여 실적 공정표와 계획 공정표의 차이 값의 집합을 층 분류 별로 도출하였다. 도출 결과는 다음 <표 1>와 같다. 도출된 결과는 몬테카를로 시뮬레이션을 통하여 공기 예측에 사용되었다.

- 3) Fente, J., Schexnayder, C., and Knutson, K., “Defining a Probability Distribution Function for Construction Simulation”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 126(3), pp. 234~241, 2000
- 4) Lee, D.E., “Probability of Project Completion using Stochastic Project Scheduling Simulation”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 131(3), pp.310~318, 2005
- 5) Maio, C., Schexnayder, C., Knutson, K., and Weber, S., “Probability Distribution Function for Construction Simulation”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 126(4), pp.285~292, 2000

표 1. 외생 변수 확률 분포 도출 결과

구분	내용	
	평균	표준 편차
기초	5.67	3.83
기초 인접 지하층	-17.50	8.55
지하층	0.17	5.64
1층	8.33	11.27
2층	5.83	14.52
반복 골조층	0.74	2.67
최상부층	2.67	4.72
P/H	10.33	8.94

### 3. 공기 예측 모듈 개발

#### 3.1 공기 예측 모듈 기본 프로세스 및 인터페이스

본 연구에서 개발되는 공기 예측 모듈의 기본 프로세스는 다음 <그림 4>와 같다.

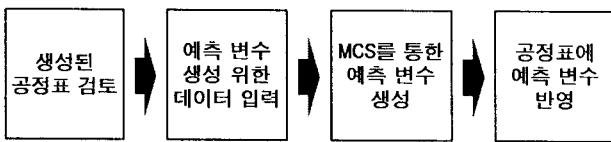


그림 4. 공기 예측 모듈 기본 프로세스

먼저 WBS 생성 단계에서 생성된 공정표를 검토한다. 검토 후, 앞서 연구된 예측 변수 확률 분포 값을 입력한 후, 상용 SDK(Software Development Kit)을 이용하여 입력받은 예측 변수 확률 분포 값으로 MCS(Monte Carlo Simulation, 몬테카를로 시뮬레이션)를 통한 예측 변수가 생성된다. 이후, 생성된 예측 변수는 초기에 이미 생성되어 있던 공정표에 반영된다. 이러한 프로세스를 가지는 공기 예측 모듈의 기본 인터페이스는 다음 <그림 5>와 같다.

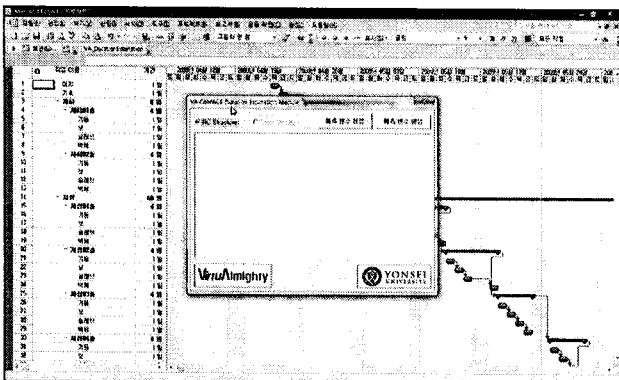


그림 5. 공기 예측 모듈 기본 인터페이스

공기 예측 모듈은 크게 예측 변수 생성 기능, 예측 변수 반영 기능 두 가지 기능을 가진다.

#### 3.2 공기 예측 모듈 예측 변수 생성 기능

공기 예측 모듈의 예측 변수 생성 기능은 앞서 2.2의 <식 1>에서 PV(Prediction Value, 외생 변수 확률 분포 예측값)을 몬테카를로 시뮬레이션을 통하여 생성하기 위한 기능이다. 이를 위하여 모듈 상에는 기본적으로 앞선 선행 연구에서 도출된 외생 확률 분포 값들이 기본값으로 입력되어 있다. 사용자는 기본값으로 입력된 외생 변수 확률 분포 값을 이용하여 예측 변수를 생성할 수 있으며, 경우에 따라 사용자 본인이 원하는 확률 분포 값을 입력하여 예측 변수를 생성할 수 있다. 다음 <그림 5>와 <그림 6>은 각각 외생 변수 확률 분포값을 입력하는 것과 이를 통하여 기본 인터페이스 상에 생성된 예측 변수가 출력된 모습이다.

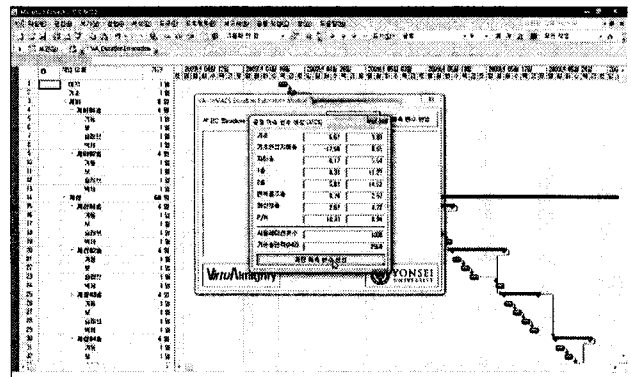


그림 6. 예측 변수 생성을 위한 외생 변수 확률 분포 입력

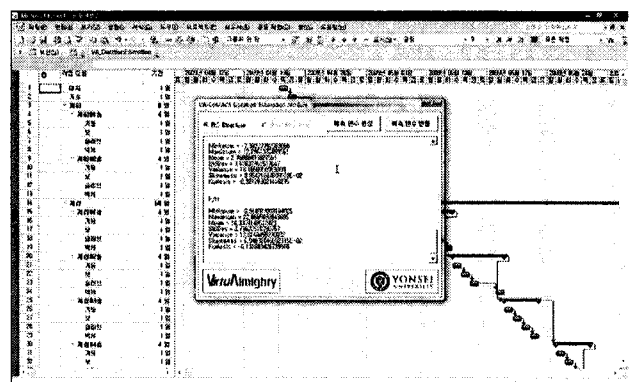


그림 7. 기본 인터페이스 상에 출력된 예측 변수

#### 3.3 공기 예측 모듈 예측 변수 반영 기능

앞서 3.1의 예측 변수 생성 기능에 따라 생성된 예측 변수 값들은 예측 변수 반영 기능에 따라 초기 공정표에 반영되게 된다. 이 때, 예측 변수가 생성될 때 이용한 층 분류 체계에 따라 공기 예측 값 또한 초기 공정표에 반영된다.

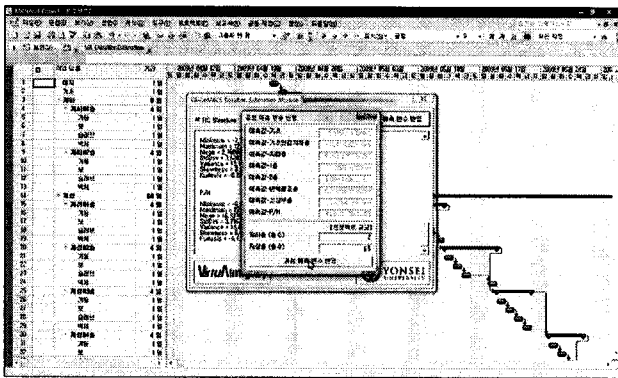


그림 8. 공기 예측 변수 반영 과정

위의 <그림 8>는 공기 예측 변수를 반영하는 과정을 나타낸 것이다. 본 연구에서 개발된 공기 예측 모듈을 사용하여 반영 전, 후를 비교한 결과 Bar Chart 상에서 초기 공기가 1일에서 공기 예측값이 적용되어 바뀐 것을 볼 수 있다.

#### 4. 공기 예측 모듈 실제 사례 적용

##### 4.1 적용 프로젝트 개요

앞서 3장에서 개발된 공기 예측 모듈의 유용성을 검증하기 위하여 이미 완공된 유사 사례에 적용시켜보았다. 프로젝트의 개요는 다음 <표 2>와 같다.

표 2. 적용 프로젝트 개요

구분	내용
공사명	S대학교 자연과학 캠퍼스 기숙사 신축공사
주소	수원시 장안구 천천동
용도	교육 및 연구시설(기숙사)
공사기간	2007.06-2009.03 (21개월)
대지면적	492,312.50㎡ (148,923.86평)
건축면적	78,329.14㎡ (23,694.46평)
연면적	324,417.20㎡ (98,135.76평)
규모	지하2층-지상15층
구조	철근콘크리트조

##### 4.2 공기 예측 모듈 적용 결과

개발된 공기 예측 모듈을 적용시켜본 결과, 실제 공기와 유사하게 나오는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 개발된 공기 예측 모듈을 이용하여 예측된 본 프로젝트의 골조공사 공기는 290일로 실제 공기 304일(공휴일 포함)과 크게 차이가 나지 않는다. 또한 오차율로 보았을 때도 4.83% 수준인 것으로 보아 기존의 계획 공기보다 현저하게 낮은 수준인 것을 통하여 본 연구에서 개발된 공기 예측 모듈의 신뢰성을 입증할 수 있

다고 할 수 있다.

#### 5. 결 론

본 연구에서는 BIM기반의 건축 시공 시뮬레이션 프로세스에서 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 공기를 예측할 수 있는 공기 예측 모듈을 개발하였다. 개발된 모듈에는 크게 예측 변수 생성 기능과 예측 변수 반영 기능이 있으며, 이에 사용되는 각종 입력값들은 기존의 선행 연구들을 통하여 도출된 값들이 사용되었다.

개발된 모듈은 이미 완공된 유사 실제 프로젝트에 적용해보았고, 실제 공기와 유사한 결과를 도출해 내었다. 그렇지만 본 연구를 통해 개발된 모듈이 아직은 개발 중에 있기 때문에 지속적인 개발 및 연구를 통하여 보완이 이루어져야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. 조진, 박재현, 박원호, 윤석현, 백준홍, 조합식 공정생성을 통한 BIM기반 건축시공 시뮬레이션 시스템 프로토타입 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집(구조계), 제24권 제7호, pp.101~108, 2008
2. Fente, J., Schexnayder, C., and Knutson, K., Defining a Probability Distribution Function for Construction Simulation, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 126(3), pp. 234~241, 2000
3. Jae H. Park, Seok H. Yun and Joon H. Paek, A Study on Duration Estimate Method using Stochastic Model in the BIM Environment, ICCM/ICCPM, 2009
4. Lee, D.E., Probability of Project Completion using Stochastic Project Scheduling Simulation, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 131(3), pp.310~318, 2005
5. Maio, C., Schexnayder, C., Knutson, K., and Weber, S., Probability Distribution Function for Construction Simulation, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 126(4), pp.285~292, 2000