

# 건설시뮬레이션기법을 이용한 시스템 철골계단 공법의 생산성 분석

## Productivity Analysis of Steel Staircase Systems Utilizing Simulation Method

이 경 석\*                      이 정 훈\*\*                      김 현 미\*\*\*                      김 영 석\*\*\*\*                      한 승 우\*\*\*\*\*  
 Lee, Kyung Suk                      Lee, Jeong Hun                      Kim, Hyun Mi                      Kim, Young Suk                      Han, Seung Woo

### Abstract

Development and practical emerging construction technologies has been studied as one of key solution for overcoming these barriers. Many literatures indicated that effective performance evaluation methodologies are demanding for efficient applications of new technologies. This paper presents a performance evaluation methodology using construction simulation technique and introduces studies of two cases where the steel staircase system, as an new technologies was applied and where the conventional method of staircase concrete works. Productivity was measured and calculated by site observation and construction simulations. This results show the quantified influence of new technology to site personnels and assist them to make various decisions for using or not using the technology depending on their own situations.

키 워 드 : 건설 생산성, 시스템 철골계단, 건설 시뮬레이션  
 Keywords : Productivity, Steel Staircase, Construction simulations

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 발간된 국토해양부의 ‘건설기술 진흥기본계획’에 따르면 건설 기술의 선진국대비 기술수준은 1993년도 65%, 1998년도 67% 2004년도 71%, 2007년도 77%로 연 평균 1.02%정도로 지속적으로 상승하고 있으나, 여전히 미흡하고 1999년부터 2004년까지의 건설 신기술 활용건수를 분석해본 결과 10건 이하 활용된 신기술이 54.7%로 절반수준이다. 이는 건설 신기술의 현장 적용 효과에 대한 불확실성, 기존 공법에 대한 기술적 우위의 확산 결여, 신기술 사용 시 노무자들의 거부감과 사용자들의 재교육 필요 등으로 인한 일선 현장에서 신기술 적용을 꺼려하고 있는 상황이기 때문이다. (국토해양부, 2008)

건설 신기술 적용에 따른 현실적 문제를 해결하기 위해서는 적용된 건설 신기술에 대한 신뢰성 있는 생산성 평가 방법의 선정이

수행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 건설 현장에서의 신기술의 적극적 도입을 위하여 건설시뮬레이션 기법을 활용하여 데이터 부족으로 인한 생산성 예측이 힘든 건설신기술의 사전 생산성을 분석하고 예측함을 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설신기술 지정 10개 분야 569건 중 하나인 ‘슬라이딩형 철골 계단을 이용한 철근콘크리트의 구조체 동시 진행형 계단공법’을 연구 대상으로 선정하였다.

본 연구에서는 선정된 시스템 철골 계단의 현장 시공 작업 과정을 분석하고 작업과정을 모델링 하여 시스템 철골계단 공법의 현장 적용을 위한 방안을 제시하였다.

## 2. 시스템 철골 계단 공법 공정 분석

### 2.1 조사 대상 프로젝트

시스템 철골 계단 공법의 현장 데이터 수집을 위하여 관련 문헌 조사 및 시공자의 인터뷰를 통하여 사전 예비 조사를 한 후 공동주택 건설업체 중에서 시공기술 및 경험이 풍부한 상위 업체를 대상으로 2009년 8월 18일부터 22일까지 5일 동안 현장을 방문하여 인터뷰와 설치과정을 비디오 촬영을 실시하였다. 현장은 부

\* 일반회원, 인하대학교, 대학원 건축공학과 석사과정  
 \*\* 일반회원, 인하대학교, 대학원 건축공학과 석사  
 \*\*\* 일반회원, 인하대학교, 대학원 건축공학과 석사과정  
 \*\*\*\* 일반회원, 인하대학교, 대학원 건축공학과 교수, 공학박사  
 \*\*\*\*\* 일반회원, 인하대학교, 대학원 건축공학과 부교수, 공학박사 (shan@inha.ac.kr)  
 본 연구는 한국학술진흥재단 일반연구지원사업의 연구비 지원에 의한 연구의 일부임. (과제번호 : 2009-0065748)

산 해운대구의 철근 콘크리트 구조의 지하 5층 지상 70층, 75층, 80층 3개동 공동주택현장으로 8~9층 계단 골조 공사가 진행중이었다.

### 2.2 시스템 철골 계단 공법 공정 분석

시스템 철골계단의 작업순서는 표 1과 같다.

표 1. 시스템 계단 공법의 작업 순서

작업순서	작업설명
① 준비 작업	계단 거푸집 설치 전 계단 설치 위치 확인과 자재 이동 및 준비 작업으로서 작업반장과 형틀목공 2명의 작업조로 구성된다.
② 계단참 거푸집 설치	아래 계단참과 중간 계단참과의 계단연결을 위하여 계단참 거푸집부터 설치한다. 형틀목공 2명의 작업조로 구성된다.
③ 스테어 앵커 설치	철골 계단의 고정을 스테어 앵커에 볼트로 고정하게 된다. 즉 스테어 앵커의 정확한 수평 및 수직도의 확보는 정확한 수평 및 수직도의 확보는 시스템 계단 공사의 품질 및 안전뿐 아니라 시공성의 확보와도 관련이 있다. 형틀목공 1명의 작업조로 구성된다.
④ 임시 계단 설치	시스템 철골계단 공법은 계단 거푸집이 필요 없기 때문에 상부 이동을 위해 임시 계단을 설치한다. 형틀목공 2명의 작업조로 구성된다.
⑤ 계단참 철근 배근	계단참부분의 계단 내부 벽 철근과 계단참 철근 배근작업을 한다. 철근공 1명의 작업조로 구성된다.
⑥ 계단참 타설	계단참 부분과 계단 부분의 연결된 부분이 없으므로 계단참부분만 타설하며 콘크리트공 2명의 작업조로 구성된다.
⑦ 임시계단 해체 후 본 계단 설치	계단참 양생 후 임시계단을 해체하며 본 계단을 스테어 앵커 볼트 조임으로 설치한다. 형틀목공 2명의 작업조로 구성된다.
⑧ 계단참 거푸집 탈형	콘크리트 양생의 강도가 굳어지면 계단참거푸집을 해체시킨다. 형틀목공 1명의 작업조로 구성된다.
⑨ 견출 마감	기존공법과 대조적으로 계단공사가 없으므로 비교적 간단히 견출작업이며 견출공 1명의 작업조로 구성된다.

## 3. 건설 시뮬레이션 분석

### 3.1 건설 시뮬레이션 고찰

시뮬레이션은 실제 시스템을 모델화하고 그 모델을 통하여 시스템의 가동을 이해하기 위하여 실험을 하거나 그 시스템의 운영을 개선하기 위해 다양한 전략을 평가하는 과정을 말한다. (Shannon, 1975)

여러 가지 시뮬레이션 도구 중 CYCLONE은 Halpin(1976)에 의해 개발되어 마이크로컴퓨터 버전인 MicroCYCLONE (1982)이 개발되었다. 시뮬레이션은 자료 수집, 사이클론을 사용한 모델링, 시뮬레이션 실행, 분석의 단계로 구성된다.

본 연구에서는 자원 및 작업시간, 작업간의 논리적인 상호관계를 적용시킨 생산성 측정을 위한 관리도구로 CYCLONE을 사용하였다.

### 3.2 시뮬레이션 입력을 위한 자료 분석

작업순서별 시뮬레이션 자료 입력을 위해 작업별 작업인원, 기계장비, 작업시간, 비용 등을 정량적 자료로 정리하면 표 2와 같다.

표 2. 시스템 철골 계단 공법 시뮬레이션 입력 자료

작업	세부작업	작업인원	기계장비	작업시간 (hr)
준비작업	작업시지	C, L1, L2	-	0.33
	거푸집 자재 이동	L1, L2	-	0.90
거푸집 설치	비계 설치	L1, L2	-	0.20
	계단참 거푸집	L1, L2	-	1.37
	스테어 앵커 설치	L1	-	0.20
	크레인 대기		-	0.25
	임시계단 설치	L1, L2	크레인	0.53
	점검	C, L1	-	0.25
철근 배근	크레인 대기		크레인	0.47
	철근 자재 이동	L3	크레인	0.75
	계단참배근	L3	-	1.87
	점검	C, L3	-	0.25
타설	레미콘 대기		트럭믹서	0.25
	펌핑 준비		트럭믹서, 콘크리트펌프	0.27
	타설 준비	L4	-	0.10
	계단참 타설	L4, L5	트럭믹서, 콘크리트펌프	0.23
	점검	C, L4	-	0.20
	크레인 대기		-	0.25
시스템계단	임시계단 해체	L1, L2	크레인	0.4
	본 계단 설치	L1, L2	크레인	0.70
	점검	C, L1	-	0.25
거푸집 탈형	거푸집 탈형	L1	-	1.3
마감	견출 작업	L6	-	0.17
	점검	C	-	0.50

주 : C(작업반장), L1,L2(형틀목공), L3(철근공) L4,L5(콘크리트공), L6(견출공)

### 3.3 시뮬레이션 작업프로세스 모델링

시스템 철골계단의 분석된 자료를 바탕으로 사이클론 요소를 이용하여 논리관계를 수립하면 그림 1과 같다.

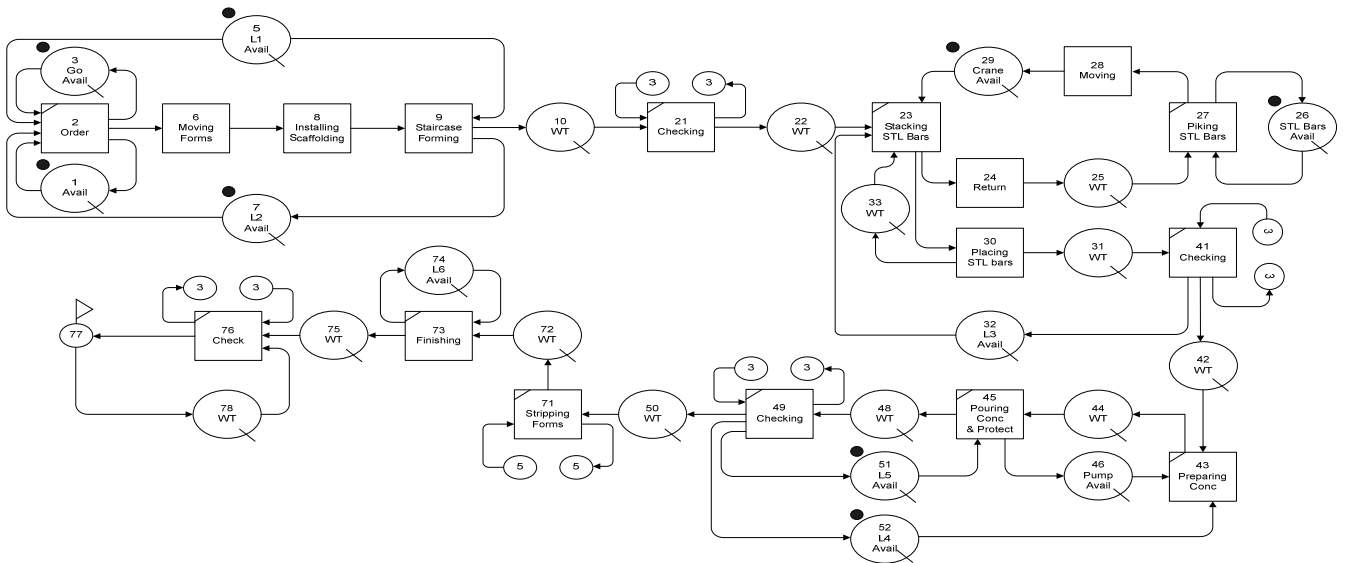


그림 1 시뮬레이션 모델링

### 4. 시뮬레이션 결과 분석

시스템 철골 계단의 실측 시간은 11.99시간 걸렸으며 시스템 철골 계단의 실제 측정된 시간과 시뮬레이션 1사이클을 비교하면 11.81시간으로, 실측과는 98.50%로 유사한 값을 얻었다. 시뮬레이션 6사이클에서는 약 7.12시간 작업시간이 예상된다.

실제 현장은 계단 작업에 참여하는 노무자들이 계단공사를 하면서 타 공사의 연속작업을 수행하나, 시뮬레이션에서는 노무자들이 계단 공사에만 참여하는 것을 원칙으로 하므로 이 부분은 향후 타 작업 간 측정을 반영해야 할 것이다. 그림 2는 위 내용을 설명한 것이다.

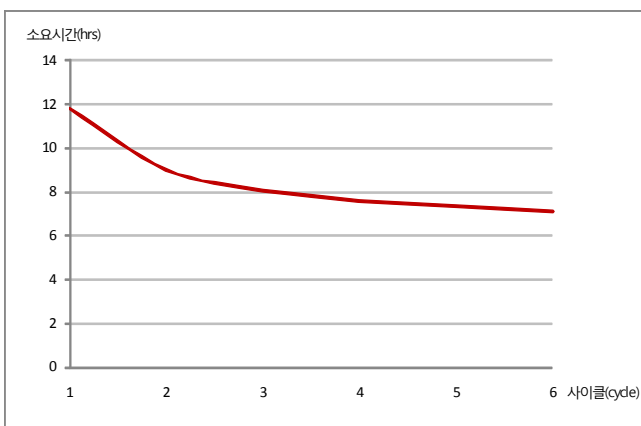


그림 2 사이클 당 소요시간 그래프

### 5. 결론

본 연구는 시스템 철골 계단 공법을 하나의 예로 채택하여 건설

시뮬레이션을 의사결정 도구로 사용하여 시스템 철골계단 공법의 생산성을 평가 하였으며, 이에 아래와 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 시스템 철골 계단은 동바리 설치 및 계단철근 공사가 없으므로 공기절감 효과가 발생하며 선·후행 공정의 설치가 간편하고 작업자의 보행 및 안전통로가 확보되며 또한 원가 절감 효과도 발생한다.

둘째, 시스템 철골 계단 실측과 시뮬레이션의 비교 결과 11.99 시간 걸렸으며 연속적인 작업으로 6사이클 시뮬레이션 시 약 7시간 작업시간이 예상된다.

본 연구에서 제시된 방안은 시스템 계단 공법을 사용하고 있는 현장을 대상으로 조사를 한 것이기 때문에 모든 현장에 적용하기에는 각 현장의 규모와 환경이 다르므로 한계가 있다. 이를 개선하기 위해서는 건설 현장의 여건과 학술 분야에서 제시하고 있는 “생산성 영향요인” 들을 적용할 수 있는 방안이 필요하며, 향후 연구에서는 이를 해결하기 위한 정량적 데이터 수집과 정성적인 데이터를 활용할 수 있는 연구를 수행하여 다양한 건설신기술에 적용하기 위한 생산성 평가 방법론에 관한 연구가 필수적일 것이다.

### 참 고 문 헌

1. 국토해양부, 제4차 건설기술진흥기본계획(2008~2012), 국토해양부 편집위원회, pp.20, 2008
2. 두하요코모리주식회사, 페로스테어 철근콘크리트조 적용 시스템 계단, 설계 및 시공 참고자료, 2009
3. 박기남, 사례기반추론을 이용한 신기술 가치평가 시스템개발에 관한 연구, 한국전자거래학회지, 제9권 제4호, pp.103~116, 2004
4. 박성호, 철골 시스템 계단 상, 대한전문건설학회 금속구조물창조공사사업협의회, 금속구조물 & 창호 공사기술정보 통권 제83호 pp.14~15, 2006

5. 박성호, 철골 시스템 계단 下, 대한전문건설학회 금속구조물-창호공사  
업협의회, 금속구조물 & 창호 공사기술정보 통권 제84호 pp.18~18,  
2006
6. 윤영호 외 2인, 철근콘크리트 건물에 적용한 철골계단의 시공성 및 경  
제성 고찰, 대하주택공사, 주택도시 통권 제74호, pp.140~148,  
2002
7. 윤영호 외 5인, RC 건물에 적용된 시스템 철골 계단 시공법의 소개  
및 시공 사례, 한국콘크리트학회 논문집, 제15권 제5호, 2003
8. 이한수, 공정 시뮬레이션을 활용한 건설 생산성 향상에 관한 연구, 인  
하대 석사 논문, 2008
9. 한국건축구조기술사회, 시스템 철골계단 페로스테어 / 철근콘크리트  
구조체 적용 공법, 한국건축구조기술사회지, 제12권 제5호,  
pp.35~37, 2005
10. 한예령, 시뮬레이션에 의한 건설기계 시공능력 산정, 한밭대 석사 논  
문, pp.20, 2008
11. Shannon, R E., System Simulation : the art and Science,  
Prentice Hall, Englewood Cliffe, N. j, 1975