

기후요소를 활용한 철골공사기간 예측 시스템에 관한 연구

- 실시간 진도관리 시스템 적용을 중심으로 -

박 정 로* 유 승 규** 김 경 환*** 김 재 준****
 Park, Jung-Lo Yoo, Seung Kyu Kim, Kyung-Hwan Kim, Jae-Jun

Abstract

Weather factors affect cost increases and progress management under construction. Because progress schedule is delayed by weather factors, the construction costs are increased. It is an essential element to control the progress schedule applying weather factors to the progress management.

This study applies monthly working-day percentages which is estimated by databases of past weather information to RTPM system. Through do progress management in construction projects exactly, will try to minimize risk of process control that do that is to weather factors. Also, will compare calamity in safety supervision side that do that is to weather factors beforehand.

Based on the factors and the expected impact of factors together with the weather data during the last 50 years in Seoul region gathered from Korea. Through it, calculated number of month working day of RCA's structural steel work. Studied way that apply to RTPM system.

키 워 드 : 실시간 진도관리, 기후요소, RCA 철골공사, 작업불가능률

Keywords : RTPM(Real-Time Progress Management), Weather Factors, RCA's Structural Steel Work, Non-Working Day Per.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업은 공정의 진행에 있어 대부분이 외부작업이 많아 날씨와 연관성이 크므로 그에 대한 고려가 필수적인 산업이다. 대부분의 건설현장에서는 날씨에 의한 공정 진행상의 문제가 발생되었을 경우 정확한 자료없이 즉각적으로 대응하는 실정이다.

날씨 정보를 건설현장에서 활용하고자 하는 노력은 이미 이루어지고 있다. 일부 기관들은 온라인으로 실시간 기상정보망을 운영하여 현장의 공사계획에 반영하고 있다. 이와 같이 날씨를 고려한 공사계획 조정은 공기지연과 원가상승을 방지하고 안전사고를 예방할 수 있다. 즉, 날씨정보를 적극적으로 활용하여 건설공사의 피해를 최소화하고 이익을 최대화할 수 있는 날씨 경영의 도입이 필요한 시점이라고 할 수 있다. 날씨 정보는 민간 업체들에게 제공하고 있고 기상청 홈페이지에서도 과거 지역별 날씨 및 3시간 예보를

실시간으로 제공하고 있다. 건설공사 공정관리 과정에서 날씨 정보를 활용할 수 있다면 날씨에 의한 리스크를 감소시킬 수 있을 것이다. 이에 보다 향상된 건설공사관리를 위해서는 날씨정보를 이용하는 방법이 필요하다.

본 연구에서는 공정관리 과정에서 기상청에서 제공하는 과거 날씨정보를 반영하여 공사기간을 예측하는 방안을 제안하여 기후요소를 고려한 공사 전체의 기간을 예측하게 하려한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 궁극적으로 RCA project의 현장 진도관리 측면의 RTPM 시스템에 기후요소를 적용하여 보다 현실적인 공정계획을 현장 공정관리 담당자에게 제공하려는 것에 있다. 이에 연구를 RCA (로보틱 크레인 기반 고층건물 구조체 시공 자동화 시스템 개발, Robot based Construction Automation ; RCA) project 철골공사로 제한하며 연구방법은 다음과 같다.

- 1) 기존 문헌과 자료 등의 고찰을 통해 철골공사에 영향을 미치는 기후요소를 도출한다.
- 2) 철골공사 관련 논문 및 시방서 등을 참조하여 철골공사의 작업불가능 원인과 RTPM 시스템의 적용인 것을 감안하여 기준을 설정한다.
- 3) 서울지역 기후요소의 최근 50년간 데이터의 평균치를 산출하

* 한양대학교 건축환경공학과 석사과정, 교신저자
(intercessory@naver.com)

** 한양대학교 건축환경공학과 석사과정, 교신저자
(kukakaku@nate.com)

*** 건국대학교 건축공학과 조교수, 공학박사, 교신저자
(khkim6393@hotmail.com)

**** 한양대학교 건축환경공학과 정교수, 공학박사, 교신저자
(jjkim@hanyang.ac.kr)

- 여 (2)에서 마련된 기준을 토대로 월별 작업률을 분석한다.
- 4) 분석된 월별 작업률의 RTPM 시스템 적용 방안에 대해 분석 및 평가하여 기후요소가 적용된 시스템을 제시한다.

2. 예비적 고찰

2.1 기존 연구 고찰

기후요소를 건설공사에 활용하는 연구 중 대부분은 과거의 날씨 정보를 이용하여 작업 불가능일을 산정하고 이를 통해 공사기간 등을 예측하고자 하였다. 또한 부분적으로 실시간 날씨정보에 대한 적용 방안에 대해서도 연구가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 기존 연구와 같이 작업 불가능일수를 산정하는 것뿐만 아니라 그 결과 값을 통해 작업불가능률을 산정하여 진도 관리 시스템인 RTPM 시스템에 적용하는 것이다.

표 1. 날씨 활용 주요 연구

분류	연구자	연구내용
작업 불가능일 산정	신종현 (2005)	과거 기후자료를 통계분석하여 강우량, 저온을 기준으로 작업불가능일 산정
	김창덕 (2006)	철골공사 작업을 구분하고 날씨요소를 고려하여 작업불가능일 산정
	이근호 (2006)	다년간의 자료를 여러 구간으로 산정기간을 나누어 분석하고 작업불가능일 산정
시뮬레이션	Thomas (1999)	작업생산성 저하요인으로 날씨를 산정하고 영향정도 분석
	El-Rayes (2001)	지식기반 소프트웨어 개발로 강우에 대한 고속도로 생산성 분석

2.2 철골공사에 영향을 미치는 기후요소

본 연구에서는 신종현(2005)에서 작업불가능 기간에 영향을 미치는 요소인 강우량, 기온, 강설량, 바람 등의 기후요소가 미치는 영향에 관해 조사하였다.

1) 기온

작업을 불가능하게 하는 온도요인은 저온과 고온으로 구분할 수 있다. 저온은 기간이 비교적 길고, 위치 및 시기에 따라 차이가 커서 일반적으로 건설공사에 영향을 미치는 영향이 가장 크다고 할 수 있다.

2) 강우

강우량은 옥내공사를 제외한 대부분의 공사에 영향을 준다. 강우로 인한 작업불가능 여부는 공중별로 다르고, 시기 및 강우량에 따라 다르나 보통 시간당 10mm 이상인 경우에는 대부분의 공정이 불가능하다고 볼 수 있다.

3) 강설

강설은 시간이 지나면 물로 변하기 때문에 작업에 강우와 비슷한 영향을 미친다. 또 눈이 내리는 날은 기온이 0°C이하로 내려가

저온이 미치는 영향과 중복되기 때문에 눈 오는 날의 기온 요소는 고려하지 않아도 되나, 저온기준에 초과하여 작업하는 긴급공사 등의 옥외공사에서는 정상적인 작업이 불가능하기 때문에 개별적으로 고려하여야 한다.

4) 바람

바람은 건축물의 높이가 증가할수록 많은 영향을 미친다. 바람은 철골작업 등에서 중량물의 운반, 조립, 양중, 용접 등에 영향을 미치며, 풍속이 일정정도 이상일 경우 작업의 안전성을 저해할 수 있으므로 정상적인 작업이 불가능하다.

2.3 RTPM 시스템 개요

RTPM 시스템은 그림 1.과 같이 현장의 CF, 볼팅로봇 정보는 통합 server로 전송되고 리프팅크레인, RFID 정보는 공정관리 server로 전송된다. 통합 server로 전송된 DB는 최종적으로 공정관리 server에 전송되어 공정관리 server에는 CF, 볼팅로봇, L/C, RFID DB가 전송되게 된다. 이렇게 전송되는 개체별 DB는 RTPM 시스템으로 실시간 현장에서 이루어지는 정보가 전송되게 되어 RTPM 시스템은 실시간으로 현장에서 이루어지고 있는 공정을 제공하게 된다. 이 시스템은 건축물의 시공 진행 정보를 공사 관리자에게 실시간으로 제공함으로써 보다 효과적인 건설관리를 가능하게 한다.

현재까지는 RTPM 시스템은 절대 공정의 개념으로 최초 시스템의 각 객체별 작업 시간만으로 전체 공정이 추출되는 단계까지 개발된 상태이다.

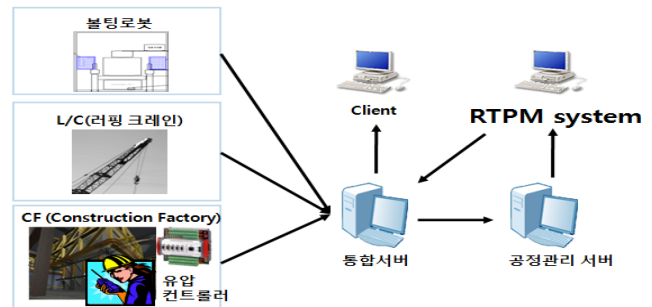


그림 1. RTPM 운영 시스템

3. RCA 철골공사 작업불가능 산정 기준

3.1 RCA 철골공사 작업불가능 요인 분석

RCA 프로젝트의 경우 기존의 철골공사와는 다른 장비와 작업 프로세스를 갖고 있어 기존 철골 공사와는 다른 작업요소를 파악할 필요가 있다. 이에 기존의 철골공사 불가능요인¹⁾을 통해 RCA

1) 김창덕 외 6명, 기후요소에 의한 철골공사 작업불가능일 산정에 관한 연구, 한국건설관리학회, 제7권 제4호, 2006.8

에 적용된 철골공사의 작업불가능 세부요인과 기후요소의 상관관계를 정리하였는데 분석하면 표 3.과 같다. 용접 관련 경우 RCA 철골공사의 경우 볼팅로봇에 의해 볼팅작업이 진행되므로 요인에서 제외하였다.

표 2. 기후요소와 기존 철골공사 불가능요인 영향 분석

작업불가능 요인	기후요소				관련공정
	기온	바람	강설	강우	
타워크레인 양중불가	-	0	0	0	세우기
볼팅불가	0	-	0	0	가조립 본조립
용접불가	0	0	0	0	가조립 본조립
작업자 작업불가	0	0	0	0	전공정

표 3. 기후요소와 RCA 철골공사 불가능요인 영향 분석

작업불가능 요인	기후요소				관련공정
	기온	바람	강설	강우	
지능형 러핑크레인 양중불가	-	0	0	0	세우기
볼팅로봇 불가	0	-	0	0	가조립 본조립
보조작업자 작업불가	0	0	0	0	전공정

3.2 RCA 철골공사 작업불가능 기준

불가능요인 영향 분석을 통하여 고려한 각 객체별 작업에 영향을 미치는 기후요소를 고려하여 작업불가능 기준이 되는 범위를 표 4.와 같이 설정하였다.

표 4. RCA 철골공사 객체별 작업불가능 기준

구분	지능형 러핑크레인	볼팅로봇	보조작업자
바람	최대풍속 10m/s	-	10m/s 이상
강우	일일 누적 2mm 초과시	시간당 1mm 이상	5mm 이상
강설	일일 누적 2mm 초과시	시간당 1cm 이상	5mm 이상
기온	-	평균기온 -6℃ 이하 & 상대습도 80%이상	일 최저기온 -10℃이하 일 최고기온 35℃이상

표 5. RCA 철골공사 월별 작업불가능률 산정

구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계	비고
지능형 러핑 크레인	바람	0.4	0.8	0.47	1.07	0.47	0.2	0.33	0.4	0.07	0.2	0.2	0.93	5.54	50%
	강설	4	3	3	4	5	6	9	8	5	4	4	3	58	70%
	계	3	2.5	2,335	3,335	3,735	4.3	6,465	5.8	3,535	2.9	2.9	2,565	43,37	
볼팅 로봇	기온	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
	강설	4	3	3	4	5	6	9	8	5	4	4	3	58	70%
	계	3.8	2.1	2.1	2.8	3.5	4.2	6.3	5.6	3.5	2.8	2.8	3.1	42.6	
보조 작업자	기온 (낮음)	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	50%
	기온 (높음)	0	0	0	0	0	3	6	5	0	0	0	0	14	50%
	바람	0.4	0.8	0.47	1.07	0.47	0.2	0.33	0.4	0.07	0.2	0.2	0.93	5.54	50%
	강설	4	3	3	4	5	6	9	8	5	4	4	3	58	70%
	계	6	3	2,335	3,335	3,735	5.8	9,465	8.3	3,535	2.9	2.9	3,065	54,37	
합계	6	3	2	3	4	6	10	8	4	3	3	3	55		



구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	비고
월별작업률(%)	81%	89%	94%	90%	87%	80%	68%	74%	87%	90%	90%	90%	

4. 작업불가능률 산정 및 적용방안

4.1 서울지역 50년간 기상자료 분석

본 연구에서는 기후의 오차범위를 줄이기 위해 서울지역의 2008년 이전까지의 50년 동안의 기후 데이터를 기준으로 작업불가능률을 산정하였다. 또한 그림 2,와 같은 프로세스를 통해 기후요소 데이터를 작업불가능 기준과 비교하여 월별 작업불가능률을 최종적으로 추출하였다.

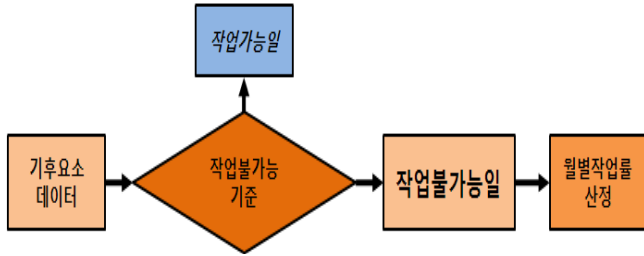


그림 2. 작업불가능률 산정 프로세스

4.2 RCA 철골공사 작업불가능률 산정

각 객체별 작업불가능일수를 산정하여 월별 작업불가능률을 표 5,와 같이 작성하였다. 각 객체별 년 간 총 작업불가능일은 지능형 리프크레인이 44일, 볼팅로봇이 44일, 보조작업자는 55일이었다.

작업불가능률은 산정하는 궁극적인 목적은 RCA 철골공사과정에서의 월별 작업불가능일을 산정하여 작업률은 산정하는 것이기에 (해당되는 달의 날수 - 월별 작업불가능수) * 100%을 적용하여 월별 작업률을 산정하였다. 3, 4월의 작업률이 높은 반면 우기인 7, 8월의 작업률은 현저하게 낮았다.

5. 작업불가능률 RTPM 시스템 적용 방안

산정된 월별 작업률을 통해 그림 3,와 같은 프로세스를 통해 시스템에 적용하려 한다. 작업불가능률이 적용될 부분은 그림 4,의 “공정 생성 정보 관리” 인터페이스이다. “공정 생성 정보 관리” 인터페이스 화면에 “작업 시작 일자 설정” 부분 하단에 배치하는 것이 적합한 것으로 판단되어 지고, 추가적으로 월별 작업 시간 입력부분을 생성하여 동절기와 하절기에 대한 작업시간 입력 부분까지도 계획중이다. 또한 기후요소는 지속적으로 변화기에 입력창에 대한 부분은 절대값이 아닌 관리자에 의한 입력이 가능하도록 할 것이다.

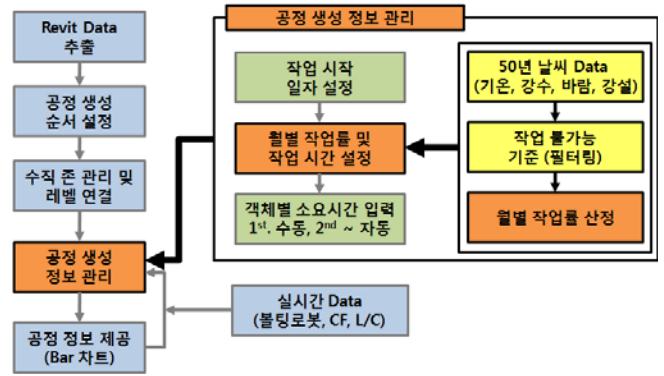


그림 3. RTPM 시스템 기후요소 적용 프로세스



그림 4. 현재까지 개발된 RTPM 시스템 인터페이스

RTPM 시스템 인터페이스에 구현될 월별 작업률 관련 계획부분은 표 6,과 같다. 이렇게 입력된 작업률을 통해 최초 각 객체별 공정 소요시간으로만 추출되었던 공정 정보가 기후라는 요소를 포함하여 전체 공기를 산정하게 된다.

표 6. RTPM 시스템 월별 작업률 적용 부분

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
월별 작업률 (%)	81	89	94	90	87	80	68	74	87	90	90	90

6. 결 론

본 연구는 다양하게 변화하고 있는 건설 분야의 공정 관리 시스템의 한 부분인 RCA 철골공사에서 실시간 진도관리 시스템에 과거 기후요소를 반영한 시스템을 제안하였다. 건축공사와 기후요소는 밀접한 관계에 있고 그에 따라 공정관리와 기후요소도 밀접한 관계를 가진다.

본 연구를 통하여 공사시작 전 건축공사에 큰 영향을 미치는 기후요소를 고려한 공정계획에 대해 RTPM 시스템을 확장하였다.

추가적으로 더 나아가 기상청과 시스템의 연동을 통한 자동적인 월별 작업을 산정 시스템과 여러 변수가 많은 기후의 요소를 실시간으로 고려한 진도관리 시스템이 계속적으로 개발되어져야 할 것이다. 이를 통해 건축공사에서의 기후요소로 인한 안전사고를 예방하고 공사계획의 실시간 변경을 통해 불필요한 공기를 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 강운산, 기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응방안, 한국건설산업연구원, 2004.3
2. 기상청, 날씨활용사례집, 2007.12
3. 기상청 홈페이지, <http://www.kma.go.kr/>
4. 김창덕 외 6명, 기후요소에 의한 철골공사 작업불가능일 산정에 관한 연구, 한국건설관리학회, 제7권 제4호, pp.137~145, 2006.8
5. 신중현 외 2명, 기후요소를 고려한 인천지역의 작업불가능일수 산정, 한국건설관리학회, 제6권 제1호, pp.58~65, 2005.2
6. 이근효 외 2명, 건설공사의 기후요소에 의한 작업불가능일 산정기준에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제 5회, 2004.11
7. 장명훈 외 1명, 건설공사 일정관리를 위한 날씨정보 활용방안, 대한건축학회, 제24권 제9호, pp.123~130, 2008.9
8. 채희만 외 5명, 지구온난화가 국내 건설 공기에 미치는 영향에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.567~570