

# 지역별 기후에 따른 고소작업가능률 산정 - 서울, 인천, 부산 지역을 중심으로 -

A Study of the Work Efficiency in the High Altitude according to Climatic Elements

이 현 수\*      조 성 준\*\*      박 문 서\*\*\*      황 성 주\*\*\*\*      김 현 수\*\*\*\*\*  
Lee, Hyun-Soo      Cho, Sung-Jun      Park, Moon-Seo      Hwang, Sung-Joo      Kim, Hyun-Soo

## Abstract

○ Having a highly reliable plan for the process and estimating an accurate construction period during the early stages of a construction project can prevent falsifying the plan and reduce the occurrence of construction delays. Moreover, it allows a succession of swift and accurate decisions to happen.

The difficulty in obtaining an accurate estimate of the construction period is especially prominent in high-rise building projects because the works involved are very complicated and costly. As such, it is important that research is done to find out the impacts a reliable plan and good estimate of the construction period can bring with regards to the monthly work efficiency and success of a high-rise building project.

However, due to the difference in climatic conditions at high altitude and surface level, the current way of calculating work efficiency in a typical project is inaccurate for a high-rise building project. With that, this paper aims to compute the work efficiency with height, taking into consideration the change in climatic elements at different working heights. A comparison of the results according to the climatic features of each city can also be done in this paper.

According to the results calculated in work altitudes, the work efficiency in Busan falls the most. On the other hands, the work efficiency in Seoul falls the least. The reason these results are shown is the influence of wind speed at high altitude. The estimation of work efficiency at high altitude would be used for estimating construction period, feasibility studies, and selecting a city of high-rise building projects.

**Keywords :** High-rise Building, Operation Efficiency, Climatic Elements

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설 시장에서 일어나고 있는 움직임 중 가장 큰 특징은

초고층 프로젝트의 급격한 증가라고 할 수 있다. 현재까지 완공된 높이 300m 이상의 초고층 건물은 전 세계적으로 총 55개에 달하며 100개 이상의 초고층 프로젝트가 계획 혹은 공사 중에 있다 (CTBUH 2011). 국내에서도 서울뿐 아니라 인천, 부산 등

\* 종신회원, 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사, hyunslee@snu.ac.kr  
\*\* 일반회원, 서울대학교 대학원 건축학과 석사과정, sang18@snu.ac.kr  
\*\*\* 종신회원, 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사, mspark@snu.ac.kr  
\*\*\*\* 일반회원, 서울대학교 대학원 건축학과 박사과정, nkkt14@snu.ac.kr  
\*\*\*\*\* 일반회원, 서울대학교 대학원 건축학과 박사과정, verserk13@naver.com

지에서 100층 이상의 초고층 건축물 11개가 추진 중이다. 이러한 현상은 단순히 인구밀도에 따른 고층화의 필요성을 넘어 극 고층화의 경향을 보인다. 이는 초고층 건축물이 도시의 경제력과 기술력의 상징으로써의 의미를 지닌 것으로 인식되고 있기 때문이다.

초고층 건축물은 높은 고도와 복합성 때문에 일반 건축물에 비해 더 많은 자재와 인력이 필요하다. 또한 일반 건축물에서 고려하지 않는 다양한 하중을 고려하여 단가가 높은 재료의 사용, 새로운 공법 및 시스템의 적용, 고가의 장비 배치 등으로 공사비가 더 많이 소요되고 특별한 공정관리가 필요하다(김기국 외 2007). 그리고 고층부의 빠른 풍속, 안전·법적·경제적 문제로 인해 일반 건축물 공사에 비하여 비용적·시간적 효율이 낮고 일반 프로젝트에 비하여 실적자료가 부족하여 불확실성이 높아 예상치 못한 지연이 발생하기 쉽다. 특히 초고층 공사에서는 고층부와 지상부의 상이한 기후 차이가 공기지연의 주요 원인으로 여겨진다.

하지만 초고층 건축물의 경우 다른 프로젝트에 비해 사업수행 기간이 분양 및 수익성에 큰 영향을 미치며 지연이 발생하는 경우 지체보상금 등의 막대한 손실이 발생한다. 이 때문에 기후에 의한 작업가능률 예측하고 정확한 공사기간을 예측함으로써 손실을 예방하는 것이 매우 중요하다.

따라서 본 연구는 초고층 건물 시공시 발생하는 기후 환경변화를 고려하여 이에 따른 작업가능률을 예측하고 초기단계에서 공정 계획에 반영 한다. 이는 정확도 높은 공정계획을 수립하는데 도움이 되며 정확한 공사기간을 산정하여 차후에 일어날 수 있는 계획 변경이나 공사 지연을 줄일 수 있으며 연속적으로 발생하는 의사결정을 신속하고 정확하게 내릴 수 있도록 도와준다. 또한 공중별로 각 월별 작업가능률을 예상함으로써 공사기간을 최소한으로 할 수 있는 공정계획 수립의 불확실성을 최소화 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 목적은 초고층 프로젝트에서 높이에 따른 기후요소 변동을 분석, 고소 작업에 대한 영향을 파악하는 것이다. 이에 따라 월별 작업가능률을 예상하고 이를 프로젝트 초기단계에서 공정계획에 반영한다. 이를 위하여 다음의 연구 범위 및 방법으로 진행하였으며, 기존에 있는 공중별 작업 중지 기준리스트를 이용하였다.

연구의 범위는 건축법상 초고층 빌딩(건축물)의 기준인 지상 50층 또는 높이 200m 이상인 건축물로 한정하였다(건축법 시

행령 제2조). 이는 200m 이하 높이에서 일어나는 기후변화는 충분히 크지 않고 이는 작업가능률에 미치는 영향이 매우 적어 기상청에서 측정된 값을 보정할 필요가 없기 때문이다(한영구 2008). 또한 각 공중별로 영향을 받는 기후요소 및 그 정도가 상이하기 때문에 모든 공중을 대상으로 연구를 진행한다. 연구 대상지역은 국내에서 초고층 건축물 건설이 가장 많이 진행되고 있거나 예정되어 있는 서울시, 인천시, 부산시로 한정하였다. 서울과 인천은 북위 37°, 부산은 북위 35°에 위치하고 있으며 서울은 내륙지방, 인천과 부산은 해안지방으로 세 도시를 비교함으로써 위도에 따른 차이와 내륙지방과 해안지방의 차이를 모두 알 수 있다.

본 연구의 진행 방법은 다음과 같다.

- 1) 기후와 작업가능성에 관한 연구동향을 분석한다.
- 2) 각 기후요소가 공사에 미치는 영향 및 위험요소를 파악한다.
- 3) 각 기후요소의 월별 특징 및 지역별 특징을 파악한다.
- 4) 고층 공사에서 발생하는 높이에 따른 환경변화에 대하여 분석하고 이에 따른 새로운 작업가능 기준을 세운다.
- 5) 고소작업에 따른 지역별·공중별 작업가능률을 산정한다.
- 6) 각 지역 기후 특징과 고층 작업 가능률의 관계를 분석한다.

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 작업가능률 관련 연구동향

작업가능률 산정을 위한 연구는 대부분 기후요소에 의한 작업불능일을 정확히 예측하여 정확하지 않은 공정계획으로 인하여 차후에 생길 수 있는 피해를 예방하기 위하여 이루어졌다. 이를 위해 10년간의 기후요소 중 낮 길이, 기온, 강수량, 풍속과 현장 작업일정 계획의 상관관계를 분석하여 기후조건을 고려한 공정표를 작성한 연구(구해식 외 1999), 30년 이상의 기상자료를 바탕으로 통계년수에 따라 비교분석하여 예측오차를 최소화하는 신뢰성 높은 기간을 제시한 연구(이근호 외 2006, 박인범 2009), 몬테카를로 시뮬레이션을 통한 확률적인 공기산정 알고리즘을 제안한 연구(신재원 외 2007) 등이 있었다.

위 연구를 비롯한 작업가능률 산정에 관한 연구는 작업불능일 수 산정의 정확성을 높이고 시뮬레이션을 이용하여 신뢰도 높은 공정계획 수립 및 공사기간 산정에 기여하였다. 하지만 기존 연구들은 200m 이상의 초고층 공사에 적용하기 힘들다는 한계를 보이기도 한다. 이는 초고층 공사에 대한 연구가 대부분 최근에 시작되었고, 표본이 충분하지 않아 초고층 공사를 대상으로 한 연구가 거의 진행되지 않았기 때문이다. 그 중 초고층 골조공사

를 다룬 한영구(2008)의 연구는 고층에서의 기온변화를 고려하지 않았다는 것과 한 지역만을 대상으로 하여 지역별 차이를 알 수 없다는 한계를 가지고 있었다.

따라서 본 연구는 기존 연구의 한계를 극복하고 연구결과를 초고층 공사에 적용함으로써 기후 변동에 따른 고층부 작업가능을 선정 방법을 제안한다. 이는 높은 고도에서 일어나는 기후환경변화를 예상하고 여러 지역의 결과를 비교함으로써 국내에서 계획 중 이거나 향후에 진행될 초고층 공사의 의사결정에 도움이 될 것으로 예상된다.

## 2.2 공사와 기후요소의 관계분석

기후요소란 기후 인자의 영향을 받아 나타나는 기후를 구성하고 있는 여러 가지 요소로 기온, 강수량, 바람, 습도, 증발량, 운사, 일사, 일조 등이 있다. 위도, 해발, 지형, 해류 등으로 지역별로 일정한 값이 주어지는 기후인자와는 다르게 기후 요소는 매일 값이 다르게 나타나며 각각의 요소들이 공사에 영향을 준다. 신종현 (2005)과 박인범 (2009)은 기관별 작업불가능 기준을 정리하여 시공에 영향을 주는 요소로 강수량, 기온, 바람만을 대상으로 연구를 진행하였다. 하지만 세 가지 요소 외에 습도 또한 콘크리트 양생과 용접에 영향을 주기 때문에 본 연구에서는 기온, 강수량, 바람, 습도 네 가지 기후요소를 대상으로 연구를 진행하였다. 이 네가지 요소를 제외한 기압, 증발량, 운사, 일사 등은 공사가능률에 영향을 거의 미치지 않기 때문에 본 연구에서는 고려하지 않았다. 특히 네가지 요소 중 기온과 바람은 고도에 따라 변하기 때문에 고소작업의 작업가능률을 산정하는 본 연구에서 가장 중요한 요소이다.

### 2.2.1 강우 및 강설

강우 및 강설은 실내에서 이루어지는 실내 마감공종을 제외한 대부분의 공사에 영향을 미친다. 특히 공사 기간에 직접적으로 영향을 미치는 토공사, 기초공사 및 골조공사 진행을 방해하기 때문에 기후요소 중에 가장 치명적이다. 일반적으로 일평균 10mm이상 비나 눈이 내리는 날은 공사가 진행되기 어렵다고 여겨진다 (신종현 외 2005). 강우량이 많은 날에는 비가 그친 후에도 물이 고여 있고 빨리 건조되지 않으므로 즉시 공사 진행을 할 수 없다.

### 2.2.2 기온

기온은 너무 높거나 혹은 너무 낮은 경우 공사 진행에 영향을 끼치게 된다. 기온이 너무 낮은 경우에는 작업자가 동상에 걸릴 위험이 생기며 땅이 얼어 토공사, 기초공사 등에 영향을 끼치게 된다. 고온의 경우에도 마찬가지로 작업자의 건강에 위험이 되

며 작업자의 작업의욕 상실에 의한 생산성에도 영향을 끼친다 (장명훈, 윤유상 2008). 또한 고온과 저온 모두 콘크리트 품질에 영향을 주게 되어 골조공사 진행에 영향을 주며 오랜 기간 지속되는 기온의 계절적 특징 때문에 강우만큼 치명적이지는 않지만, 공사 진행에 가장 오랜 기간 영향을 주는 기후요소이다.

### 2.2.3 습도

습도는 주로 용접과 코킹에 영향을 미친다. 습도가 높은 경우 용접과 코킹이 불량해질 가능성이 높아 80%내에서 작업을 하는 것이 바람직하다. 또한 기온이 아주 높거나 낮은 경우 습도가 높을수록 작업자의 생산성이 낮아진다 (Enno Koehn and Gerald Brown 1985).

표 1. 기온과 상대습도에 따른 건설 생산성 (Enno Koehn and Gerald Brown 1985)

Tem(°C)	Relative Humidity (%)									
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
-29	0.28	0.27	0.25	0.22	0.18	0.13	0.05	-	-	-
-23	0.44	0.43	0.42	0.40	0.38	0.34	0.29	0.21	0.10	-
-18	0.59	0.58	0.57	0.56	0.54	0.52	0.49	0.44	0.36	0.23
-12	0.71	0.71	0.50	0.50	0.69	0.67	0.65	0.62	0.58	0.50
-7	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.79	0.77	0.75	0.71
-1	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.88	0.87
4	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93
32	0.95	0.95	0.94	0.93	0.92	0.9	0.88	0.85	0.82	0.78
38	0.81	0.81	0.80	0.79	0.77	0.74	0.71	0.67	0.61	0.54
43	0.58	0.58	0.58	0.57	0.55	0.51	0.47	0.41	0.32	0.21
49	-	0.28	0.28	0.28	0.25	0.21	0.15	0.07	-	-

### 2.2.4 풍속

공사에서 바람은 양중, 운반, 조립, 용접 등에 영향을 주며 그 중에서도 가장 영향을 크게 받는 공종은 양중이다. 강한 바람이 불 때는 안전상의 이유로 장비나 인력의 양중이 힘들어지며 이는 공사 진행이 불가능하게 한다. 산업안전기준에 관한 규칙 (고용노동부 2011)과 대학주택공사의 전문시방서에 의하면 풍속 10m/s 이상인 경우 철골작업을 중지해야하며, 프리캐스트콘크리트의 양중 및 조립 또한 진행할 수 없다. 또한 풍속이 초당 20미터를 초과하는 경우 타워크레인 작업 자체를 중지하도록 하고 있다.

고층공사인 경우에 지표면에서 멀어질수록 마찰이 작아져 빨라지는 바람의 특성 때문에 바람의 영향은 더욱 커진다 (김병열 2008). 특히 초고층 건물이 많이 지어지는 도심지나 바닷가의 경우에는 강한 바람이 잦고 예측이 힘들기 때문에 고층부분 시

공시에 바람에 의해 작업이 불가능해지는 경우가 많아진다. 따라서 고층 공사가 받는 바람의 영향을 예측하여 공정관리에 반영하는 것이 매우 중요하다.

### 2.3 지역별 기후 분석

전반적인 한국 기후는 여름철은 6월 말부터 장마전선의 영향으로 집중호우가 내려 많은 피해가 일어나기도 하며 겨울철에는 시베리아 기단에 영향을 받아 비가 적고 매우 건조하다. 뚜렷한 성격의 겨울과 여름에 비해 봄과 가을은 짧지만 맑고 쾌청한 날씨가 연속되어 나타난다.

하지만 작은 국토에도 불구하고 동서남북의 기후가 다양하다. 이는 국토가 남북으로 뻗어 있으며, 반도를 따라 태백산맥이 위치하고 있기 때문이다.

#### 2.3.1 기온

일반적으로 공사 진행이 원활하기 위해서는 5℃이상 30℃이하의 기온이 적합하다. 따라서 사계절이 뚜렷한 국내 기후 특성상 한겨울과 한여름에는 공사 진행이 어려워진다. 여름과 겨울을 비교하였을 때 기온에 의해 작업이 불가능해지는 경우는 여름보다는 겨울이 더 잦으므로 공정에 미치는 영향이 크다.

표 2. 지역별 30년 월평균 기온

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	-2.29	0.50	5.79	12.53	17.89	22.34	24.96	25.71	21.24	14.83	7.28	0.52
인천	-2	0.37	5.23	11.31	16.47	20.96	24.09	25.27	21.14	15.04	7.63	0.95
대전	-1.37	1.06	6.20	12.88	18.14	22.40	25.29	25.72	20.93	14.41	7.41	1.20
대구	0.66	3.03	7.86	14.32	19.19	22.91	25.88	26.42	21.74	15.97	9.08	2.98
광주	0.72	2.59	7.16	13.27	18.35	22.48	25.61	26.29	21.93	15.84	9.18	3.23
부산	3.20	4.98	8.70	13.66	17.55	20.76	24.18	25.97	22.34	17.61	11.57	5.82
울산	2.12	4.01	8.00	13.60	17.98	21.43	25.05	25.96	21.58	16.32	10.10	4.43
분산	4.44	3.20	1.65	0.94	0.68	0.70	0.46	0.15	0.24	1.16	3.01	3.86

지역별 평균기온을 살펴보면 먼저 중부지방(서울, 인천, 대전)이 남부지방(대구, 광주, 부산, 울산)에 비하여 대체로 기온이 낮은 것을 확인할 수 있다. 특히 가장 추운 1월의 경우 중부지방은 평균기온이 모두 0℃이하인 반면 남부지방은 모두 영상 기온을 유지하는데, 이로 인해 중부지방과 남부지방의 겨울에 저온으로 인한 작업불능일의 차이가 있을 것으로 예상된다. 또 다른 특징으로 내륙지방이 해안지방에 비하여 연교차가 크다는 것이 있지만 이는 충분히 큰 차이를 나타내지 않기 때문에 본 연구에 크게 영향이 없을 것이다. 또한 가장 더운 7, 8월의 평균기온은 지역별로 크게 차이를 나타내지 않기 때문에 고온으로 인한 작업가능률은 거의 차이가 없을 것으로 보인다.

### 2.3.2 풍속

본 연구는 초고층 건물을 대상으로 하기 때문에, 일반적인 공사보다 바람의 영향이 매우 크다. 특히 양중과 고층작업이 영향을 가장 많이 받는다. 고층에서 부는 바람은 평균속도가 지상풍속에 비해 빠르기 때문에 고층작업의 경우 바람의 영향으로 작업가능률이 매우 낮아진다. 따라서 고층의 풍속을 예상하여 작업가능률을 산정하는 것이 초고층 건축물 공사의 작업효율을 높이기 위한 공정계획과 공기예측에 있어 가장 중요하다.

표 3. 지역별 최대풍속 연평균 일수

	1m/s 이상	2m/s 이상	3m/s 이상	4m/s 이상	5m/s 이상	6m/s 이상	7m/s 이상	8m/s 이상	9m/s 이상	10m/s 이상
서울	365	361	323	234	138	69	33	14	6	2
인천	365	363	342	268	180	117	77	50	32	20
대전	365	342	265	175	99	51	25	11	6	3
대구	365	360	329	262	183	115	67	37	19	10
광주	365	358	312	228	141	76	39	20	9	5
부산	365	365	361	336	284	212	142	90	55	34
울산	365	359	322	235	134	65	29	12	5	3

표 3 은 최근 30년간의 기상 데이터를 바탕으로 일별 최고풍속이 초과하는 일수를 통계적으로 구한 것이다. 3m/s 이하의 약한 바람은 지역별 차이가 크지 않았지만, 5~8m/s 정도의 풍속에서는 지역별 편차가 아주 크게 나타났다. 부산과 인천의 경우에는 5~6m/s에 해당하는 날이 가장 많이 나타났으며 10m/s 이상의 강풍이 부는 일수가 다른 지역에 비해 많이 나타났다. 하지만 이러한 결과는 또 다른 해안지역인 울산의 결과와는 매우 상이했기 때문에 단순히 해안지역의 특징이라 보기는 힘들다.

### 2.3.3 강수

표 4 는 서울 및 모든 광역시의 강수 데이터를 바탕으로 최근 30년간 월별 평균 비 또는 눈이 10mm이상 온 일수를 산정해 본 결과이다. 지역별 값과 분포가 거의 비슷하게 나왔다. 대개 겨울 기간에 강수로 인하여 작업이 지연될 경우는 월평균 1일 내외로 매우 적었지만, 여름의 경우 7월과 8월 2개월 동안 모든 지역에서 총 10일에서 15일 정도 작업이 불가능할 것으로 예상 됐다.

표 4. 지역별 30년 월별 강수량 10mm 이상 일수

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	0.57	0.73	1.57	2.27	2.90	3.43	8.30	7.07	3.50	1.63	1.67	0.50
인천	0.60	0.60	1.47	2.07	2.80	3.13	7.13	5.67	3.33	1.57	1.70	0.47
대전	0.87	1.07	1.70	2.37	2.77	3.90	7.53	6.77	4.00	1.80	1.27	0.77
대구	0.63	0.87	1.80	2.13	2.43	3.97	5.93	5.77	3.47	1.33	1.07	0.53
광주	0.87	1.37	2.47	2.50	3.20	4.47	6.67	6.73	3.57	1.50	1.57	0.77
부산	1.23	1.63	3.03	3.97	3.77	4.63	5.80	5.30	3.70	1.77	1.20	0.73
울산	1.33	1.53	2.63	2.83	3.23	4.17	5.50	5.27	3.60	1.47	1.27	0.77

### 2.3.4 습도

표 5 는 각 지역별로 월별 평균 습도를 계산한 결과로 모든 지역에서 여름에 높은 습도를 기록하였다. 이 중 부산이 가장 월별 편차가 컸다. 습도가 낮은 것은 공사에 영향을 끼치지 않지만 80% 이상일 때 공중에 영향을 미치지 때문에 6~9월에만 공사에 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 특히 부산과 인천의 경우 7월에 80%가 넘는 평균 습도를 나타내어 용접과 콘크리트 타설 등의 공중에 큰 영향이 있을 것으로 보인다.

표 5. 지역별 30년 월별 평균 습도

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	59.55	57.61	57.52	56.16	62.68	68.05	78.22	76.77	72.60	69.74	71.84	72.97
인천	61.43	61.56	63.23	64.16	70.23	74.76	82.08	79.83	76.11	72.99	74.08	74.02
부산	48.27	51.16	57.61	62.59	69.68	77.30	84.16	81.64	79.20	75.62	76.52	74.77

## 3. 공종별 기후 영향 및 작업기능을 분석

앞선 2장에서는 기후요소와 공사의 관계를 분석하고 국내 지역별 기후 분석을 하였다. 3장에서는 공종별 작업중지 기준 리스트를 통하여 각 공종의 월별 작업가능률을 지역별로 산정하여 공종별 작업의 월별·지역별 특징을 분석한다.

### 3.1 공종별 기후 영향

공종의 작업에 영향을 주는 기후요소는 강우, 기온, 습도 그리고 풍속이 있다. 각 공종별로 영향을 받는 기후요소가 다르며 그 기준도 다르다. 본 연구에서 대상으로 하는 거의 대부분의 공종이 강수량의 영향을 받는다. 표 6 의 공종별 작업중지 기준 리스트는 현재 기후관련 업체인 K사가 여러 건설 현장에 제공하고 있는 기후 기준이다. 본 기준에서는 강설·강우량이 5 mm 초과 하면 작업이 힘들다고 보고 있고, 기온의 영향 또한 거의 대부분의 공종이 영향을 받는다. 최고 온도에 의한 작업중지 기준은 많지 않지만 최저 온도에 의한 작업중지 기준은 공종별로 상이하게 존재하고 이는 겨울기간 동안의 대부분의 공종의 작업가능률이 낮을 것으로 보인다. 습도는 많은 공중에 영향을 미치지 않지만 콘크리트 타설과 용접 등의 중요한 공중에 영향을 주어 공중 진행에 끼치는 영향을 무시할 수 없다. 습도가 높은 경우 용접의 불량률이 높아지고 콘크리트는 경화에 영향을 받기 때문에 습도가 90%를 초과하면 진행을 중지시킨다. 풍속 또한 약한 경우는 아무런 문제가 되지 않지만 10m/s 이상인 경우에 안전상의 문제로 용접과 양중 등의 많은 공종이 중지된다.

표 6. 공종별 작업중지 기준 리스트

공종별 작업	#	눈·비 (mm)	최저 온도 (°C)	최고 온도 (°C)	최저 습도 (%)	최고 습도 (%)	최고 풍속 (m/s)
가설공사	1	5 초과					10 이상
부대토목공사	동상방지 및 보조기층 입도조정기층	2	5 초과	2 미만			
	프라이코트	3	5 초과	10 미만			
	택코트	4	5 초과	5 미만			
기초공사	파일항타	5	5 초과				10 이상
	용접	6	5 초과	0 미만		90 초과	10 이상
경량기포콘크리트 공사	기포 콘크리트 타설	7		5 미만			
철근콘크리트 공사 철골공사 P.C공사 커튼월공사	양중	8	5 초과				10 이상
	콘크리트 타설 용접	9	5 초과	0 이하		90 초과	10 이상
	충진용 콘크리트 및물 탈 타설	10	5 초과	4 미만	25 이상		10 이상
조적공사 ALC블럭공사	벽돌 및 블럭쌓기 ALC블럭쌓기	11	5 초과	4 이하	37 이상	50 이하	10 이상
미장공사	시멘트 몰탈바르기 테라조 및 인조석갈기	12	5 초과	5 미만			
방수공사	타일붙이기	13	5 초과	5 미만			10 이상
타일공사	돌붙이기 (습식)						
석공사	돌갈기	14	5 초과	5 미만			
	돌붙이기 (건식)	15	5 초과				
코킹공사	코킹	16		4 미만	30 초과	90 초과	10 이상
유리공사	유리끼우기	17	5 초과	4 미만			10 이상
도배공사 내장공사		18	5 초과	5 미만			
금속공사	용접	19	5 초과	0 미만		90 초과	10 이상
도장공사	페인트칠하기	20		5 미만		85 초과	
외부단열공사		21		5 미만	35 초과		
지붕공사	아스팔트 싱글붙이기	22		10 이하			10 이상

작업가능률 산정을 위해서는 작업불능일 산정이 필요한데 풍속에 의한 작업불능은 현장에서 공사 진행시 풍속변화에 따라 유계적으로 결정되기 때문에 일단위의 작업불능 산정보다는 시간단위의 산정이 적합하다. 강수·기온·습도에 의하여 작업이

가능한 날 중 시간단위로 계산한 월별 풍속에 의한 작업가능률을 적용하는 것이 공사가능률을 산정하는데 가장 타당하다.

또한 표 6의 작업중지 기준은 특별한 기준 높이가 정해져 있지 않기 때문에 높이에 따른 기후 변화를 고려하였을 때, 높이와 관계없이 적용하는 것은 부적합하다. 특히 본 연구에서 대상으로 하는 초고층 공사에 적용하기 위해서는 최소 100m마다 새로운 기준이 필요한데, 이는 일반적인 100m 이하의 주택공사에서는 일정한 기준으로 공사를 진행하는데 무리가 없지만 높이가 그 이상인 경우 기후변화가 뚜렷하게 나타나기 때문이다.

### 3.2 기후요소에 의한 지역별 공중별 작업불능일 (풍속 제외)

공중별 작업중지 기준 리스트의 풍속기준을 제외한 기후요소 기준을 바탕으로 서울 그리고 인천, 부산의 월별 작업불가능일의 평균값을 구한 결과를 산정하였다. 이는 부록 1에서 확인할 수 있다. 짙은 색은 평균 20일 이상 작업이 불가능한 달이며 옅은 색은 작업불능일이 평균 5일 이하인 달을 의미한다. 세 도시 중 인천이 가장 짙은 색이 많이 나타났는데 이는 중부지방에 위치하며 해안지방으로 겨울 평균기온이 낮고 여름에 습도가 높은 날이 많기 때문이다. 반면 서울은 인천과 아주 근접한 위치에 있기 때문에 겨울의 작업불능일 값이 거의 똑같이 나왔지만, 여름에는 습도가 인천에 비해 낮아 짙은 색으로 표시된 달이 하나도 없어 인천보다 비교적 건설공사에 유리하게 나왔다. 부산은 서울, 인천에 비하여 낮은 위도에 위치하여 평균기온이 높아 겨울에 부대 토목공사를 제외하고 작업불능일이 20일 이하로 나타나 결과가 훨씬 양호하다. 하지만 인천과 마찬가지로 해안지방에 위치하여 7월에 높은 습도로 인하여 용접과 콘크리트 타설의 원활한 진행이 힘든 것으로 나타났다.

결과적으로 세 지역을 비교하였을 때, 서울은 중부지방에 위치하여 낮은 겨울기온이 공사불능요인 중에 가장 영향이 컸으며 부산은 해안지역에 위치하여 여름의 높은 습도가 가장 영향이 컸다. 인천은 낮은 겨울기온과 여름의 높은 습도를 모두 특징으로 가져 가장 공사불능일이 많은 지역으로 나타났다.

### 3.3 풍속에 의한 지역별 작업불능비율

서울, 인천, 부산에서 풍속이 10m/s 이상 되는 평균 시간을 산정한 결과 서울은 연간 3.3시간, 인천은 50시간, 부산은 84시간으로 결과 값이 다르게 나타났다. 하지만 가장 값이 큰 부산의 84시간도 연 8766시간에서 1% 미만을 차지하는 값으로 풍속이 작업가능률에 끼치는 영향이 극히 미미하다는 것을 의미한다.

표 7. 월별 10m/s 풍속 평균 시간

	시간 (Hour)	서울		인천		부산	
		시간	비율	시간	비율	시간	비율
1월	744	0.1	0%	6.6	1%	6.2	1%
2월	678	0.2	0%	8.2	1%	5.9	1%
3월	744	0.4	0%	6.4	1%	8.1	1%
4월	720	1.1	0%	6.5	1%	9.8	1%
5월	744	0.3	0%	1.4	0%	6.1	1%
6월	720	0.1	0%	0.8	0%	7.3	1%
7월	744	0.0	0%	2.1	0%	14.9	2%
8월	744	0.1	0%	1.9	0%	8.9	1%
9월	720	0.2	0%	1.1	0%	5.8	1%
10월	744	0.1	0%	1.3	0%	2.9	0%
11월	720	0.3	0%	6.3	1%	3.2	0%
12월	744	0.2	0%	7.2	1%	4.8	1%
합계	8766	3.3	0%	50.0	1%	84.0	1%

## 4. 고소작업에 따른 기후 환경 변화 및 작업 가능률 변화

### 4.1 고소작업시 기후 변화

#### 4.1.1 기온

대류권 내에서 기온은 고도가 높아짐에 따라 하강하게 되는데 이 비율을 기온감률(Air Temperature Lapse Rate)이라 부른다. 기온감률은 수증기가 전혀 포함되지 않은 상태의 감률인 건조단열 감률인 9.8와 수증기가 포화된 상태에서의 감률인 습윤단열감률인 4.4 두 가지로 나뉜다 (A. D. McNaught and A. Wilkinson, 1997).

실제대기의 상태는 평균적으로 기온감률을 6.5로 보고 있으며 본 연구에서는 평균적인 값을 적용하는 것이 적합하다. 초고층 평균층고는 3.2m로 환산하여 계산하였으며, 높이는 100m를 기준으로 나누었다.

#### 4.1.2 풍속

바람은 지표면 마찰력의 영향을 받으며, 지표부근의 풍속이 상공의 풍속보다 느리다. 이러한 높이에 따른 풍속의 연직분포는 지수분포법칙으로 나타낸다 (Claes Dyrbye, Svend Ole Hansen 1997).

$$V_Z = V_G \left( \frac{Z}{Z_G} \right)^{1/\alpha} \quad \text{----- 식 (1)}$$

$V_Z$  = 지상으로부터의 높이(Z)에서의 풍속

$V_G$  = 기준높이( $Z_G$ )에서의 풍속

Z = 지상으로부터의 높이

$Z_G$  = 기준높이 = 10m

$1/\alpha$  = 지표면상태에 따른 분포결정지수

시골 :  $1/\alpha = 1/7$

도시교외 :  $1/\alpha = 1/4.5$

도시중심가 :  $1/\alpha = 1/3$

여기서 지수의 값은 수많은 자연풍 관측결과에 따라 위와 같은 값을 가진다. 본 연구 대상 도시인 서울, 인천, 그리고 부산은 모두 큰 도시로서 도시중심가에 해당하는 1/3의 값이 해당된다.

표 8. 높이에 따른 기후환경 변화

높이 (m)	층수	기온하강 (°C)	$V_z/V_G$ 풍속증가비율	기준 높이의 풍속이 10m/s일 때의 10m 높이에서의 풍속(m/s)
100	31	0.65	2.2	4.6
200	63	1.30	2.7	3.7
300	94	1.95	3.1	3.2
400	125	2.60	3.4	2.9
500	156	3.25	3.7	2.7
600	188	3.90	3.9	2.6
700	219	4.55	4.1	2.4
800	250	5.20	4.3	2.3

## 4.2 고소작업 단계별 기후환경 변화 및 작업중지 기준 변화

표 9. 공종별 작업중지 기준 리스트(500m 기준)

공종별 작업	#	눈·비 (mm)	최저 온도 (°C)	최고 온도 (°C)	최저 습도 (%)	최고 습도 (%)	최고 풍속 (m/s)
가설공사	1	5 초과					2.7 이상
경량기포콘크리트 공사	7		8.25 미만				
철근콘크리트 공사 철골공사 P.C공사 커튼월공사	8	양중	5 초과				2.7 이상
	9	콘크리트 타설 용접	5 초과	3.25 이하		90 초과	2.7 이상
	10	중전용 콘크리트 및물 탈 타설	5 초과	7.25 미만	28.25 이상		2.7 이상
조적공사 ALC블럭공사	11	벽돌 및 블럭쌓기 ALC블럭쌓기	5 초과	7.25 이하	40.25 이상	50 이하	2.7 이상
미장공사	12	시멘트 몰탈바르기 테라조 및 인조석갈기	5 초과	8.25 미만			
방수공사 타일공사	13	타일붙이기 돌붙이기 (습식)	5 초과	8.25 미만			2.7 이상
석공사	14	돌갈기	5 초과	8.25 미만			
	15	돌붙이기 (건식)	5 초과				

표 9. 공종별 작업중지 기준 리스트(500m 기준)(계속)

공종별 작업	#	눈·비 (mm)	최저 온도 (°C)	최고 온도 (°C)	최저 습도 (%)	최고 습도 (%)	최고 풍속 (m/s)
코킹공사	16		7.25 미만	33.25 초과		90 초과	2.7 이상
유리공사	17	5 초과	7.25 미만				2.7 이상
도배공사 내장공사	18	5 초과	8.25 미만				
금속공사	19	5 초과	3.25 미만			90 초과	2.7 이상
도장공사	20		8.25 미만			85 초과	
외부단열공사	21		8.25 미만	38.25 초			
지붕공사	22		13.25 이하				2.7 이상

표 8의 결과에 의하여 각 공종별 작업중지 기준은 고소작업의 높이에 따라 변하게 되며 500m 높이를 기준으로 표 9 과 같이 변한다. 부대토목 공사와 기초공사의 경우에는 고소작업과 관계가 없기 때문에 제외 되었다. 작업중지 기온의 경우는 표 8의 기온하강 폭 만큼 높아져야 하고, 작업중지 최대풍속은 표 8의 풍속을 적용하면 된다. 500m 높이의 작업중지 기준 리스트는 위의 표 9와 같이 바뀐다. 이는 최저, 최고온도 기준이 3.25°C증가하였으며 최고풍속은 10m/s에서 모두 2.7m/s 로 바뀐 것이다.

## 4.3 지역별 고소작업기능을 산정 및 분석

기후요소에 의한 공종별 작업불능일 산정 결과에 의하면 부산이 서울이나 인천에 비하여 가장 작업조건이 양호했으며 이는 겨울 기온이 중부지방인 서울, 인천에 비하여 높아서였다. 풍속이 10m/s 를 넘는 경우는 부산이 가장 많았으나 연평균 34일이었으며 이를 시간단위로 계산하였을 때 일년 중 1% 미만으로 작업가능률에 끼치는 영향이 거의 없었다.

하지만 본 연구의 목적은 높이에 따른 기후요소 변동을 분석하여 고소작업시 영향을 고려하는 것이므로 100m를 단위로 하

표 10. 기준 높이에 따른 작업불가능비율 변화

기준 높이	기준 일수 (Day)	지상층		100 m		200 m		300 m		400 m		500 m	
		최저기온 0°C이하		최저기온 0.65°C이하		최저기온 1.3°C이하		최저기온 1.95°C이하		최저기온 2.6°C이하		최저기온 3.25°C이하	
		Day	%	Day	%	Day	%	Day	%	Day	%	Day	%
서울	365.3	89.1	24.4	95.6	26.1	103.7	28.4	110.1	30.1	117.7	32.2	123.4	33.8
	365.3	86.0	23.5	92.9	25.4	101.1	27.7	107.4	29.4	114.7	31.4	121.3	33.2
	365.3	40.7	11.1	46.2	12.6	53.5	14.6	59.2	16.2	66.7	18.3	73.4	20.1
풍속 (시간)	시간	10m/s 이상		4.6m/s 이상		3.7m/s 이상		3.2m/s 이상		2.9m/s 이상		2.7m/s 이상	
	Hour	Hour	%	Hour	%	Hour	%	Hour	%	Hour	%	Hour	%
	서울	8766	3.3	0.0	735.0	8.4	1449.9	16.5	2155.5	24.6	2677.5	30.5	2931.8
인천	8766	50.0	0.6	1482.9	16.9	2371.3	27.1	3203.0	36.5	3803.8	43.4	4098.2	46.8
부산	8766	84.0	1.0	2476.5	28.3	3719.2	42.4	4661.5	53.2	5251.9	59.9	5490.1	62.6

여 높이별 기후환경의 차이를 산정하였으며 그에 따른 작업불가능비율의 변화는 표 10과 같이 나타났다. 아래 기온의 기준은 콘크리트 타설을 선택하였으며 이는 공사기간 산정에 가장 중요한 공종이며 모든 작업이 실외에서 이루어져 기후의 영향이 가장 크기 때문이다.

위 결과에 따르면 약 3℃의 기온 기준 상승으로 인하여 늘어나는 작업불가능일이 35일 내외로 세 지역 모두 거의 비슷하게 늘어났다. 이러한 결과는 공사가능률에 있어 여전히 중부지방인 서울, 인천에 비하여 부산이 훨씬 높게 나타났다.

하지만 최대풍속에 의한 작업불가능일의 변화는 이전의 양상과는 전혀 다른 결과를 나타냈다. 일반적으로 일정 속도이상의 바람이 부는 날 작업을 전혀 하지 않는 것이 아니라 강한 바람이 부는 동안 작업을 쉬는 것이므로 바람에 의한 작업불가능산정은 일 단위보다는 시간 단위로 산정하는 것이 적합하다. 이렇게 시간단위로 풍속에 의한 작업불가능시간을 산정하였을 때 연평균 작업불가능비율은 서울 34%, 인천 47%, 부산 63%로 각각 다르게 나타났다. 이러한 결과는 최대풍속 10 m/s 이 지역별로 0~1%로 차이가 거의 없었던 것에 비하여 전혀 다르다고 할 수 있다. 10m 고도를 기준으로 부산지역에서 10m/s 이상의 바람이 부는 날은 평균 34일이며 시간단위로 계산하였을 때는 연간 84시간(3~4일)에 지나지 않은 것에 반해 작업 고도가 높아짐에 따라 풍속이 빨라져 영향이 커지며 500m 높이에서 연간 63%의 작업불가능비율 곧 37%의 작업가능률을 보였다.

이러한 결과를 비추어 봤을 때, 일반적인 공사의 작업가능률은 부산지역이 서울이나 인천에 비하여 높게 나타나지만, 작업 고도가 높아짐에 따라 부산지역의 작업가능률이 다른 지역에 비하여 바람에 의하여 급격히 떨어지는 것을 알 수 있다.

## 5. 사례적용

### 5.1 적용 프로젝트 개요

본 연구의 프로젝트 대상은 부산에서 A건설에 의해서 2007년에 착공되어 2012년에 완공 예정인 프로젝트로 3개동 70~80층으로 구성되어 있는 철근콘크리트조 주상복합 건물 중 70층 건물이다.

표 11 공정계획은 기후요소 및 휴일을 고려하여 연평균 가동률 74.9%가 적용되었지만 고소작업시 변하는 환경변화를 전혀 고려하지 않았다. 따라서 본 연구는 고도에 따라 변하는 기온과 풍속을 반영하여 아래의 수식으로 산정한 작업가능률을 적용한다.

표 11. 프로젝트 기존 공정계획

층	타설 회수	Core	
		Start Date	Finish Date
Pent House	1	2011-01-31	2011-03-02
	2	2011-01-13	2011-01-30
	2	2010-12-31	2011-01-12
	1	2010-12-23	2010-12-30
PIT 5	1	2010-11-06	2010-11-12
F70	1	2010-10-27	2010-11-01
F69	1	2010-10-22	2010-10-25
F68	1	2010-10-16	2010-10-20
F67	1	2010-10-11	2010-10-14
F66	1	2010-09-18	2010-10-27
⋮			
F10	1	2009-07-21	2009-07-26
F09	1	2009-07-15	2009-07-20
F08	1	2009-06-20	2009-06-26
F07	1	2009-05-29	2009-06-04
F06	1	2009-05-21	2009-05-28
F05	1	2009-05-11	2009-05-19
F04	1	2009-04-30	2009-05-10
F03	1	2009-04-20	2009-04-28
F02	2	2009-03-23	2009-04-18
F01	2	2009-03-02	2009-03-21

$$OE = \frac{WhD - WD}{WhD} \times \frac{WhT - WT}{WT} \times 100(\%) \quad \text{--- 식 (2)}$$

- OE = 작업가능률
- WhD = 전체일
- WD = 작업가능일
- WhT = 전체시간
- WT = 작업가능시간

### 5.2 프로젝트 월별 작업가능률 산정 및 적용

본 연구에서는 코어부분의 골조공사만을 대상으로 결과를 적용하였다. 본 프로젝트는 3-Day Cycle을 기준으로 시공되었다. 따라서 코어부분 골조공사에 포함되는 연구대상 공정인 콘크리트타설, 용접, 그리고 양중은 3일 중 콘크리트 타설과, 용접이 0.5일, 양중이 1일 정도 차지하고 있었기 때문에, 예상 종료일 산정을 위하여 기존 순작업일이 3일이라면 1.5일이 기후의 영향을 받는다고 가정하여 작업가능률을 구하였다. 이러한 결과로 산정한 작업가능률을 기존 공정계획의 각 층별 순작업일에 작업가능률을 나누어 예상 작업일을 구하여 새로운 공정계획을 수립하였으며 이를 실제 작업일과 비교 분석하였다. 이러한 방법으로는



각 층별 실제 작업일과 예상 작업일의 오차율의 평균을 구하여 정확도를 비교하였으며 이 결과는 아래 표 12와 같이 나타났다. 그 중 A사의 예상과 본 연구의 예상 모두 오차율이 25%가 넘는 층은 결과에서 제외하였는데 이는 이상치 제거에 해당하는 것으로 기후 이외의 영향을 받은 것으로 여겨지기 때문이다.

표 12. 프로젝트 예상 작업일 오차율

	실제 결과	A 사	본 연구 결과
시작일	2009-05-27	2009-04-12	2009-04-12
종료일	2011-04-20	2011-03-02	2011-03-02
예상 작업일수	515	511	511
순작업일수	403	403	403
작업기능률 (%)	78.25	78.86	78.86
층별 작업일 평균오차율		15%	13%

A사의 예상 작업일수와 본 연구 결과로 산정된 예상 작업일수는 511일로 일치하였지만 각 층별 실제 작업일수 평균오차율은 A사가 15%, 본 연구 결과는 13%로 2%만큼 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 오차율 2%의 감소는 충분히 큰 성과라고 할 수 없지만, 실제 결과는 기존 일정을 지키기 위하여 피드백을 거쳐 물량 투입 조절 등의 노력이 있었기 때문에 A사의 기존 계획보다 정확도가 높은 것만으로 좋은 결과라 할 수 있다.

부산뿐 아니라 서울과 인천에서도 시공된 경우를 가정하여 세 지역의 예상완료일수 및 비작업일을 산정하였다. 순작업일수는 같지만 지역에 따라 예상 종료일이 약 4개월정도 차이를 보였다. 기후에 따른 작업기능률에 의한 결과로 인천의 경우 초고층 건물을 짓기에 국내 세 지역 중 가장 조건이 좋지 않았다. 부산은 서울보다 평균작업기능률이 조금 더 높게 나와 가장 작업이 용이해 보이지만 이는 본 프로젝트가 300m를 넘지 않았기 때문이다. 이보다 더 높은 건물을 시공하는 경우 부산은 강한 풍속에 의해 작업기능률이 급격히 낮아질 것이다.

표 13. 지역별 프로젝트 작업기능률

	부산	서울	인천
시작일	2009-04-12	2009-04-12	2009-04-12
종료일	2011-03-02	2011-04-16	2011-06-27
예상 작업일수	511	582	641
순작업일수	403	403	403
작업기능률 (%)	78.86	72.48	64.17

## 6. 결론

본 연구는 서로 다른 지역의 기후에서 고소작업시에 나타나는 작업기능률의 변화를 비교하고 실제 사례에 적용하기 위하여 서

울, 인천, 부산의 기후특징과 공중별 기후영향을 분석하였으며, 높은 고도에서 일어날 수 있는 기후환경변화를 적용하여 고소작업의 공중별 작업기능률 선정방법을 제안하였다. 이는 기존 연구에서 부족했던 지역별 기후차이와 작업높이에 따른 작업환경변화를 동시에 고려하여 본 연구결과를 적용할 수 있는 초고층 건물 시공의 지역과 높이의 범위를 넓혔다.

또한 서울, 인천, 부산 지역을 비교함으로써 내륙지방과 해안지방, 그리고 중부지방과 남부지방의 기후에 따른 초고층 건축물 작업기능률 특징을 파악할 수 있었다. 연구 결과, 일반적인 건축물 시공의 경우 세 지역 중 부산이 가장 유리하고 인천이 가장 불리하게 나타났지만 고소작업시 일어날 수 있는 기온과 풍속변화를 고려하였을 때 부산과 인천의 작업기능률이 서울에 비하여 급격히 떨어졌다. 이는 즉, 서울과 부산을 비교하였을 때 낮은 건축물 시공의 경우 부산이 작업기능률이 서울보다 높지만 건축물의 높이가 높아질수록 부산의 작업기능률이 급격히 하락하여 서울보다 더 낮아지는 것이다. 이는 여러 기후에서 높이에 따른 기후변화를 비교해야만 알 수 있는 결과이다.

하지만 본 연구의 결과를 선정하기 위하여 제시한 높이에 따른 기온·풍속변화는 실제 누적된 데이터를 근거로 하지 않고 수식을 통하여 예상하여 보다 충분한 검증이 요구된다. 또한 현재까지 진행된 초고층 건축 시공 사례가 충분히 많지 않아 본 연구를 적용·검증하는데 한계가 있었다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 향후 초고층 공사의 고층부 기후 데이터 축적이 필요하며 충분히 많은 공사 사례를 통하여 초고층 공사의 표준화가 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 각 공중의 고층부 작업에 대한 분석이 충분하지 않았으며 축적된 데이터가 부족하여 향후 연구에서는 현재 진행되고 있는 많은 초고층 프로젝트의 데이터 축적을 바탕으로 각 공중별 고층부 기후영향을 세부적으로 분석하여 초고층 공사의 지역·공중별 작업기능률 매뉴얼을 만드는 것이 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설기술개발사업에서 위탁 시행한 첨단도시개발사업(과제번호 : 09첨단도시A01)에 의해 수행한 결과의 일부임.

## 참고문헌

고용노동부, “산업안전보건기준에 관한 규칙”, 고용노동부령 제 30호, 2011

- 구해식 · 최봉철 (1999). “건축공사의 기후요소에 대한 공기산정 방안 연구.”, 대한건축학회 논문집 제15권 제11호
- 기상청 (2011). “기상청 날씨정보.”, <<http://www.kma.go.kr>> (2011.05.31)
- 김기국 (2007). “FMEA 기법을 이용한 초고층 건축시공의 주요 공사비 초과요인 발굴에 관한 연구”, 세종대학교 대학원 석사학위논문
- 김병열 (2008). “중소도시의 열환경 실측 및 예측 연구”, 호서대학교 대학원 석사학위논문
- 대한토지주택공사, “주택공사 표준 시방서”
- 대한민국국회, “건축법 시행령”, 대통령령 제22993호, 2011
- 박인범 (2009). “기후요소에 의한 건축공사 작업불능일 산정에 관한 연구”, 청주대학교 대학원 석사학위논문
- 신재원 · 류한국 · 이현수 · 박문서 (2007). “기후정보를 이용한 초고층 건축 골조공사의 확률적 공기산정 모델.”, 대한건축학회 논문집, 제23권 제6호
- 신종현 · 이진아 · 이찬식 (2005). “기후요소를 고려한 인천지역의 작업불가능일수 산정.”, 한국건설관리학회 논문집, 제6권 제1호
- 이근효 · 김경래 · 신동우 (2006). “국내 건설공사의 기후조건에 의한 작업불능일 예측방법 개선.” 한국건설관리학회 논문집, 제7권 제4호
- 장명훈 · 윤유상 (2008). “건설공사 일정관리를 위한 날씨정보 활용 방안.”, 대한건축학회 논문집, 제24권 제9호
- 한영구 (2008). “초고층 빌딩 골조 공사의 작업 가능률에 관한 연구”, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문
- 한충희 · 방종대 (2006). “동절기 골조공사 시행이 마감공사의 주 공정선에 미치는 영향.”, 한국건설관리학회 논문집, 제7권 제1호
- A. D. McNaught and A. Wilkinson, (1997). IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd Ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 2199.
- CTBUH. (2011). “Tall Buildings Database.”, <<http://buildingdb.ctbuh.org>> (2011.10.10)
- Dyrbye, Claes. and Hansen, Svend Ole. (1997). Wind loads on structures, John wiley & sons
- Enno Koehn, and Gerald Brown (1985). “Climatic effects on construction”, Journal of Construction Engineering and Management, 111(2), pp. 129~136
- Lee, H., Shin, J., Park, M., and Ryu, H.. (2009), “Probabilistic Duration Estimation Model for High-Rise Structural Work”, Journal of Construction Engineering and Management, 135(12), pp. 1289~1298

논문제출일: 2011.11.09  
 논문심사일: 2011.11.18  
 심사완료일: 2012.02.02

## 요 약

프로젝트 초기단계에서 신뢰도 높은 공정계획을 수립하고 공사기간 산정을 정확하게 하는 것은 공사 지연을 예방할 수 있으며, 연속적으로 발생하는 의사결정을 신속하고 정확하게 내리는 데 도움이 된다. 특히 초고층 프로젝트의 경우는 작업이 복잡하고 공사비가 크기 때문에 공사기간을 정확히 예상하는 것이 어렵고 공사지연시 발생하는 손실이 막대하다. 따라서 월별 작업가능률을 정확히 예상하고 적용하는 연구가 매우 중요하며 이는 초고층 프로젝트의 성패와 직결된다고 할 수 있다. 하지만 고도가 높아질수록 기후 환경은 지표면 근처와 차이가 생기기 때문에 일반적인 프로젝트의 작업가능률 산정방법은 초고층 프로젝트에서 정확성이 떨어지게 된다. 따라서 본 연구에서는 작업높이에 따라 변하는 기후요소 변화를 예측하여 이를 적용하여 높이에 따른 작업가능률을 산정하고, 각 지역의 기후특색에 따른 결과를 비교 분석하였다. 산정된 결과에 따르면 작업고도가 높아질수록 부산, 인천, 서울 순으로 작업가능률이 떨어졌으며, 이는 풍속의 영향이 가장 컸다. 이러한 작업높이를 고려한 지역별 작업가능률 산정은 향후 초고층 프로젝트 공사기간 산정업무, 타당성 조사, 대상 지역 선택 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**키워드** : 초고층 프로젝트, 작업가능률, 기후요소, 공사기간

## 부록

부록 1. 지역별 공종별 작업불능일(풍속 제외)

지역	#	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
서울	1	1.2	1.4	2.8	3.2	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	2.8	3.0	1.2
	2	30.1	24.9	17.6	4.2	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	3.5	14.2	27.2
	3	31.0	28	30.9	22.9	7.4	5.1	9.5	9.0	4.9	14.0	28.3	31.0
	4	30.8	27.6	26.2	8.3	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	5.6	20.6	30.2
	5	1.2	1.4	2.8	3.2	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	2.8	3.0	1.2
	6	29.2	23.6	15.0	7.8	10.5	11.5	18.5	16.9	11.7	9.1	14.2	25.4
	7	30.8	27.4	25.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	18.8	30.0
	8	1.2	1.4	2.8	3.2	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	2.8	3.0	1.2
	9	29.2	23.6	15.0	7.8	10.5	11.5	18.5	16.9	11.7	9.1	14.2	25.4
	10	30.7	27.1	23.4	6.3	4.4	5.0	12.0	13.0	4.8	4.6	18.4	29.4
	11	30.8	27.7	29.6	27.4	25.9	20.8	14.6	15.8	21.1	25.8	25.5	29.9
	12	30.8	27.6	26.2	8.3	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	5.6	20.6	30.2
	13	30.8	27.6	26.2	8.3	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	5.6	20.6	30.2
	14	30.8	27.6	26.2	8.3	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	5.6	20.6	30.2
	15	1.2	1.4	2.8	3.2	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	2.8	3.0	1.2
	16	30.8	27.3	24.7	10.1	10.5	11.5	18.5	16.9	11.7	10.6	21.6	29.9
	17	30.7	27.1	23.4	6.3	4.4	5.0	9.5	9.0	4.8	4.6	18.4	29.4
	18	30.8	27.4	25.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	18.8	30
	19	29.2	23.6	15.0	7.8	10.5	11.5	18.5	16.9	11.7	9.1	14.2	25.4
	20	31.0	27.8	27.6	15.1	17	17.5	25	23.7	18.1	18.6	25.7	30.7
	21	30.8	27.6	26.2	8.3	4.4	5.0	9.8	9.3	4.8	5.6	20.6	30.2
	22	31.0	28	30.9	23.2	7.7	5.1	9.5	9.0	4.9	14.3	28.4	31
인천	1	1.3	1.2	2.2	3.1	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	2.7	2.7	1.1
	2	30.4	25.6	17.1	3.7	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	3.1	11.9	26.6
	3	31.0	28	30.9	24.8	7.1	4.2	8.5	7.6	4.5	12.3	28	31.0
	4	30.9	27.6	26.6	7.7	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	4.5	18.3	29.8
	5	1.3	1.2	2.2	3.1	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	2.7	2.7	1.1
	6	29.9	25.4	17.9	11.8	15.9	18.0	24.3	20.5	15.0	11.8	14.4	25.2
	7	30.8	27.4	25.8	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	16.5	29.6
	8	1.3	1.2	2.2	3.1	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	2.7	2.7	1.1
	9	29.9	25.4	17.9	11.8	15.9	18	24.3	20.5	15.0	11.8	14.4	25.2
	10	30.8	27.3	23.9	5.8	4.0	4.2	9.6	10.4	4.5	3.8	16.2	29
	11	30.8	27.5	28.5	23.2	19.1	14.1	10.6	11.4	16.1	20.8	23.3	29.6
	12	30.9	27.6	26.6	7.7	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	4.5	18.3	29.8
	13	30.9	27.6	26.6	7.7	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	4.5	18.3	29.8
	14	30.9	27.6	26.6	7.7	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	4.5	18.3	29.8
	15	1.3	1.2	2.2	3.1	4.0	4.2	8.5	7.6	4.4	2.7	2.7	1.1
	16	31.0	27.7	26.5	13.7	15.9	18.0	24.3	20.5	15.0	12.8	20.5	29.8
	17	31.0	27.7	26.5	13.7	15.9	18.0	24.3	20.5	15.0	12.8	20.5	29.8
	18	30.8	27.4	25.8	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	16.5	29.6
	19	29.9	25.4	17.9	11.8	15.9	18.0	24.3	20.5	15.0	11.8	14.4	25.2
	20	31.0	27.8	29.1	19.8	22.4	25	28.5	26.1	21.9	19.3	24.9	30.6
	21	30.9	27.6	26.6	7.7	4.0	4.2	8.7	7.7	4.4	4.5	18.3	29.8
	22	31.0	28.0	30.9	24.9	7.2	4.2	8.5	7.6	4.5	12.6	28.1	31.0
부산	1	1.9	2.5	4.0	4.9	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.5	2.0	1.3
	2	23.3	17.5	9.2	5.1	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.5	4.2	15.7
	3	30.9	27.8	29.8	17.3	6.1	5.8	7.6	6.7	4.4	5.8	21.1	30.4
	4	29	23.8	16.4	6.3	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.6	8.8	23.3
	5	1.9	2.5	4.0	4.9	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.5	2.0	1.3
	6	19.2	14.1	8.6	8.6	11.3	15.8	22.1	16	9.7	4.3	4.5	11.3

부록 1. 지역별 공종별 작업불능일(풍속 제외)(계속)

지역	#	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
부산	7	27.9	22.5	13.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6.9	22.3
	8	1.9	2.5	4.0	4.9	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.5	2.0	1.3
	9	19.2	14.1	8.6	8.6	11.3	15.8	22.1	16	9.7	4.3	4.5	11.3
	10	27.8	21.5	13.4	5.5	5.2	5.8	10.8	13.9	5.1	2.6	7.0	21.0
	11	29.7	25.7	25.7	22.6	17.8	11.1	7.9	8.6	10.9	20.4	24.2	28.3
	12	29.0	23.8	16.4	6.3	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.6	8.8	23.3
	13	29.0	23.8	16.4	6.3	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.6	8.8	23.3
	14	29.0	23.8	16.4	6.3	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.6	8.8	23.3
	15	1.9	2.5	4.0	4.9	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.5	2.0	1.3
	16	28.4	22.2	15.2	9.1	11.3	15.8	22.1	16	9.7	4.4	8.7	21.5
	17	27.8	21.5	13.4	5.5	5.2	5.8	7.6	6.7	4.4	2.6	7.0	21.0
	18	27.9	22.5	13.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6.9	22.3
	19	19.2	14.1	8.6	8.6	11.3	15.8	22.1	16	9.7	4.3	4.5	11.3
	20	29.7	24.9	19.8	13.4	17.7	22.1	27.8	24.2	15.8	8.2	12.9	24.5
	21	29.0	23.8	16.4	6.3	5.2	5.8	7.7	6.8	4.4	2.6	8.8	23.3
	22	30.9	27.8	29.9	17.6	6.2	5.8	7.6	6.7	4.4	5.9	21.3	30.4