Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 10, No. 6
DOI: 10.5345/JKIC.2010.12.6.019

건설시뮬레이션 사이클론 기법을 활용한 시스템 철골계단 공법의 현장적용성 평가

Construction Performance Evaluation of Steel Staircase Systems based on Construction Simulation CYCLONE Techniques

이 정 훈[1] 이 경 석[2] 김 현 미[2] 김 영 석[3] 한 승 우[4*]

Lee, Jeong-Hun[1] Lee, Kyung-Suk[2] Kim, Hyun-Mi[2] Kim, Young-Suk[3] Han, Seungwoo[4*]

Graduate School, INHA University, Nam-Gu, Incheon, 402-751, Korea [1]

Department of Architectural Engineering, INHA University, Nam-Gu, Incheon, 402-751, Korea [2]

Professor, INHA University, Nam-Gu, Incheon, 402-751, Korea [3]

Associate Professor, INHA University, Nam-Gu, Incheon, 402-751, Korea [4]

Abstract

Advanced construction technologies have been rarely applied to practical construction operations on jobsites due to a lack of quantified evaluation data of the performance of such technologies. The basic objective of this study is to suggest a feasible way for the evaluation of the performance of new technologies based on construction simulation techniques, which have been frequently used in academic research for productivity estimation. Steel staircase systems were selected as the new technology to be investigated. The simulation was implemented in various ways, such as one staircase to six staircases on a floor. The simulation results provided in this study suggest that planners are able to make a fundamental decision on the use of targeted new technology with the estimated performance data (productivity and unit costs). These findings also indicate that a simulation technique could be one of the methods appropriate for use as a planner's decision-making tool.

Keywords : advanced construction technology, steel staircase system, construction simulation, cyclone

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건설 산업의 기술 수준은 2009년도 기준으로 국내총생산(GDP)의 17%, 고용의 8%, 해외건설 수주 491억 달러에 달하는 등 외형적인 성장에도 불구하고, 건설 기술 경쟁력의 저하, 건설 자재 가격의 상승, 연구 개발 투자비의 저조 등으로 건설 기술 수준의 향상에 부정정인 영향을 미치고 있다 [1,2].

Received : August 5, 2010
Revision received : September 25, 2010
Accepted : November 24, 2010
* Corresponding author: Han, Seungwoo
[Tel: 82-32-860-7595, E-mail: shan@inha.ac.kr]
ⓒ2010 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

건설 기술의 선진국대비 국내의 기술수준은 선진국을 100%라고 가정할 때 1993년도 65%, 1998년도 67%, 2004년도 71%, 2007년도 77%로 연 평균 1.02%정도로 지속적으로 상승하고 있으나 여전히 미흡하다. 건설 자재 가격 상승 추이를 살펴보면 물가 상승률이 고장력철근(이형철근) 125.5%, 원형봉강 117.5%, PHC파일 35%, 레미콘 9.6%로 건설 자재의 가격이 급등하면서 건설 현장의 자재난이 가중되고 있다. 마지막으로 건설업의 매출액 대비 연구개발 투자액은 2001년 2,703억원에서 2005년 1조 810억으로 무려 5배 이상 증가하였으나, 매출액 대비 연구개발비 비율을 살펴보면 2005년 제조업 분야의 1.5%정도에 비하면 건설업은 0.57%를 기록하여 1/3 정도로 낮은 수준에 머무르고 있다 [3].

위에서 언급된 건설산업의 현황에 근거하여 건설 산업의 국가 발전과 경쟁력 제고, 건설 신기술 개발의 촉진을 유도하기 위하여 정부는 1989년 건설 신기술 지정제도를 도입하여 운영

하고 있다. 1999년부터 2004년까지의 건설 신기술 활용건수를 분석한 결과 10건 이하 활용된 신기술이 54.7%로 절반수준이며, 10억원 미만 신기술은 48.4%를 차지해 건설업체들의 신기술 활용 빈도가 현저히 낮은 것으로 조사되었다. 이는 건설 신기술의 현장 적용 효과에 대한 불확실성, 기존 공법에 대한 기술적 우위의 확신결여, 신기술 사용 시 노무자들의 거부감과 이해부족, 사용자들의 재교육 필요 등으로 인한 일선 현장에서 신기술 적용이 적극적이지 않은 사실에 기인한다 [4].

현재 건설 신기술의 지정제도 평가 프로세스에 관한 연구와 건설 기술의 현장적용 활성화를 위한 방안에 관한 연구는 수행되어 왔으나, 건설 신기술 현장 데이터의 확보가 어려워 정확한 성능 수치와 각기 상이한 현장 조건에 따른 적용효과 분석 및 예측에 관한 정보가 미흡하다. 따라서 건설 신기술 적용에 따른 현실적 문제를 해결하기 위해 신기술의 사전 예측 자료가 필요하며, 신기술에 대한 신뢰성 있는 성능 평가 모델 구성이 선행되어야 한다 [2].

따라서 본 연구에서는 신기술 성능평가모델 구현을 위한 연구의 기초단계로서, 성능평가를 위한 여러 방법 중, 건설시뮬레이션 기법을 선정하고, 본 기법의 활용가능성을 검토하고자 한다. 이를 위하여 시스템 철골계단 공법을 연구대상으로 선정한 후, 건설시뮬레이션 기법을 이용하여 본 공법의 현장 적용 시 예측되는 생산성과 비용을 평가한다.

본 연구에서 이용되는 건설시뮬레이션 기법은 불연속사건 시뮬레이션(discrete event simulation) 기법 중 하나인 사이클론(CYCLONE)을 채택하였다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 2009년도 6월 30일 기준으로 건설 신기술로 지정된 10개 분야 569건 중 건설 신기술 매뉴얼에 의한 다음 Table 1의 현장 적용성, 보급성, 경제성 세 가지를 기준으로 건설 신기술을 검토하였다. 건축 시공 분야에서 현재 적용 중인 공사현장의 존재여부와 현장 관찰 가능 여부, 공정 액티비티의 구별 가능성, 객관적인 생산성 및 비용 자료 수집 가능여부에 관한 기준으로 재검토하였다. 본 과정을 통하여 시스템 철골계단 공법(신기술명 : 슬라이딩형 철골 계단을 이용한 철근콘크리트의 구조체 동시 진행형 계단공법)이 연구대상으로 선정되었다. 현재 시스템 철골계단공법은 대한주택공사, 포상산업과학연구원, 두하요코모리 주식회사 3사가 공동으로 개발하여 2004년 국토해양부로부터 건설 신기술 제410호로 지정받았으며, 특허는 2건이 등록된 신기술이다 [5].

본 공법은 현재 초고층 주거건축 특히, 주상복합건축물의 시공단계에서 검토 및 적용되고 있으나, 구체적인 성능평가(생산성 및 단위비용)에 대한 자료가 미흡하며, 기존 철근콘크리트 계단공법과의 공정 및 투입자원 그리고 단위비용에서의 객관적 차이에 대한 검토가 필요한 것으로 조사되었다 [1].

Table 1. Selection criteria of advanced construction technology

Classification	Criteria
Site applicability	The technique which is worth of application in research by being excellent workability · safety · the environmental · maintenance of advanced construction technology, being easy the site accessibility and being possible dividing of activity
Prevalence	The technique which is good at ripple effect of technique dissemination by being excellent characteristics and application
Economic feasibility	Compared with existing method, the technique which is good at cost saving in design · construction · maintenance phase all over

본 연구에서는 아래와 같이 연구방법을 설정하고 수행하고자 한다.

① 문헌고찰 및 현장관찰을 통하여 시스템 철골계단 공법의 현장 시공 작업 과정을 분석한다.
② 작업과정 분석을 통하여 세부공정별 소요시간 데이터 및 작업투입자원 데이터를 수집한다.
③ 현장관계자의 인터뷰 및 자료조사를 통하여 각 투입자원별 소요비용을 산정한다.
④ 수집된 자료를 바탕으로 건설시뮬레이션 기법 적용을 위한 프로세스 모델링을 수행한다.
⑤ 시뮬레이션 결과값과 현장실측 생산성 데이터와의 비교를 통하여 건설시뮬레이션 결과의 신뢰성을 추정한다.
⑥ 구현된 모델링의 수정을 통하여 1개층 여러 개소의 시스템 철골계단 설치 시의 성능평가를 예측한다.
⑦ 현장실측데이터가 부족한 건설 신기술의 현장적용성 평가를 위한 건설시뮬레이션 기법의 적용가능성을 검토한다.

2. 시스템 철골계단 공법 공정 분석

2.1 시스템 철골계단 공법의 특징

시스템 철골계단은 계단부분의 철근배근, 거푸집조립, 콘크리트 타설 등의 복잡한 공정 없이 공장에서 선 제작 후 현장에서 간단하게 적용·설치할 수 있다. 또한 작업의 단순화와 효율화로 시공성 및 경제성, 안전성 측면에서 우수하며, 철근 콘크리트조, 철골철근 콘크리트조에 적용된다.

이 공법은 거푸집 설치 시 표면이 매우 매끄러워 철근 배근을 할 때 작업자가 넘어지는 잦은 사건 발생에 대한 안전사고

의 위험이 적어 안전 비용이 감소하며, 설치가 간편하여 노무비가 절약된다. 또한 동바리 미설치로 작업 통로가 확보되어 작업이 수월하며, 공장생산으로 균일한 단높이와 단너비를 확보할 수 있으며, 이로써 계단실의 벽면 평활도가 향상된다 [1].

시스템 철골계단의 구성은 다음 Figure 1, 2와 같다.

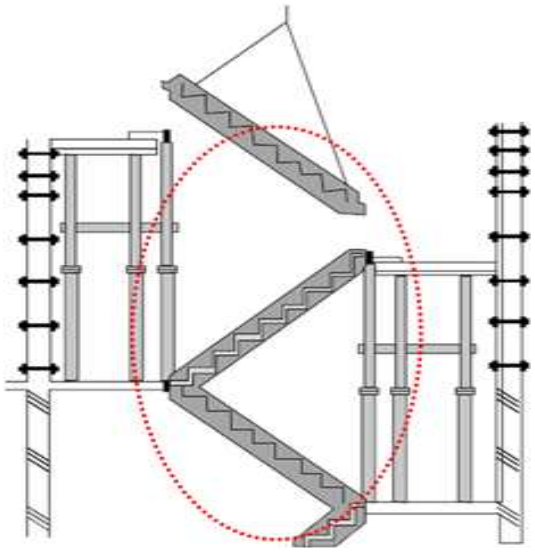


Figure 1. Steel staircase systems [1]

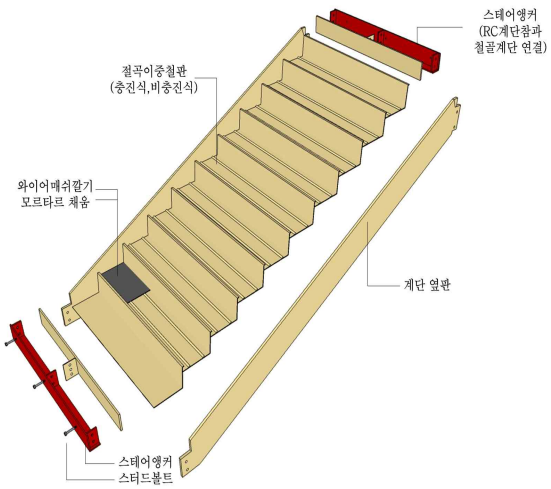


Figure 2. The basic ingredient steel staircase systems [6]

2.2 조사 대상 프로젝트

시스템 철골계단 공법의 현장 실측 데이터 수집을 위하여 시스템 철골계단 제조회사 방문과 관련 문헌 조사 및 시공자의 인터뷰를 통하여 사전 예비 조사를 실시하였다. 본 현장을 선택하는 기준은 건축물의 골조공사를 실시하는 대상으로 현장방문이 가능한 곳으로 선정하였고, 작업 공정, 작업량, 작업자 구성, 공사비 내역을 도출하였다. 대상현장은 공동주택 건설업체 중에서 시공기술 및 경험이 풍부한 상위 업체로 2009년 8월 18일부터 22일까지 5일 동안 현장을 방문하여 인터뷰와 설치과정을 비디오 촬영을 실시하였다. 현장은 부산 해운대구에 위치한 철근 콘크리트 구조의 지하5층에서 지상 70층, 75층, 80층 3개동 주상복합 공동주택 현장으로 현장 방문당시 8-9층의 계단 골조공사가 진행 중이었다 [1,2].

2.3 시스템 철골계단 공법 공정 분석

시스템 철골계단 공법이 적용된 현장을 조사한 결과 현장의 장비 및 작업자는 다음과 같이 구분된다.

시스템 철골계단에 투입되는 장비는 자재 양중을 위한 크레인 장비와 계단참의 타설에 필요한 레미콘과 콘크리트 압송관, 작업자는 작업의 형태별로 거푸집설치 작업원 형틀목공 2명, 철근 배근 작업원 철근공 1명, 콘크리트 타설 작업원 콘크리트공 2명, 거푸집 탈형 후 견출공인 견출공 1명, 공사관리 감독관 작업반장 1명의 시스템 철골계단설치 작업조로 구성된다 [1,2].

시스템 철골계단의 작업순서는 다음과 같다.

① 준비 작업 : 계단 거푸집 설치 전 계단 설치 위치를 확인하고 자재를 이동하거나 준비한다.

② 계단참 거푸집설치 : 아래 계단참과 중간 계단참과의 계단연결을 위하여 계단참 거푸집부터 설치한다.

③ 스테어 앵커 설치 : 철골 계단의 고정을 스테어 앵커에 볼트로 고정하게 된다. 즉 스테어 앵커의 정확한 수평 및 수직도의 확보는 시스템 계단 공사의 품질 및 안전뿐 아니라 시공성의 확보와도 관련이 있다.

④ 임시 계단 설치 : 시스템 철골계단 공법은 계단 거푸집이 필요 없기 때문에 상부 이동을 위해 임시 계단을 설치한다.

⑤ 계단참 철근 배근 : 계단참부분의 계단 내부 벽 철근과 계단참 철근 배근작업을 한다.

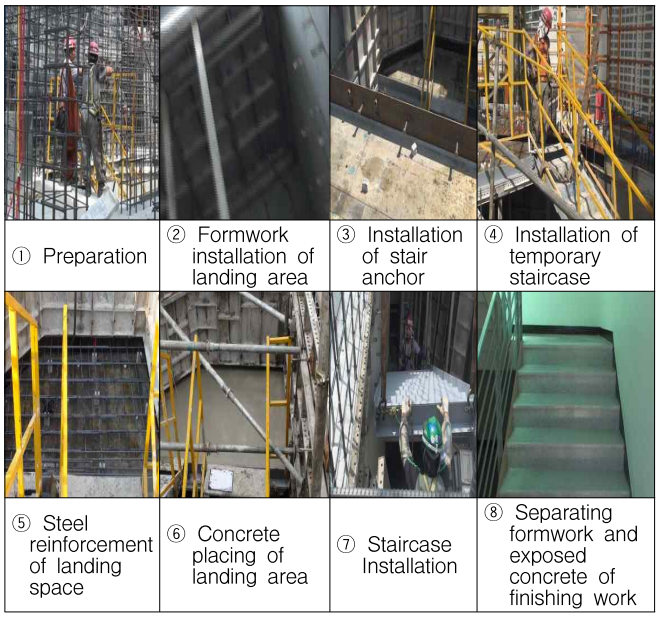
⑥ 계단참타설 : 계단참 부분과 계단 부분의 연결된 부분이 없으므로 계단참 부분만 타설한다.

⑦ 임시계단해체 후 본 계단설치 : 계단참 양생 후 임시계단을 해체하며 본 계단을 스테어 앵커 볼트 조임으로 설치한다.

⑧ 계단참 거푸집 탈형 및 견출마감: 콘크리트 양생의 강도가 굳어지면 계단참거푸집을 해체시킨 후 견출작업을 실시한다.

시스템 철골계단 현장작업 관련 사진은 Figure 3과 같다.

Figure 3. Process of steel staircase systems



3. 건설시뮬레이션 사이클론 기법의 적용

3.1 건설시뮬레이션 고찰

시뮬레이션이란 실제 시스템을 모델화하고 그 모델을 통하여 시스템의 가동을 이해하기 위하여 실험을 하거나 그 시스템의 운영을 개선하기 위해 다양한 전략을 평가하는 과정을 말한다. 시뮬레이션은 자료 수집, 사이클론을 사용한 모델링, 시뮬레이션 실행, 분석의 단계로 구성된다 [7].

건설분야에서는 시스템의 상태가 불연속적으로 변화하는 건설공정을 모의실험하기에 적합한 불연속 사건 모델이 활용되고 있다. 불연속사건 모델은 사건 중심(event-oriented), 객체 중심(object-oriented)의 시뮬레이션 모델구축 방법론으로 구분된다. 사건 중심 시뮬레이션 모델구축 방법론으로는 SIGMA 시스템이 개발되어 있으며, 객체 중심 시뮬레이션 모델 구축 방법론은 SLAM-II, SIMAN, Micro-CYCLONE 등이 개발·사용되고 있다 [8].

Halpin(1976)에 의해 개발된 사이클론(CYCLONE : CYCLic Operation Network) 기법은 대표적인 불연속사건 시뮬레이션 기법 중 하나로서, 순환되는 작업의 정보를 구성하는 네트워크를 나타낸다. 공정 시뮬레이션의 형태인 사이클론은 Activity, Operation, Process, Work task 순으로 구분되어 자원 및 작업시간, 작업간의 논리적인 상호관계를 적용시킨 생산성 측정을 위한 관리도구로서, 작업관계를 단순하게 표현할 수 있다. 공정의 효율적 관리와 계획을 위해서 작업조나 장비 조합이 생산성에 미치는 영향들에 관한 충분한 정보가 있어야 한다 [9].

사이클론 기법은 건설공정 상에서 흔히 발생하는 투입자원에 의한 지연효과(queuing theory)를 생산성 결과값에 적절히 반영하는 것으로 평가되어 학계에서 널리 이용되고 있다. 본 연구에서 사용된 사이클론 시뮬레이션은 웹사이클론 사이트를 이용하여 모델링을 실시하였다.

3.2 입력자료 분석

작업순서별 시뮬레이션 자료 입력을 위해 작업별 작업인원, 기계장비, 작업시간을 정량적 자료로 정리하면 Table 2와 같다. 작업은 준비, 거푸집 설치, 철근 배근, 콘크리트 타설, 계단시스템, 거푸집 해체, 견출마감으로 분류하였다. 작업인원은 작업반장, 형틀목공, 철근배근공, 콘크리트공, 견출공이 필요하며, 크레인, 트럭믹서, 콘크리트 펌프가 장비로 사용된다. 시스템 철골계단 공법의 총 작업시간을 현장기기로 측정한 결과, 11.99시간으로 조사되었다 [1].

Table 2. Simulation input data of steel staircase systems

Work	Details	Labor	Equipment	Time(hr)
preparation	Direction	C, L1, L2	-	0.33
	Moving formwork	L1, L2	-	0.90
	Installation scaffolding	L1, L2	-	0.20
	Landing space formwork	L1, L2	-	1.37
Installation formwork	Installation stair anchor	L1	-	0.20
	Queuing crane		-	0.25
	Installation temporary staircase	L1, L2	Crane	0.53
	Checking	C, L1	-	0.25
	Queuing crane		Crane	0.47
Steel reinforce-ment	Moving steel	L3	Crane	0.75
	reinforcement	L3	-	1.87
	Checking	C, L3	-	0.25
	Queuing crane		Truck mixer	0.25
	Pumping preparation		Truck mixer, concrete pump	0.27
Concrete placing	Placing preparation	L4	-	0.10
	Concrete placing of landing space	L4, L5	Truck mixer, concrete pump	0.23
	Checking	C, L4	-	0.20
	Queuing crane		-	0.25
Steel staircase systems	Disassembling temporary staircase	L1, L2	Crane	0.4
	Installation staircase	L1, L2	Crane	0.70
	Checking	C, L1	-	0.25
Separating formwork	Separating formwork	L1	-	1.3
Finishing work	Exposed concrete	L6	-	0.17
	Checking	C	-	0.50
	Total working time			11.99

주: C(Work chief), L1,L2(Carpenter), L3(Reinforcing bar placer), L4,L5(Concrete pourer), L6(Exposed concrete labor)

3.3 프로세스 모델링

시스템 철골계단의 분석된 Table 2의 자료를 이용한 시뮬레이션 모델링은 다음의 Figure 4와 같다. Figure 4에서 제시된 시뮬레이션 모델링에서 세부 액티비티별 작업시간은 현장관찰결과 편차(variance)가 거의 발생하지 않은 고정적인 작업시간으로 관찰되었다. 이는 본 작업이 주로 소단위의 간단한 세부공정으로 이루어 진 사실에서 기인하는 것으로 판단되며, 편차가 존재하는 소수의 현장 관찰값들은 95% 신뢰수준 내의 최대값으로 가정하였다. 이에 본 시뮬레이션 적용 시 세부 액티비티별 작업시간은 결정값(deterministic value)으로 적용되었다. 본 시뮬레이션은 한 층을 기준으로 1개소 설치의 경우에서부터 총 6개소 설치 시를 가정하여 구분 실행되었다 [1,2].

3.4 시뮬레이션 결과 분석

시스템 철골계단 공법의 한 층 1개소 설치를 위한 실제 시간은 앞서 3.2 에서 언급한 11.99시간으로 측정되었으며, 1층 1개소 완성 평균시간으로 산정된 시뮬레이션 사례 A는 11.81시간으로, 실측과는 98.50%로 유사한 값을 얻었다 [1,2]. 1층 6개소 작업 시 1개소 완성시간으로 환산한 평균시간으로 산정된 시뮬레이션 사례 F에서는 약 7.12시간의 작업시간이 예상되며, 다음 Figure 5는 시뮬레이션 사례에 따른 작업시간을 나타낸 것이다 [1,2].

실제 측정치와의 오차는 시뮬레이션 상에서 사이클 횟수의 증가에 따른 각 자원들이 등분포화에 기인한다. 또한 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.

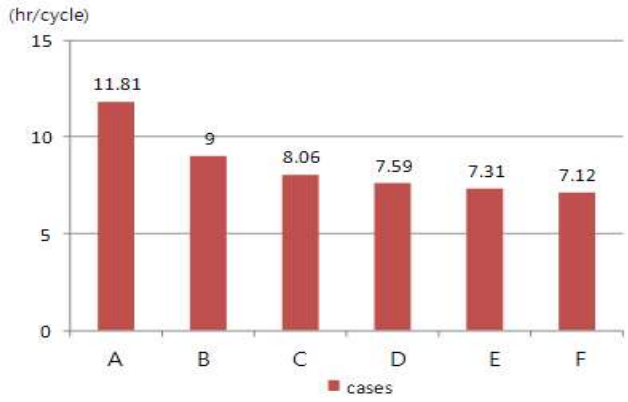


Figure 5. Operation time of steel staircase systems by construction simulation case

A: Completion time during installing one staircase on a floor
B: Average time converted into one place completion time during installing two staircase on a floor
C: Average time converted into one place completion time during installing three staircase on a floor
D: Average time converted into one place completion time during installing four staircase on a floor
E: Average time converted into one place completion time during installing five staircase on a floor
F: Average time converted into one place completion time during installing six staircase on a floor

3.5 시스템 철골계단 공법의 공사비 산출

시스템 철골계단 공법의 현장에 따른 노무비는 2009년 하반기 노무비에 근거를 두었으며, 재료비 및 장비비는 일위대가와 현장방문 조사를 통한 재료 및 장비업체에서 사용하는 실제가격에 근거를 두었다 [1].

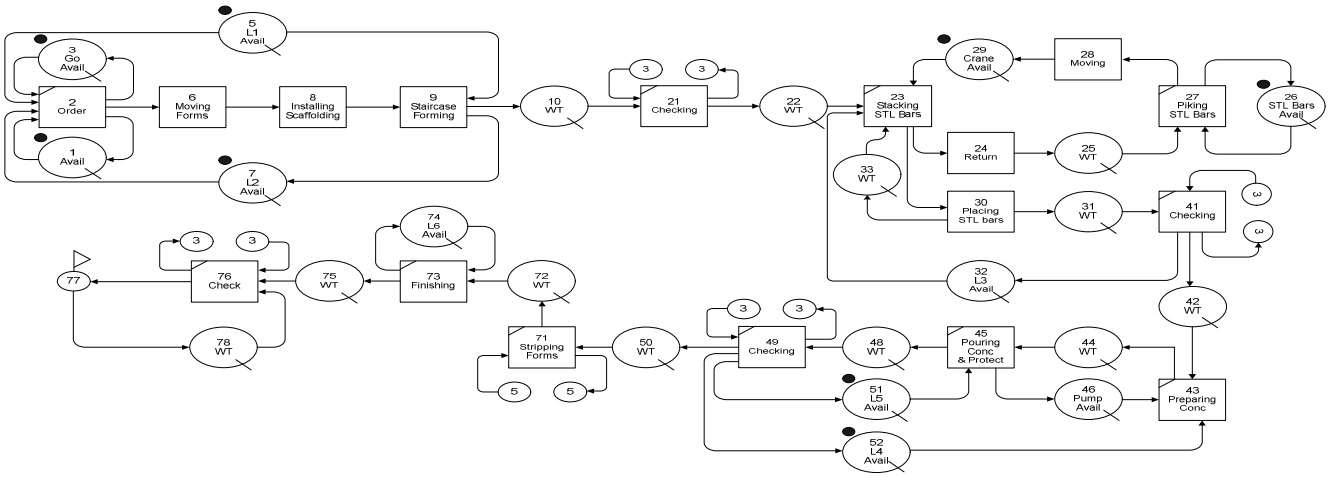


Figure 4. Process modeling of steel staircase systems based on construction simulation technique

시스템 철골계단 공법의 정확한 성능 예측을 위하여 노무비, 재료비, 장비비에 대하여 시간당 단위비용을 도출하여 비교 분석을 실시하였고, 계산식은 다음의 (1)과 같다.

$$\text{단위비용 합계} = \frac{\text{노무비}(w/hr) + \text{장비비}(w/hr)}{Cycle\ \text{Productivity}(cycle/hr)} + \text{재료비}(w/cycle) \quad (1)$$

Formula 1. The amount of unit cost formula of labor cost, equipment cost and material cost

노무비의 단위비용은 앞서 밝힌 바와 같이 2009년 하반기 노무비에 근거한 시간당 직종별 노무비 합계/8시간을 계산하며 총 87,148원/시간이다.

장비는 타워크레인과 플레이싱붐(펌프)이 사용되었고, 타워크레인의 사용시간은 타 작업 사용 시간을 고려한 결과, 총 작업시간의 23.77% 작업시간이 시스템 철골계단공법에 적용되었음이 관찰되었다. 따라서, 장비비는 타워크레인 타 공정사용시간을 고려하여 58,157원/시간, 플레이싱붐 19,117원/시간으로 총 77,274원/시간으로 산정되었다.

재료비는 작업시간이 아닌 면적에 따른 재료량이 정해져 있으므로, 재료비는 시간당 금액이 아닌 1개소 완료당 금액으로 적용되었다.

본 연구에서는 시스템 철골계단이 1개층에 1개소 설치되는 사례를 조사대상을 선정하여 수집된 현장수집데이터를 기반으로 건설시뮬레이션을 수행하였다. 구성된 건설시뮬레이션 모델링을 토대로 본 연구에서는 1개층에 다수의 계단이 설치될 경우를 적용한 모델링 변환을 통하여 추가 시뮬레이션을 수행하였다. 즉, 시스템 철골계단이 1개 층에 1개소 설치되는 실제 현장 데이터를 이용하여, 2개소부터 최대 6개소까지 설치될 경우를 시뮬레이션 모델링의 변환으로 시행하였다.

시뮬레이션 사이클에 따른 단위비용 합계 금액은 시뮬레이션 사례 A 경우 3,470,001원이며, 시뮬레이션 사례 F 경우 2,710,067원으로 Table 3은 시뮬레이션 사례에 따른 시간당 생산성을 분석하였다.

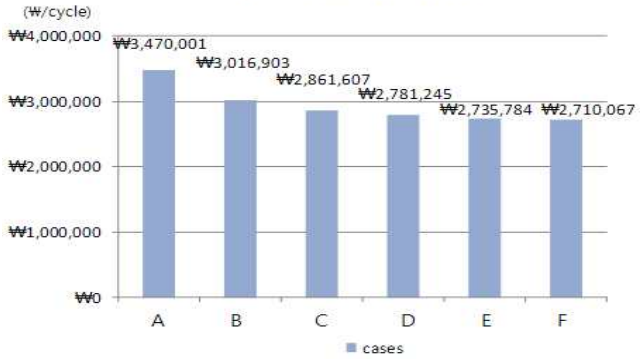
Table 3. Unit cost of steel staircase systems productivity

	Productivity (cycle/hr)	Labor cost (₩/cycle)	Equipment cost (₩/cycle)	Material cost (₩/cycle)	Sum (Labor+Equip.+Material)
Actual cost		₩87,148/hr	₩77,274/hr	1,535,624	₩1,700,046
A	0.085	1,025,271	909,106	1,535,624	₩3,470,001
B	0.111	785,117	696,162	1,535,624	₩3,016,903
C	0.124	702,806	623,177	1,535,624	₩2,861,607
D	0.132	660,212	585,409	1,535,624	₩2,781,245
E	0.137	636,116	564,044	1,535,624	₩2,735,784
F	0.140	622,486	551,957	1,535,624	₩2,710,067

다음의 Figure 6은 시뮬레이션에서 도출된 시간당 생산성을 고려한 사례에 따른 단위비용을 나타낸 것이다 [1].

시스템 철골계단 공법의 단위비용에 따른 그래프를 보면 시뮬레이션 사례 F에서 단위비용의 감소가 점차 줄어드는 것을 알 수 있다.

따라서 시스템 철골계단공법에 대한 시뮬레이션 결과, 시스템 철골계단 공법을 1개 층에 1개소 설치 시와 최대 6개소 설치 시에 대한 시간당 생산성을 비교하면 60.7%의 차이가 도출되었다. 또한 시간당 생산성을 고려한 단위비용 예측 결과, 1개 층에 1개소 설치 시와 최대 6개소 설치 시에 대한 단위비용 합계는 759,934원의 차이가 도출되었다. 이는 시뮬레이션 모델 구성 시, 1개 층 작업을 위한 소요자원은 작업 시작 전 층별로 미리 투입된다는 가정 하에서 진행된 결과로 판단된다. 즉 소요자원이 개층당 투입될 경우, 개소에 따라 자원이 별도로 투입되는 시간이 절약되기 때문이며, 이에 대한 효과가 수치로 제시된 것이다.



A: Total cost during installing one staircase on a floor
B: Average cost converted into one place total cost during installing two staircase on a floor
C: Average cost converted into one place total cost during installing three staircase on a floor
D: Average cost converted into one place total cost during installing four staircase on a floor
E: Average cost converted into one place total cost during installing five staircase on a floor
F: Average cost converted into one place total cost during installing six staircase on a floor

Figure 6. Unit cost of steel staircase systems by construction simulation case

4. 결 론

본 연구는 시스템 철골계단 공법을 신기술의 예로 채택하여 건설시뮬레이션 기법을 시간당 생산성 및 단위비용 산정 및 예측을 위한 도구로 이용하여 현장적용 시 결과값을 예측하였다. 본 연구의 요약 및 결과는 아래와 같다.

① 본 연구는 실제 건설 중인 주상복합 공동주택 현장의 실사를 통하여 시스템 철골계단 공정을 분석하고 작업에 투입되는 자원의 규모와 작업시간, 비용을 도출하였다.

② 본 연구의 대상으로 선정된 시스템 철골계단 공법은 기존 계단공법과 비교하여 동바리 설치 및 계단철근 공사가 없으며, 선·후행 공정의 설치가 간편하고 작업자의 보행 및 안전통로가 확보되는 것으로 파악되었다.

③ 현장에서 수집된 데이터를 분석한 결과, 시스템 철골계단 공법 적용 시 1개층 1개소 설치에 소요되는 실측 시간은 11.99시간이었으며, 이를 건설시뮬레이션 적용 시 11.81시간으로 예측되었으며, 이는 98.50%의 근접치로 제시되었다.

④ 위의 사실은 사용된 건설시뮬레이션 기법이 현장적용성 평가에 유효하다는 사실을 제시하고 있다. 그러나, 제시된 실측된 생산성과 시뮬레이션 적용결과 생산성과의 차이는 시뮬레이션 모델 구성 시, 각 액티비티의 공정소요시간들에 대한 데이터 부족과 현장에서 발생할 수 있는 모든 지연사항들을 반영하지 못한 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 이는 향후 진행될 건설신기술의 성능평가 모델 구현에서 건설시뮬레이션 기법을 이용할 경우, 재검토되고 해결되어야 할 부분으로 판단된다.

⑤ 시스템 철골계단 공법 적용 시 소요되는 공사비의 정확한 성능 예측값을 도출하기 위해 노무비, 재료비, 장비비의 단위비용을 고려하여 비교 분석하였다. 또한, 본 연구에서는 시스템 철골계단이 1개 층에 1개소 설치되는 실제 현장 데이터를 이용하여, 2개소부터 최대 6개소까지 설치될 경우를 시뮬레이션 모델링의 변환으로 시행하였다. 시뮬레이션 결과 예측된 시간당 생산성을 고려한 단위비용 합계는 1개층 1개소 설치 시 3,470,001원이며, 1개층 6개소 설치 시 2,710,067원으로 점차 줄어드는 것으로 분석되었다.

본 연구에서 건설 신기술의 현장 적용성을 효과적으로 평가하기 위하여 건설시뮬레이션 기법을 사용하였으며, 연구 결과 본 공법의 사례별 시간당 생산성 및 단위비용에 대한 비교·분석을 통해 객관화할 수 있는 자료를 제시하였다. 본 연구 결과, 현장 데이터가 부족한 건설신기술의 성능평가를 위하여 건설시뮬레이션의 적용에 대한 가능성이 평가되었다. 그러나 향후 보다 객관적이며, 현실적인 건설 신기술의 성능을 평가하고 예측할 수 있는 의사결정 방법으로서의 건설시뮬레이션 기법을 활용할 경우, 모델의 각 세부공정별 소요시간에 대한 충분한 건설데이터 수집과 이에 대한 통계적 분포 구성이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

건설 신기술은 현장적용에 대한 불확실성, 기술적 우위의 확신결여 등으로 활성화가 어렵고 신기술 활용실적은 미흡하다. 따라서 건설신기술 현장 적용에 따른 문제를 해결하기 위해 신기술 예측자료가 필요하며, 성능평가 모델이 요구된다. 본 연구의 목적은 의사결정도구로서 건설시뮬레이션을 활용한 신기술의 현장 적용시 예측되는 생산성과 비용을 평가할 수 있는 방안을 도출하는 것이다. 이를 위하여 시스템 철골계단 공법을 선정하였다. 본 공법이 실제 적용 중인 현장에서의 데이터 수집을 기반으로 건설시뮬레이션을 적용하였으며, 이에 본 계단 공법의 1개층 1개소 설치에서부터 6개소 설치 시의 다양한 사례에 대한 시간당 생산성 및 단위비용을 예측하였다. 위의 과정을 통하여 건설시뮬레이션 기법은 현장데이터가 부족한 건설신기술의 현장적용성 평가를 위한 적용의 가능성을 제시하고 있음을 알 수 있다.

키워드 : 건설 신기술, 시스템 철골계단, 건설시뮬레이션, 사이클론

Acknowledgement

This research was supported by a grant (2009-0065748) from Basic Research in Science and Engineering Program funded by National Research Foundation of Korea.

References

1. Lee JH. Construction performance evaluation of an advanced-technology based on construction simulation technique - Focused on steel staircase system [MA dissertation]. Incheon: Inha University; 2010.
2. Lee KS, Lee JH, Kim HM, Kim YS, Han SW. Productivity analysis of steel staircase systems utilizing simulation method. Academic conference of Korea Institute of building Construction 2010:101-4.
3. Yu JH, Hong YT. Status and direction of research and development in construction industry. Academic conference of Korea Institute Construction Engineering and Management 2006:80-6.
4. Editorial Board. The 4th construction technology development basics plan(2008-2012). Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs 2008:20.

5. Editorial Board. Ferro-stair of steel staircase system. The Korean Structural Engineers Association 2005;12(5):35-7.
6. Doohayokomori corporation. Ferro-stair system applying reinforced concrete. Design & construction reference; 2009.
7. Halpin DW, Riggs LS. Planning and analysis of construction operations. USA, New York: Wiley Interscience; 1992.
8. Kim KR, Kim SS, Kim JK, Seo SW, Lee SB, Lee CS, Lee HK, Lim NK, Hyun CT. Construction Time Management. Korea, Seoul: Kimundang; 2005.
9. Halpin DW, Woodhead R. Design of construction and process operations. USA, New York: Wiley Interscience; 1976.