

시공단계 현장 Mock-up의 BIM 기반 시뮬레이션 기법 적용에 의한 기대효과 분석 연구

Study on Substitution Effect caused by Application of BIM Simulation System to Mock-up Site

장 세 준* 윤 석 현** 백 준 흥***
Jang, Se-Jun Yun, Seok-Heon Paek, Joon-Hong

Abstract

Construction project is completed through several stages and problems of each stage affect directly not only now but also next. Defect of 2D drawings influence in construction phase, and it make many loss on project. Nowadays we practically use real Mock-up test in construction sites to solve the problems. But it also has many problems which are waste much money and time. Therefore, this study tries to analyze effect that is occurred by applying BIM Mock-up simulation instead of real Mock-up execution.

These analysis is conducted by comparing two construction building site. These have same shape but one is made for BIM Mock-up, and another is real Mock-up. Comparison points of view are cost, time and operator 's satisfaction. It is expect that BIM Mock-up is more effective at low cost and on shorter time. But our analysis show that each are conducted different part of function, So new Mock-up type is required.

Hybrid Mock-up is combine real mock-up with BIM simulation and it can minimize risk of project.

키 워 드 : 건축정보모델링, 4차원 CAD, 간섭관리시스템, 시공성 분석, 목업 시공
Keywords : BIM, 4D, Mock-up, Design Review, 3D

1. 서 론

1.1 연구의 배경

건설프로젝트는 공사의 계획단계부터 유지관리 단계에 이르기까지 다양한 조직의 참여에 의해서 진행된다. 하지만 공사참여 주체들 간의 정보교류 미비로 인하여 실제 시공 시 많은 위험요소들이 발생하게 된다. 기존 문서 기반의 디자인 검토를 하는 현재 상황에서는 설계단계에서 시공성에 대한 고려가 이루어지지 못하고 있으며, 이로 인하여 실제 공사 수행 시 많은 시행착오들을 겪게 된다.

공사도중 발생하는 공종간의 간섭 및 시공오류를 방지하기 위해 건설현장에서는 골조공사가 끝난 단위세대를 대상으로 Mock-up을 제작해보면서 실제 시공 시 발생할 수 있는 문제점을 사전에 차단하고 있다. 하지만 현장제작 Mock-up의

경우에도 시행착오로 인하여 공사비 증가와 공기증가로 이어질 우려가 있다.

최근 건축정보모델링(Building Information Modeling, 이하 BIM이라 함)을 활용하여 건설현장에서 불필요하게 소비되는 시간과 비용, 노력을 최소화하기 위한 시도가 이어지고 있다.

이러한 BIM 기술의 활용은 시공단계 이전에 공사참여 주체들 간의 적극적인 정보교환을 지원하여 시공단계의 효율을 높일 수 있다. 또한, 시공단계에서 일어날 수 있는 문제점을 사전에 가상현실 환경에서 직접 구현하여 기존의 2차원 도면에서 발생하는 설계상의 불확실성 및 간섭오류의 극복을 시도해볼 수 있다.

본 연구에서는 BIM 기반 시뮬레이션 기법을 활용하여 Mock-up 현장에 적용하였으며, 기존의 현장제작 Mock-up과 다각적인 비교분석을 실시하였다. 또한 분석결과를 토대로 효율적인 공사 관리를 위한 Hybrid¹⁾ 타입을 제안하고자 한다.

* 연세대학교 건축공학과 석사과정, 정회원
** 경상대학교 건축공학과 조교수, 정회원
*** 연세대학교 건축공학과 정교수, 정회원

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

1) Hybrid는 본래 혼성이나 혼합을 뜻하는 단어지만 본 연구에서는 현장기반 Mock-up과 BIM 기반 Mock-up의 혼합을 뜻함.

1.2 연구의 방법

본 연구에서는 이론적 고찰을 통하여 Mock-up의 정의와 필요성에 대하여 알아본 후, 현장제작 Mock-up과 BIM 기반 Mock-up을 비교분석하였다. 이론적인 고찰을 통한 정성적 평가를 실시하고 실제 현장에 두 가지 타입의 Mock-up을 동시에 실시하면서 정량적인 평가를 실시하였다. 비교분석 결과를 토대로 시공단계 위험을 최소화시킬 수 있는 효과적인 Hybrid 타입을 제안하였다. 연구의 절차 및 방법은 그림 1과 같다.

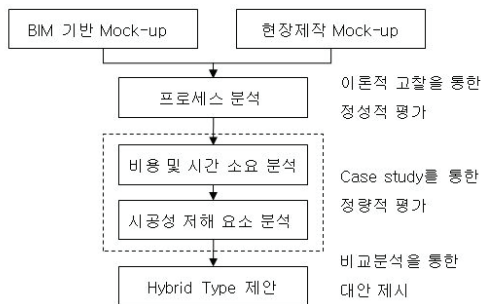


그림 1. 연구 진행절차 및 방법

2. 이론고찰 및 프로세스 분석

2.1 Mock-up

Mock-up이란 단어의 사전적인 의미는 “실물크기의 모형을 만들다”라는 의미이다. 골조가 완료된 단위체대를 대상으로 실제 제작하는 과정을 거쳐 구조, 설비, 시공측면에서 안전성을 보장받고, 설계자와 작업종사자들 간의 이해도를 증진시켜 실제 공사시의 효율성을 극대화하는 것이다.

다양한 공종과 자재들로 구성된 건축물은 설계상의 미숙한 점과 사용재료들의 부적합성, 설계와 시공의 정보 교류의 부족으로 실제 시공 시 많은 어려움을 직면하게 되며, 이로 인한 재작업과 작업지연 등이 발생하여 생산 효율성이 낮아지게 된다.

이러한 문제점들은 단순히 2D 기반 도면검토 만으로는 파악하기에 많은 어려움이 있어서 대규모공사의 경우 실소비자의 현실적인 요구와 기호를 파악하고 실제 시공 시의 허용오차를 최소화하기위하여 Mock-up 테스트를 실행한다. Mock-up 테스트는 실제공간의 입체적인 특성을 정확하게 연출하여 공사수행 중 발생할 수 있는 위험요소를 사전에 차단하는 실제 공사에 대한 예비적 연출을 수행하는 업무라고 할 수 있다.

2.2 BIM

최근 건설공사에서는 BIM에 대한 관심이 증가하고 있다.

BIM을 활용하면 기존의 2D 기반 문서에서 표현하지 못했던 입체적인 형상의 표현이 가능하다. 또한 BIM에서 3D 모델은 단순히 형상 정보뿐 아니라 부재 객체로서 인식이 가능하며 공사과정의 정보입력이 가능하다. BIM의 적절한 도입은 건설생산성의 약 30% 정도를 향상시킬 수 있다(김현주, 2006).

국내의 경우 1990년대 중반 이후, 대규모 건설사업의 증가와 함께 BIM 관련 기술을 적용한 다양한 사례를 찾아볼 수 있다. 인천 신공항 여객터미널 공사에도 BIM 기술을 활용하여 유지관리 기능에 활용되었으며 현대 건설의 경우 초고층 주상복합인 하이페리온 프로젝트에서 BIM 관련 정보 중 시간 요소에 따른 시각화를 통해 공정 시뮬레이션을 구현하였다.

2.3 현장제작 Mock-up 프로세스

현장제작 Mock-up은 공사를 시행하는 과정에서 2D 도면의 오류들이 발생하면서 공사의 실행과 계획수정을 반복하는 프로세스를 가지고 있다. 시공단계에서는 1가지 공종의 시공 전문가 집단이 투입되어 공사를 진행하게 되며 수정단계에서는 한 공정의 시공 전문가 집단뿐만 아니라 간섭이 예상되는 여러 공종의 시공 전문가 집단이 투입되어야 한다. 또한 수정 단계를 거치면서 2D도면에 대한 오류는 CAD 사용자에 의해서 수정되어야 한다. 이러한 반복 작업은 시공성 저해요소에 대한 대안 설정이 마무리되는 n단계까지 반복되어야 한다. 그림 2는 현장제작 Mock-up 프로세스를 보여준다.

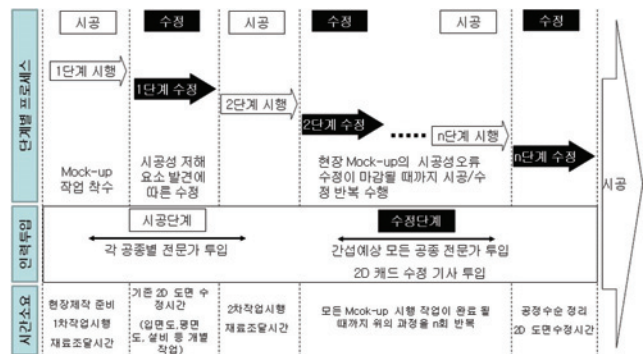


그림 2. 현장제작 Mock-up 프로세스

2.4 BIM 기반 Mock-up 프로세스

BIM 기반 Mock-up에서는 한 번의 대안 설정 단계에 모든 공정의 전문가 투입으로 시공성 오류수정에 대한 의사결정이 가능하다. 또한 오류가 수정된 2D 도면은 2D 도면은 객체 기반 CAD 시스템에 의해 자동으로 산출된다. 현장제작 Mock-up이 시공과 수정의 과정을 통한 시행착오를 겪는 것과 달리, 객체화된 건축, 설비, 전기의 요소들을 시각적으로 변경하는 과정을 통해 빠른 시간 안에 각 공정의 대안을 찾아볼 수 있다. 그림 3은 BIM 기반 Mock-up 프로세스를 보여준다.

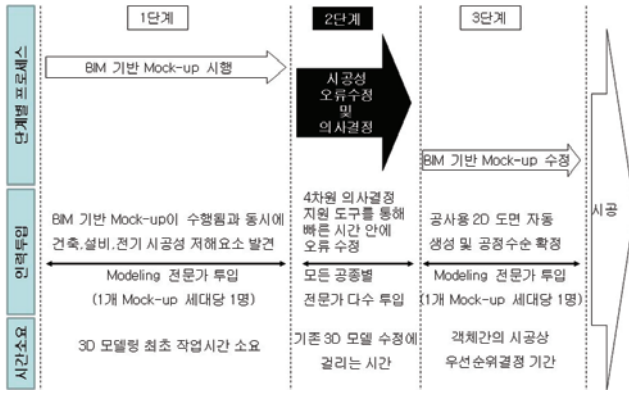


그림 3. BIM Mock-up 프로세스

것으로 가정하였다. 위의 가정을 바탕으로 현장제작 Mock-up을 소요되는 전체 가치를 계산하는 식은 다음의 식 (1)과 같으며 계산결과는 표 3과 같다.

$$M_c - (Unit_{average\ cost} - I_{average\ cost}) = M_{TC} \dots\dots\dots(1)$$

- M_c : 현장제작 Mock-up 소요 비용
- $Unit_{average\ cost}$: 동일평형 세대 평균 공사비용
- $I_{average\ cost}$: 동일평형 평균 세대 인테리어 공사비용
- M_{TC} : 현장제작 Mock-up을 시공함에 있어서 소요되는 가치의 총액

3. Case Study를 통한 대체효과 비교분석

3.1 Case Study 개요

본 연구에서는 인천의 A사 주상복합 현장의 단위세대를 대상으로 BIM 기반의 Mock-up 시뮬레이션을 적용해 보았다. 대상 사업의 개요는 표 2와 같다.

표 2. 적용 사례 개요

	내용		내용
연면적	121,192m ²	구 조	철근콘크리트 구조
세대수	1,058실	평 형	25평형 -가격비교 14평형 25평형 32평형
규 모	지하 2층~지상 22층		-효과분석

이번 사례 분석에서는 동일한 조건을 가진 두 개 동일한 건물에 대하여 현장제작 Mock-up과 BIM 기반 Mock-up의 비용, 시간, 시공성 검토 효과에 대해서 분석하고자 하였다. BIM 기반 Mock-up을 구현 모습은 그림 4과 같다.

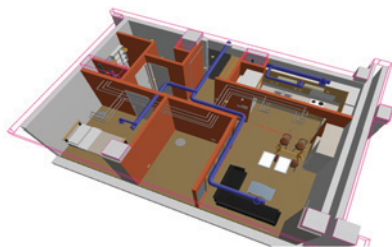


그림 4. BIM 기반 Mock-up 모델 (일부분)

3.2 비용에 대한 분석

3.2.1 현장제작 Mock-up 비용

현장제작 Mock-up의 비용을 분석하기 위해서는 활용 목적이 일반적이며 합법적이라는 전제 하에 Mock-up 세대는 샘플 시공 목적으로 하며, 인테리어의 경우 시공 후 철거되는

표 3. 현장제작 Mock-up 으로 소요되는 가치총액(단위:원)

공사비 요소	파트	공사	비용
M_c	건축	인테리어 공사	54,602,000
		조명기구 공사	8,154,000
	전기	콘센트 공사	5,831,000
		가스설비 공사	4,811,000
		소화설비 공사	11,257,000
		공조설비 공사	12,380,000
	합계	상하수관 공사	50,762,000
		147,797,000	
$Unit_{average\ cost}$			(-)72,633,000
$I_{average\ cost}$			(+) 25,435,000
M_{TC}			100,599,000

3.2.2 BIM 기반 Mock-up 비용

BIM 기반 Mock-up을 제작하는 데에는 BIM 기반 CAD의 활용이 가능한 중급 전문가 1명으로 7일간 작업하였다. 컴퓨터 시스템을 사용했기 때문에 별도의 재료비 없이 인건비 투입만으로 Mock-up 제작이 가능하였으며 시공성 저해요소에 대한 대안 설정 후 수정과정에서 1일이 소요되었다. 대안 설정과정에서는 각 공정의 시공전문가 집단이 다수 투입되었다. 표 4는 BIM 기반 Mock-up의 비용을 정리한 것이다.

표 4. BIM 기반 Mock-up 비용 총액(한국물가정보) (단위:원)

단계	일수	인원	직종	비용
1단계	7일	1명	4D tool 중급기술자	165,245 * 7
2단계	1일	4명	건설부분 중급기술자	146,066 * 4
	1일	4명	가스 설비 기술자	78,893 * 4
	1일	4명	소화 설비 기술자	78,893 * 4
	1일	4명	배관 설비 기술자	103,468 * 4
	1일	4명	공조 설비 기술자	75,664 * 4
	1일	4명	전기 시공 기술자	93,213 * 4
3단계	1일	1명	4D tool 중급기술자	165,245 * 1
합계	9일			3,626,748

3.3 시간에 대한 분석

BIM 기반 Mock-up이 단 8일 만에 완료되어 공사에 적용되었으며 현장제작 Mock-up은 68일(작업일수 기준)이 소요되는 것으로 나타났다. 68일에는 현장제작 Mock-up이 시공되는 과정에서 시공성 오류로 인해 자재가 재주문 되어 들어오는 등의 공사 외적인 요소에 의한 시간 소요가 포함되었다.

3.4 시공성 검토결과 분석

3.4.1 일반사항

Mock-up을 사용하여 시공성 검토를 실시한 결과는 ①도면간의 상이, ②공사간섭, ③협의필요요소 세 가지 타입으로 분류할 수 있었다. 첫 번째, ‘도면간의상이’는 같은 위치를 나타내는 도면임에도 불구하고 도면의 종류에 따라 다르게 표현되어 있는 것이다. 두 번째, ‘공사간섭’은 각각의 세부 공정의 객체가 서로 겹치게 표현되어, 물리적으로 시공이 불가능한 경우이다. 세 번째, ‘협의필요요소’는 시공 상에는 큰 문제가 되지 않지만 사용자의 기호에 따라 변경이 필요한 경우이다.

3.4.2 현장제작 Mock-up 시공성 검토결과

가장 많이 발견된 것은 협의필요요소이다. 기존 문서기반 도면에서는 표현이 불가능했던 시각적 분석이 가능하였다. 특히 건축 인테리어 부분의 색상 변경이나 위치변경, 마감추가 등의 요소에 대한 분석이 뛰어났다. 하지만 공사간섭 체크에서는 상대적으로 취약한 것으로 나타났다. 검토결과는 그림 5와 같다.

3.4.3 BIM 기반 Mock-up 시공성 검토 결과

공사간섭에서 눈에 보이지 않는 설비의 간섭들을 현장제작 Mock-up에 비해 정확히 분석하였다. 협의필요요소에 대한 분석 효과는 비교적 떨어지는 것으로 보인다. 컴퓨터 그래픽상의 시각화로 사용자의 기호를 정확히 예상하고 판단하기에는 미흡하다고 판단된다. 검토결과는 그림6과 같다.

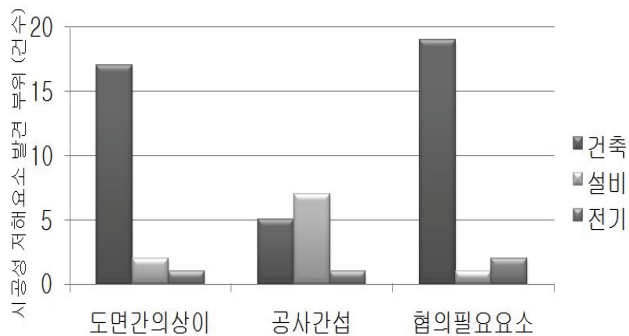


그림 5. 현장제작 Mock-up 시공성 검토결과

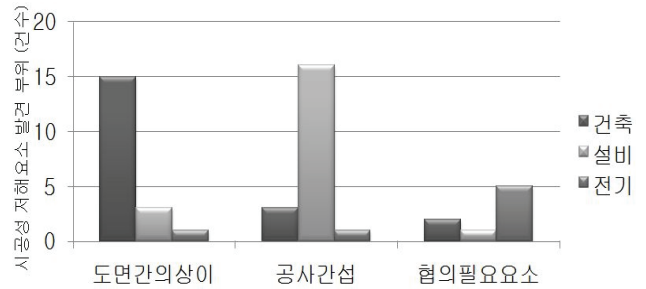


그림 6. BIM 기반 Mock-up 시공성 검토결과

3.5 Hybrid 타입 Mock-up의 필요성

Case Study를 통하여 두 가지 타입의 Mock-up을 분석해 본 결과 서로 다른 요소에 대한 분석 효과가 뛰어난 것으로 나타났다. 두 가지 타입 모두 도면간의상이를 분석하는 데에는 우수한 것으로 판단되지만 공사간섭 분석에서는 BIM 기반 Mock-up이, 협의필요요소 분석에서는 기존 현장제작이 우수한 것으로 판단된다. 따라서 하나의 타입을 선택하여서 프로젝트를 진행하는 것보다 두 가지 타입의 Mock-up을 병행하여 사용하는 것이 효과적인 것으로 판단된다. 하지만 두 가지 타입을 병행하여 사용할 경우 지나친 공사비의 부담과 시간, 노력이 사용된다. 따라서 본 연구에서는 두 가지 Mock-up 타입의 장점을 부각시킨 Hybrid 타입 Mock-up을 제안한다.

3.6 Hybrid 타입 Mock-up 프로세스

Hybrid 타입 Mock-up 프로세스는 BIM 기반 통합도면관리 단계와 현장 기반 의사결정 단계로 나누어진다. BIM 기반 통합 도면관리 단계에서는 2D 기반으로 작성된 문서가 BIM 기반 Mock-up을 활용하여 분석되며 분석 대상은 공사에 직접적인 영향을 주는 도면간의상이와 공사간섭이다. 여기서 발견된 오류는 각각의 주체가 통합관리시스템을 통하여 수정할 수 있다. 하나의 주체가 도면을 수정하는 동안에는 다른 주체가 통합도면내로 접근하는 것이 통제되어 작업자들 간의 충돌 없이 순차적으로 도면의 오류를 수정할 수 있다. 공사수행 이전 단계에서 분석과정이 마무리되므로 시간소요는 없고 볼 수 있다.

현장기반 의사결정 단계에서는 협의필요요소에 대한 분석이 이루어진다. 하지만 기존 현장제작 Mock-up에서는 건축, 전기, 설비의 모든 시공이 이루어졌던 것과 달리 Hybrid 타입에서는 건축의 인테리어와 마감, 전기의 콘센트와 전기기구 설치에 대한 부분의 시공만 이루어진다.

3.7 Hybrid 타입 Mock-up 비용분석

BIM 기반 통합 도면관리 단계에서는 BIM 기반 Mock-up의 비용이 소요된다. Hybrid 타입에서는 수정단계가 생략이

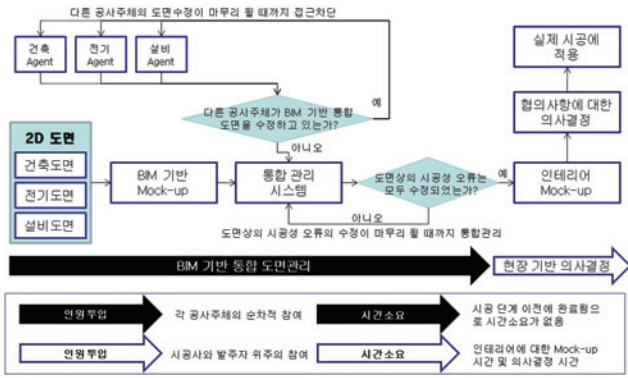


그림 7. Hybrid 타입 Mock-up 프로세스

가능하지만 BIM 기반 Mock-up의 특성상 수정작업의 기간이 짧고 간단하여 비용적인 소실이 거의 없어 비용분석에서 생략하지 않는 것으로 계산하였다.

현장 기반의 의사결정 단계에서는 Mock-up 공사에 투입된 비용(M_c) 중에서 건축 인테리어 비용과 전기설비의 콘센트 및 조명공사 비용이 포함된다. Hybrid 비용분석 결과는 표 5와 같으며 Case Study의 표 3과 표 4를 근거로 작성하였다. 3가지 Mock-up 타입별 비용은 표 6과 같다.

표 5. Hybrid 타입 Mock-up 비용 총액 (단위:원)

공사비 요소	파트	공사	비용
현장제작 M_c	건축	인테리어 공사	54,602,000
		조명기구 공사	8,154,000
	전기	콘센트 공사	5,831,000
BIM 기반 Mock-up	전체		3,626,748
합계	전체(Hybrid 타입)	M_{TC}	72,213,748

표 6. 타입별 Mock-up 비용 총액 비교 (단위:원)

타입별 M_{TC}	BIM 기반 Mock-up	현장제작 Mock-up	Hybrid 타입 Mock-up
	3,626,748	100,599,000	72,213,784

4. 결 론

본 연구에서는 기존 Mock-up 현장에 BIM 기반 시뮬레이션을 도입하여 대체효과를 분석하였다. 분석결과 BIM 기반 Mock-up은 현장제작 Mock-up에 비하여 비용적인 측면에서 효율적이었고 더 짧은 기간 안에 작업을 완료할 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 두 가지 타입의 Mock-up에 의한 시공성 검토 결과를 살펴보면 서로 다른 기능을 수행하는 것으로 나타났다.

따라서 현장제작 Mock-up과 BIM 기반 Mock-up의 장

점을 살리며 효율성을 높일 수 있는 Hybrid 타입의 Mock-up을 제안하였다. Hybrid 타입 Mock-up은 기존 현장제작 Mock-up에 비하여 비용과 시간적 측면에서 효율적이며 공사시간섭에 대한 시공성 검토가 떨어질 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 강인석, 건설관리분야 4D시스템의 기능분석을 통한 활용성 개선방안, 대한건축학회논문집, 18(10), pp.85~92. 2002.
2. 김현남, 3차원 객체기반 모델을 이용한 설계도면 및 시방서 관리 시스템 구축, 한국건설관리학회논문집, 1(3), pp.124~134. 2000.
3. 신재원, 설계 협업 과정에서의 효과적인 설계관리를 위한 정보 중심의 설계 업무 프로세스 모델링 기법 제안, 대한건축학회 논문집, 22(8), pp.144~156. 2006.
4. Calvin Kam, The product model and fourth dimension project, The Stanford University, 2003.
5. Larry Whiteman, Structured models and Dynamic systems analysis, The University of Texas, 1997.