

건설자동화를 위한 철골 공사 계획의 의사결정 영향요인에 관한 연구

A Study on the Influential Factors on Decision Making of Frame Construction Scheduling For Automated Construction

최정필* 김경환** 김재준***
Choi, Jeong-Phil Kim, Kyung-Hwan Kim, Jae-Jun

Abstract

During the last few decades, several companies and research laboratories have developed construction robots in an effort to improve productivity, quality, and reduce construction time and safety concerns. Recently, domestic construction industry is also interested in developing the construction robots. However, the studies on the research and development process is impossible in real field. A existing research's object is the development of the research on the assumption that construction's environment is a fixed form, But real construction's environment is very dynamic and atypical. So it is very difficult that we apply construction automation and robots. In order to solve this problem, this study deduce influential factors on decision making of frame construction scheduling for automated construction.

키워드 : 건설자동화, 철골 공사 계획, 의사결정 영향요인

Keywords : Automated Construction, Frame Construction Scheduling, Influential Factors on Decision Making

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

21세기에 건설산업의 두드러진 변화의 모습은 정보화·기술 집약화·고효율화·지식화 등이다. 전통적으로 3D업종인 건설산업은 젊은 기능인력의 기피현상으로 숙련된 기능인력 확보가 더욱 힘들어지고 있는 현실이다. 또한 시설물의 첨단화 및 복잡화되는 새로운 추세에 이를 충족시킬 수 있는 기술력의 확보가 경쟁력의 관건이 되고 있다. 즉, 다양하고 복잡한 수요를 만족시킬 수 있는 기술 및 엔지니어링의 발전이 요구되고 있어 새로운 도전과 동기부여가 충분하다. 건설기술력 향상 분야를 언급할 때 빠지지 않는 항목 중의 하나가 건설자동화라고 할 수 있다. 건설자동화를 통하여 작업현장의 안전성을 제고하고 품질 및 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대하기에 언제나 그 중요성이 강조되고 있다. 그러나 기계, 전기, 컴퓨터 등이 포함된 복합기술로서 건설자동화에 대한 전문지식의 부족, 건설업의 특성상 건설프로젝트의 불확실성과 이에 따른 위험 부담 등의 복합적 요인에 의해 자동화의 필요성은 강조되고 있으나 현실적으로 현장적용이 이루어지지 않고 있는 실정이다.¹⁾ 또한 철골 공정 계획은 담당자의 경험이나 주

관, 장비업체의 기술보조에 의해 수립되는 경향이 크다. 철골 공정 자료가 부족하고, 활용하기 쉬운 객관적인 기준이나 도구가 없어 철골 공정 계획 수립에 어려움이 많아 검토내용의 상이, 누락 등 공정 계획의 오류가 발생하며, 체계적인 지침이 없어 비효율성이 나타나고 있다.

따라서 본 연구에서는 건설자동화를 위한 철골 공사 계획에 영향을 미치는 여러 변수들의 변화와 상호관계를 고려하여 실제 현장에서 적용할 수 있는 체계적이고 효율적인 건설자동화를 위하여 철골 공사 계획상에서 필요한 의사결정 영향요인을 분석하고 하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 건설공사 단계 중 철골 공사를 중심으로 건설자동화를 위한 영향요인을 도출하였으며, 이를 위한 연구의 절차는 다음과 같다.

첫째, 건설자동화 및 철골 공사 자동화의 현황 및 개념을 위한 이론적 고찰을 실시한다.

둘째, 문헌 고찰 및 전문가 인터뷰를 통해서 건설자동화를 위한 철골 공사 계획의 의사결정 영향요인을 도출한다.

셋째, 도출된 영향요인을 바탕으로 인과지도를 작성하여 각 요인들을 분석한다.

* 한양대학교 건축환경공학 석사과정, 정회원
** 건국대학교 건축공학과 교수, 정회원
*** 한양대학교 건축환경공학과 교수, 정회원

1) 이준복, 건설자동화 기술적 로드맵 작성을 위한 연구, 대한건축학회, 2003

2. 건설자동화 개념 및 현황

2.1 건설자동화의 개념

건설자동화(Construction Automation)라 함은 컴퓨터 및 전산기술을 이용한 정보화, 통합관리시스템화 등 소프트웨어적인 기술과 시공의 성력화, 기계화를 위한 자동·반자동 형태의 로봇 개발 등 하드웨어적인 기술을 포함한다.

결국 건설자동화는 하드웨어와 소프트웨어의 인터페이스를 통한 지능형 로봇의 개발과 관련 정보의 자동화를 하나로 묶는 이른바 디지털 건설로봇화(Digital Construction Robotization)라 할 수 있다.

따라서, 요소기술은 건설기술, 관리기술, 전기, 기계, 메카트로닉스, 정보통신기술 등 다양한 분야의 첨단기술의 융·복합기술이라 할 수 있다.

2.2 철골 공사의 자동화

2.2.1 현황

국내에서는 2000년대부터 시작된 고층건물 구조체 시공 자동화 시스템 개발이라는 철골 공사에서 건설자동화 및 로봇분야의 대형 국책 연구개발 사업이 진행되고 있다. 로봇 크레인 과 고층건물 구조체 자동화 시공 개발을 위해 로봇틱 크레인 기반 고층건물 구조체 시공 자동화 시스템 기획 및 통합, 클리이밍 유압로봇 및 건설공장 구조체 기술 개발, 로봇틱 크레인 기반의 자재설치 핵심 기술 개발, 무선인식(RFID) 및 다차원 CAD 기반의 지능형 건설자재 조달 시스템 개발 등이 성공적으로 수행되어오고 있다.

자동화 및 로봇시스템의 완성도를 개발수준에 따라 크게 인력·기계협업체계(Man-machine interface), 반자동화(Semi automation), 로봇화(Robotization)로 구분한다면 현재 국내에서 진행된 연구개발은 인력·기계협업체계 및 반자동화 수준이라고 할 수 있다.

2.2.2 문제점

기존의 연구과제는 연구개발을 목적으로 하여 정형화된 작업환경이라는 가정하에 연구가 진행되었다. 하지만 실제 건설 작업 환경은 매우 동적이며 비정형화하므로 건설자동화를 실제로 현장에 적용하는데는 많은 어려움이 있을 것으로 사료된다. 이를 해결하기 위해서 건설자동화의 완전 자동화의 개념보다는 인간과 기계간의 협업체계를 활용한 반자동화 개념의 건설 로봇 개발이 이루어져야 하며, 철골 공사 계획에 영향을 미치는 여러 변수들을 도출하고, 이를 바탕으로 철골 공사 계획 상에서 필요한 의사결정 영향요인의 분석이 이루어져야 한다.

3. 철골 공사 자동화의 의사결정 영향요인

3.1 영향요인 개념과 분류

3.1.1 영향요인의 개념

철골 공사의 자동화 계획을 수립하기 위해 전문가들은 자신의 경험과 지식을 바탕으로 여러 고려해야 할 사항들을 검토한다. 이러한 고려사항들은 체크리스트(Checklist) 형식이 될 수도 있으며, 지침서 형태일 수도 있지만, 대부분은 제약조건과 의사결정내용으로 정리할 수 있다. 예를 들어 로봇틱 타워크레인 선정을 위한 제약조건에는 층당공기와 양중횟수, 사용비용, 인접건물 등이 있고, 야적장의 위치를 결정하기 위해서는 장비 이동과 자재 적재등에 대한 조건들을 만족시켜야 한다. 이와 같이 층당공기와 양중횟수, 인접건물, 장비 이동과 자재 적재 등의 제약조건들은 로봇틱 타워크레인의 규모와 야적장의 위치 선정이라는 의사결정내용에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 영향요인을 “건설자동화를 위한 철골 공사 계획의 의사결정 영향요인”이라고 정의 한다.

3.1.2 영향요인의 분류

1) 문헌 및 공사 사례에 의한 분류

철골 공사의 자동화 영향요인들은 건축공사의 전반적인 양중계획에 관한 고려사항 등에서 파악할 수 있다. 다음 표 1과 같이 논문이나 서적과 같은 문헌에서는 전반적인 양중계획 관련 내용을 주로 다루고 있으며, 현장의 양중계획 관련 자료에서는 실질적으로 현장에 적용할 수 있는 상세하고 세부적인 내용을 다루고 있다. 특히, 양중계획의 중요성을 고려하여 타워크레인 과 같은 양중 장비의 선정과 설치, 해체 등의 과정에서 고려해야 할 사항들을 상세히 제시하고 있다.

표 1. 기존 문헌에 의한 양중계획 영향요인의 파악

결정사항	고려사항 및 영향요인	
양중기의 검토 ²⁾	<ul style="list-style-type: none"> · 선정요인 - 건물의 규모, 구조 - 대지 주변의 상황 - 안전성 - 경제성 - 공기 - 이용기간 	<ul style="list-style-type: none"> · 다른 공사와 겸용 병용
양중장비의 설치계획 결정 ³⁾	<ul style="list-style-type: none"> · 절대적 요인 - 타워크레인의 능력 - 양중대상의 중량 및 위치 - 인접건물 간섭 - 공간확보 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 상대적 요인 - 지형 및 지반 - 작업자의 동선 - 건물의 규모 - 공정상의 문제 - 경제성

2) 남시대, 양중작업의 효율화 방안에 관한 연구, 고려대학교, 2005

자동화된 철골 공사 계획을 수립하는 과정에서 고려해야 할 사항들은 기존에 수행되었던 양중계획 자료에서 일부 찾아볼 수 있으나, 대부분 양중장비, 특히 타워크레인 선정에 대한 자료이며, 건설자동화를 위한 로봇 장비에 대한 고려는 이러한 자료에서는 제공되지 못하고 있다. 예를 들어, 현장의 양중계획 수립을 위한 고려사항과 영향요인으로는 건물규모 및 구조, 사용시간, 경제성, 안전성, 원가, 양중대상 등으로 파악할 수 있다. 건설자동화를 위한 철골 공사 계획에 관한 내용은 양중계획의 고려사항에 비해 상대적으로 전무한 실정이다.

2) 전문가 면담에 의한 분류

건설자동화 전문가의 면담을 통해 기존 문헌 자료에 의해 파악된 영향요인의 분류를 확인하고, 자동화된 철골 공사 계획의 영향요인을 파악하였다.

표 2. 면담에 의한 추가 영향요인

결정사항	영향요소
공정계획	- 구획(Zoning) - 선 후행 공정간 간섭 - 로봇의 오작동 - 로봇의 유지관리
현장 외부 환경	- 인접건물 - 인접주민(민원) - 인접도로 - 교통환경(도로사정) - 대지경계
로봇 기종 선정	- 자재 종류 - 경제성 - 평면/입면 형태 - 구조제 안전성 - 최고높이 - 부품 조달 용이성 - 장비성능 - 장비 취급난이도
로봇 위치 결정	- 자재 종류 - 로봇의 이동범위 - 평면/입면 형태 - 로봇의 소요공간 - 최고높이 - 구조제 안전성
인력	- 기능공의 숙련도 - 관리자의 숙련도

기존 문헌 자료에서 파악된 요인들은 대부분 면담 과정에서 확인이 되었지만, 표 2와 같이 추가적으로 파악된 영향요인들도 있다.

3) 영향요인 분류 결과

문헌이나 기존 실적자료를 바탕으로 건설자동화 연구 경험을 가지고 있는 다수의 전문가와의 면담을 통해 영향요인을 파악한 결과를 토대로 표 3과 같이 대분류, 중분류, 소분류로 세분화 하였다.

표 3. 영향요인의 분류

대분류	중분류	소분류	대분류	중분류	소분류									
건물	형상	평면형태	양중대상	종류	최대하중									
		입면형태			양중회수(물량)									
		최고높이			양중위치									
공법	골조공사	골조형식 (S, SRC, RC)			자재	양중대상	포장형태							
							공정계획	구획(Zoning)	범위(수평거리)					
선후행공정간 간섭	자재유형													
공사진척도	보관방식													
계획변경	적재량/반입량													
계약공기	크기													
총당공기	손상여부													
공사비	장비사용비용	이전비용					사용	사용	반입					
									외부건물임대료	적재				
			부가비용 (보강 등)	운반										
현장	내부	건물배치	로봇	사용					설치					
									지반상태	운반				
					레벨차이	보관								
					면적	현장 반출								
	외부	인접 건물			인접 도로	기후	기후	오작동						
								대지 경계	인접주민(민원)	안전	유지관리			
											교통환경 (도로사정)	인력	기능공 관리자	기능별 로봇의 종류
														여유공간
		외부			인접 건물	인접 도로	환경				안전	소요공간		
								대지 경계	인접주민(민원)	인력		기능공 관리자	이동(운반)	
													온도	
								인접주민(민원)	바람(최대풍속)					
교통환경 (도로사정)	강우량													
인력	구조제 안전성													
기능공 관리자	장비 취급난이도													
숙련도	양중작업 안전성													
숙련도	숙련도													

이 분류에서 직접적으로 자동화된 철골 공사 계획 전반의 결정사항에 영향을 주는 요인을 대분류로 구분하였으며, 소분류는 대분류의 원인이 되는 요소로 세분화 하였다. 그리고 중분류는 소분류 항목 중 유사항목을 묶어 구분하였다.

3.2 영향요인 분석

분류된 영향요인을 바탕으로 건설자동화를 위한 철골 공사 계획의 의사결정 영향요인 다음 그림 1과 같다.

자동화를 위한 철골 공사 계획은 자재, 환경, 로봇 기종 선정, 현장 내부 환경, 공정 계획, 건물 형상, 폐자재, 인력, 로봇 위치 결정, 현장 외부 환경, 공사비, 골조 공사 공법의 12

3) Andersson, Site Management Handbook, International Labour Office, 1996

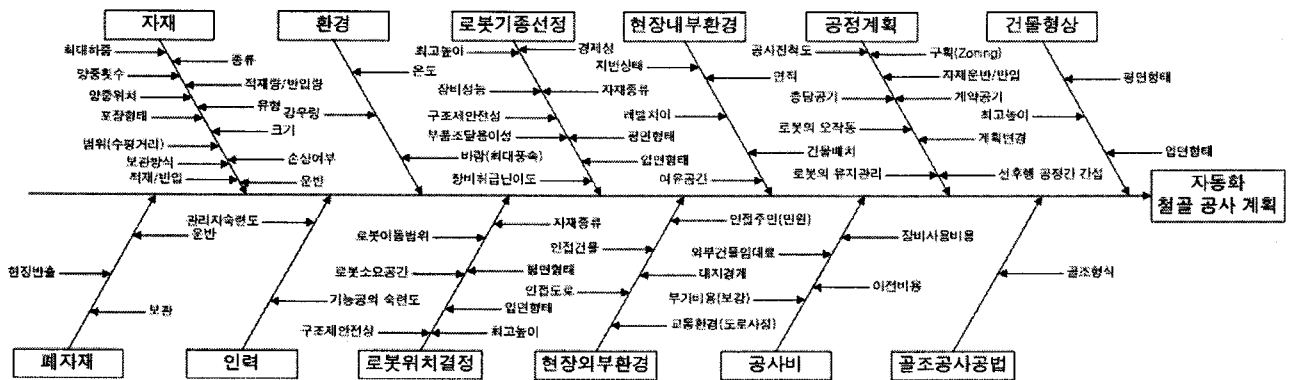


그림 1. 영향요인 인과지도

개의 사항에 의해 결정되며, 각각의 결정 사항은 그림 1에서 보는 바와 같이 여러 요인에 근거하여 설정한다. 결정 사항에 영향을 끼치는 요인들은 앞에서 분류된 영향요인이 직접적으로 결정 사항에 영향을 주며, 단 하나의 결정 사항에 영향을 끼치는 것이 아니라 여러 가지의 결정 사항에 대해서 영향을 끼치는 것을 확인 할 수 있다.

이러한 의사결정 영향요인들에 근거한 자동화된 철골 공사 계획은 실제 현장 적용을 가능하게 하고, 보다 체계적이고 효율적인 건설자동화를 실현 가능하게 한다.

4. 결 론

최근 건설 기술력의 향상으로 건설자동화를 통하여 작업현장의 안전성을 제고하고 품질 및 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대하고 있다. 이와 함께 2000년대부터 건설자동화 관련 연구과제가 활발히 시행되고 있는 실정이다. 하지만 기존 연구과제는 정형적인 건설 환경을 가정하여 연구가 진행되었으며, 이러한 가정은 건설자동화를 현실적으로 현장에 적용하기에 많은 어려움이 있을거라고 판단하고 있다. 건설자동화를 실제 건설 현장에 적용하기 위해서는 현장에서 발생할 수 있는 다양한 변수들을 도출하고 이러한 변수들을 정립화하여 어느 상황에서도 현장 적용이 가능한 건설자동화가 실현되어야 할 것이다.

본 연구는 건설공사 중 철골 공사 계획에 한해서 건설자동화의 의사결정을 위한 다양한 영향요인을 도출하여 실제 현장 적용이 가능하게 할 수 있는 토대를 마련하였고, 향후 이를 활용한 보다 체계적인 건설자동화 시스템 개발을 이루어 나갈 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

1. 고려대학교, 로봇틱 크레인 기반 고층건물 구조체 시공 자동화 시스템 개발, 한국건설교통기술평가원, 2008
2. 김영석, 건설자동화 로봇 기술 개발 어디까지 왔다, 건설저널, 2006
3. 김정진, 초고층 건축공사의 양중계획 시스템에 관한 연구, 한국건축시공학회, 2005
4. 남시대, 양중작업의 효율화 방안에 관한 연구, 고려대학교, 2005
5. 이준복, 건설자동화 기술적 로드맵 작성을 위한 연구, 대한건축학회, 2003
6. 이준복, 건설자동화 및 로봇화 기술의 현재와 미래, 대한건축학회, 2007
7. 장명훈, 영향요소분석에 의한 고층건축공사의 가설계획시스템 개발, 서울대학교, 2002
8. Andersson, Site Management Handbook, International Labour Office, 1996