

지구온난화가 국내 건설 공기에 미치는 영향에 관한 연구

Influence of the Global Warming in Domestic Construction Schedules

채희만^{*} 조성우^{*} 양창현^{**} 손치수^{***} 김경환^{****} 김재준^{*****}

Chae, Hee-Mann Cho, Sung-Woo Yang, Chang-Hyun Son, Chi-Soo Kim, Kyung-Hwan Kim, Jae-Jun

요약

최근의 이상기후현상은 지구온난화에 의한 것으로 전 세계적으로 많은 영향을 미치고 있으며, 모든 산업분야에서 이슈가 되고 있다. 우리나라로 지구온난화로 인해 기후변화를 겪고 있으며, 건설 산업 또한 이러한 영향으로부터 자유로울 수 없다. 그러나 아직까지 건설 분야에서 이와 관련한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 이에 대한 필요성을 인식하고 현재 수준을 파악하기 위해, 본 연구에서는 지구온난화가 건설업에 미치는 영향 중 건설공기부분에 초점을 맞추어 분석하였다. 그 결과 지구온난화로 인한 기후변화에 따라 철근콘크리트 공사의 작업불능일의 변화추이를 살펴볼 수 있었고, 이를 토대로 지구온난화가 건설 공기에 미치는 영향의 일부를 파악할 수 있었다. 본 연구는 향후 기후와 함께 변화하는 국내 건설 산업의 미래를 예측하고, 이에 대응하기 위한 기초자료로 활용될 수 있으리라 기대된다.

키워드: 지구온난화, 이상기후, 건설공기, 작업불능일

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지구온난화는 최근 가장 큰 이슈 중의 하나로써 산업 전반에 걸쳐서 꾸준히 논의되어오고 있다. 이러한 기후변화는 기본적으로 전 세계 즉, 지구규모에서 발생하지만 그 영향은 지역적 또는 국가적 규모로 나타나고 있으며, 우리나라로 지구온난화의 영향에서 자유로울 수 없을 것으로 평가되고 있다.

기상청은 지구온난화로 인하여 100년 후 우리나라의 기온이 약 5°C 정도 상승할 것이며 그에 따라 현재의 온대 기후가 아열대 기후로 변할 것으로 예측하고 있다.

건축분야도 현재 이러한 지구온난화의 영향과 무관하지 않으며, 이에 따라 크고 작은 변화를 겪고 있을 것으로 추측된다. 일반적으로 지구온난화의 영향은 부정적인 것으로 인식되고 있으나, 건축분야에 미치는 지구온난화의 영향은 아직까지 그 윤곽을 잡지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 그 영향을 파악하기 위하여 지구온난화로 인하여 변화하는 기후요소가 건설공기에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 기후요소에 의한 건설공사의 작업불능일의 변화를 지구온난화로 인한 영향의 일부로 가정하고, 건설 공사의 여러 공정 중 기후요소로부터 가장 영향을 많이 받는 골조공사의 작업불능일의 수를 산출하여 그 변화 추이를 파악하고자 한다. 적용할 골조공사로는 일반적으로 가장 많이 실시되고 있는 철근콘크리트 공사를 선택하고, 여러 기후요소 중 이들 공정에 민감한 영향을 끼치는 기후요소로는 강수와 기온으로 한정한다. 기상 데이터는 기상청에서 제공하고 있는 46년간(1961-2006)의 기후자료를 사용하였으며, 지역은 서울지역으로 한정한다.

본 연구는 다음과 같은 절차로 진행되었다.

(1) 문헌고찰 및 사례조사를 통하여 기존연구와 그 한계점을 파악하였다.

(2) 기존 연구 및 시방서를 토대로 철근콘크리트 공사의 작업불능일의 기준을 설정하였다.

(3) 지구온난화로 인한 주요 변화요소임과 동시에 골조공사에 영향을 미치는 기후요소를 도출하였다.

(4) 데이터 확보가 가능한 지난 46년간의 기상청 기상데이터를 적용하여 작업불능일을 산출하였다.

(5) 46년 동안의 총 기간과 지구온난화가 뚜렷해졌다고 일반적으로 인식되고 있는 1990년대 이후의 기간으로 나누어 각각 회귀분석을 실시하였다.

(6) 도출된 결과를 통하여 작업불능일의 변화 추세를 분석하였다.

* 학생회원, 건국대학교 건축공학과 학사과정

** 일반회원, 건국대학교 건축공학과 석사과정

*** 일반회원, 한양대학교 건축환경공학과 석사과정

**** 종신회원, 건국대학교 건축공학과 조교수, 공학박사,
khkim6393@hotmail.com

***** 종신회원, 한양대학교 건축환경공학과 교수, 공학박사

2. 예비적 고찰

2.1 선행연구 검토

강운산(2004)은 거시적인 관점에서 기후의 영향을 일반적으로만 다루었으며, 이근호(2006)는 작업불능일의 산술평균과 실제 값과의 오차를 최소화하는 방식으로 작업불능일의 예측방법을 제시하였다. 김창덕(2006)은 서울지역 기후요소의 15년간 평균값에 철골공사 공종별 작업불능일의 기준을 적용하는 방식으로 작업불능일을 산정하였고, 김백중(2006)의 연구는 공정별 기후의 영향 정도를 파악하였다. 이상과 같이 상기한 선행연구들은 기후의 영향을 파악하였지만, 지구온난화 혹은 기후 변화의 추세가 건설 산업에 미치는 영향에 대한 연구는 미미한 것으로 파악되었다.

2.2 기후 요소 도출

기후 요소로는 기온, 강수(강우, 강설), 바람, 습도 등이 있으며, 이들은 지구온난화로 인해 직접적인 영향을 받는 요소들이라 할 수 있다. 기온의 기준은 동절기와 하절기 공사를 감안하여 고온과 저온으로 구분하였다. 또한 건설공사의 성패를 좌우 하는 요인으로는 전체공기가 있으며, 철근콘크리트 공사는 전체공기에 가장 영향을 많이 끼치는 공종이라 할 수 있다.

2.3 작업불능일의 정의

3가지 기후요소에 의한 철근콘크리트 공사의 작업불능일의 기준을 확립하기 위하여 건축공사표준시방서와 기존 선행 연구를 검토한 결과 표 1과 같이 정의할 수 있다.

표 1. 철근콘크리트 공사의 작업불능일

공종	기후요소	작업불능일의 기준
철근콘크리트 공사	고온(하절기)	일최고기온 32°C 이상
	저온(동절기)	일평균기온 4°C 이하
	강수	일강수량 10mm 이상

2.4 분석 기간 설정

데이터 분석의 기간은 기상청 데이터 확보가 가능한 지난 46년간의 기간과 지구온난화가 뚜렷해진 1990년대 초반이 후로 설정하여 각각 회귀분석하고, 이를 상호 비교하여 전반적인 흐름과 지구온난화가 가속화된 시점 이후의 흐름을 파악하기로 한다.

과거 1000년 동안의 지표기온 변화에 의하면 북반구의 온도증가는 산업화와 더불어 20세기에 두드러졌으며, 특히 1990년대에 이러한 현상이 증가하였다. 1990년대에는 지난 1000년간 기온이 가장 높았던 1998년과 그 뒤를 잇는 1997년, 1995년이 있었다(박현렬 2003). 1992년에 리우환경회의가 개최되고, 1997년에 교토의정서가 발효되는 등 국제적으로 지구온난화에 대한 경각심을 일깨우는 시기로 본 연구에서는 1990년대 초반부터를 지구온난화가 가속화되는 시기로 설정하였다. 즉, 1961-2006년의 기간은 일반적인 기

후요소에 의한 작업불능일의 변화 추세를 살펴보기 위한 것이고, 1991-2006년의 기간은 전자의 46년간의 기간 중에서 지구온난화의 영향이 가속화된 16년 동안의 작업불능일의 변화 추세를 파악하고자 설정되었다.

3. 자료 분석

3.1 1961-2006 데이터의 단순회귀분석

46년간 기후 데이터를 통하여 각 연도의 작업불능일을 산출하였고, 산출된 작업불능일을 토대로 각각의 연도와 작업불능일의 상호관계 분석을 통하여 변화 추세를 살펴보기 위하여 단순회귀분석을 실시하였다. 각각의 연도는 시간적 요소, 즉 시간의 흐름을 나타내며 시간의 흐름에는 앞서 적용한 기후요소의 영향이 포함된 것이라 할 수 있다.

기후요소가 적용된 각각의 연도를 독립변수로 지정하고 작업불능일을 종속변수로 지정한 뒤 단순회귀분석을 실시하여 t검정을 통하여 회귀분석이 유의한지를 판단하고, R^2 (결정계수)를 통하여 변수 상호간의 영향의 정도를 파악하였으며 회귀방정식을 도출하였다. 이들의 회귀분석에는 SPSS12가 사용되었으며, 분석의 결과는 다음과 같다.

표 2. 철근콘크리트공사의 강수량에 의한 연도별 작업불능일의 단순회귀분석 결과

t	R ²	y절편	B
0.293	0.002	-11.323	0.023

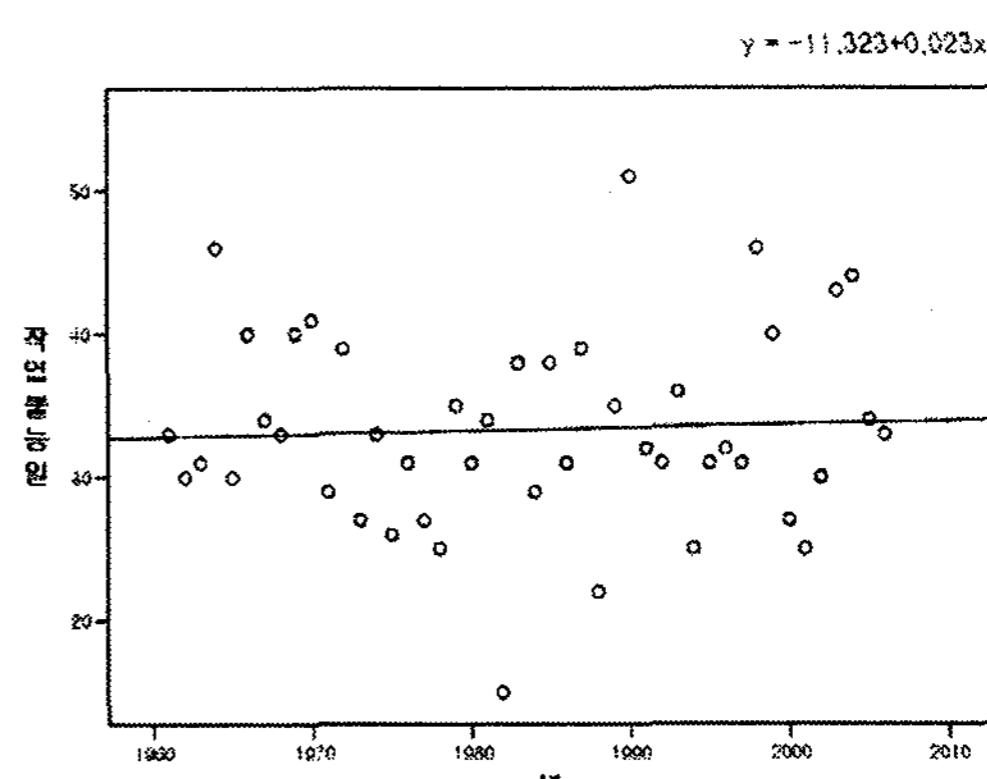


그림 1. 철근콘크리트공사의 강수량에 의한 연도별 작업불능일의 단순회귀분석 결과 그래프

철근콘크리트 공사의 강수량에 의한 연도별 작업불능일의 변화 추세는 시간의 경과에 따라 그림 1과 같이 미미하게나마 증가함을 알 수 있다. 하지만, 단순회귀분석 결과(표 2 참조), t값의 절대값이 2보다 작으므로 위의 회귀분석은 유의하지 않은 것으로 확인된다. R^2 값 역시 0.002로써 t검정이 유의하다고 가정하더라도 시간에 따른 강수량에 의한 작업불능일에 0.2%의 미미한 영향만을 미치는 것으로 해석된다.

표 3. 철근콘크리트공사의 일최고기온(하절기)에 의한 연도별 작업불능일의 단순회귀분석 결과

t	R ²	y절편	B
0.490	0.005	-82.201	0.048

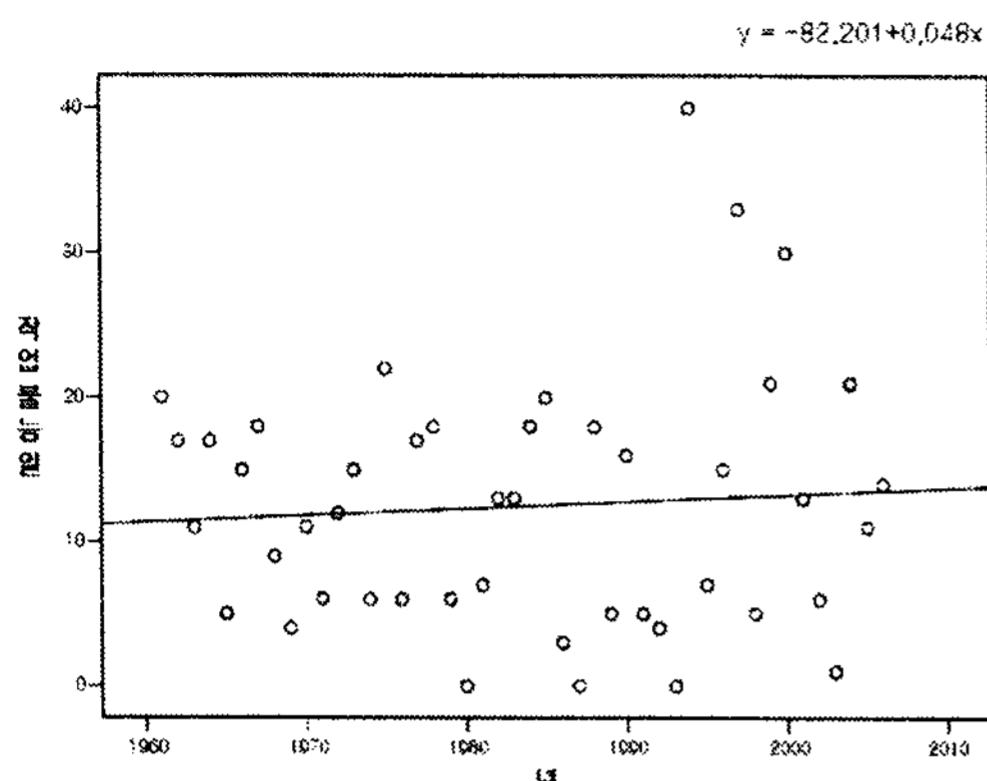


그림 2. 철근콘크리트공사의 일최고기온(하절기)에 의한 연도별 작업불능일의 단순회귀분석 결과 그래프

일최고기온에 의한 작업불능일의 변화추이는 그림 2와 같이 조금씩 증가함을 알 수 있다. 하지만, 표 3에서와 같이 일최고기온에 의한 추세를 보면 t값의 절대값이 0.490으로써 2보다 작으므로 고온의 영향을 포함하는 연도와 작업불능일과의 단순회귀분석 또한 유의하지 않은 것으로 나타났다. R²값 역시 0.5%로 매우 작으므로 두 변수의 상관관계는 미미한 것으로 판단된다.

표 4. 철근콘크리트공사의 일평균기온(동절기)에 의한 연도별 작업불능일의 단순회귀분석 결과

t	R ²	y절편	B
-4.159	0.282	1023.266	-0.462

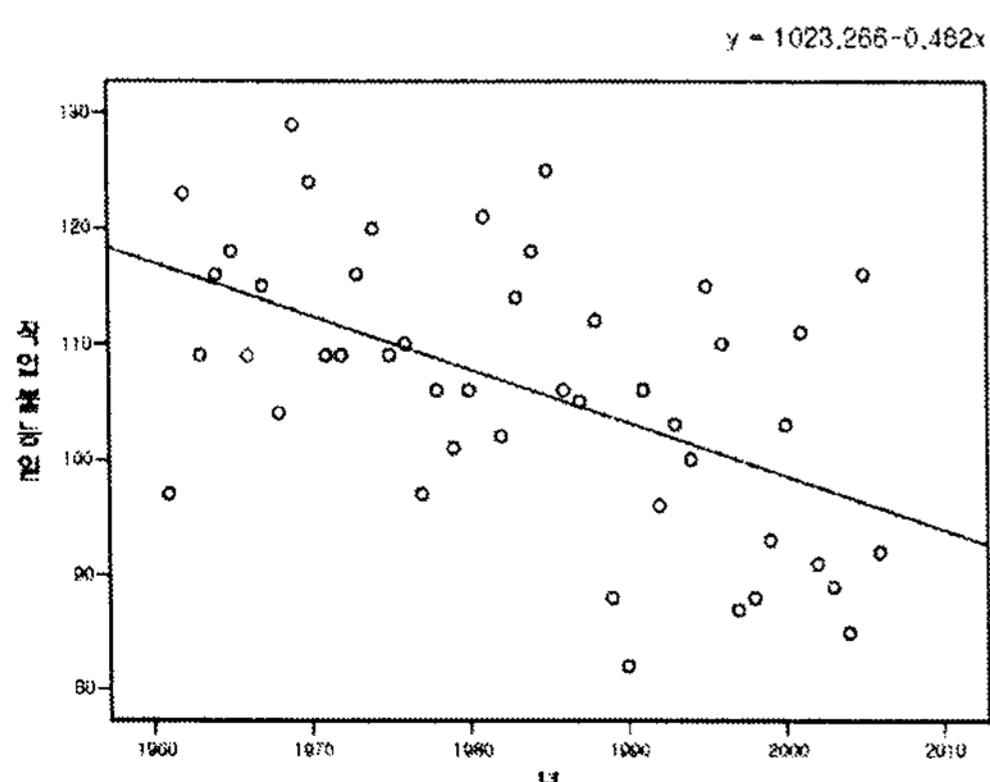


그림 3. 철근콘크리트공사의 일평균기온(동절기)에 의한 연도별 작업불능일의 단순회귀분석 결과 그래프

일평균기온(동절기)에 의한 작업불능일의 변화 추이는 그림 3과 같이 다른 기후 요소와는 달리 상대적으로 뚜렷 함을 알 수 있다. 표 4의 회귀분석결과 또한 t값의 절대값이 4.159로써 2보다 크므로 위의 회귀분석은 유의한 것으로 해석되며, R²값에 의하여 46년간의 온도변화가 동절기 작업불능일에 28.2%만큼 영향을 미치는 것으로 해석된다.

3.2 1991-2006 데이터의 단순회귀분석

본 절에서는 지구온난화가 가속화된 시점 이후의 변화 추세를 분석하여, 앞 절의 46년 동안의 작업불능일의 변화 추이와 상호 비교하고자 한다. 이를 위해서 1991년부터 2006년까지의 기후데이터에 의한 작업불능일과 연도를 회귀분석을 실시하였고, 46년간의 결과 기울기(B값)와 비교하였다¹⁾.

철근콘크리트공사 16년간의 회귀분석은 표 5와 같다. 46년간의 회귀분석의 결과값과 비교하여 보면 강수량에 의한 것은 증가추세가 감소추세로 변화하며, 일최고기온에 의한 것은 증가폭이 커진 것을 볼 수 있다. 동절기 일최저기온에 의한 것은 46년간의 결과는 B값이 -0.462이나 16년간의 회귀분석결과는 -0.525로 감소폭이 커진 것으로 나타났다.

표 5. 1991-2006 철근콘크리트공사 단순회귀분석 결과

	t	R ²	y절편	B
강수량	1.025	0.070	-683.359	-0.359
일최고기온	0.211	0.003	-268.016	0.141
일최저기온	-0.930	0.058	1148.275	-0.525

3.3 회귀분석 적용의 한계

본 연구의 회기분석결과에서 대부분의 t값과 R²값이 유의하지 않는 수준으로 나온 것은 근본적으로 사용된 표본의 수가 적음에 기인한다. 적용된 분석에 사용된 표본의 수는 46개와 16개로써 표본의 수 자체가 매우 적기 때문에 이상치가 조금만 있어도 결정계수 값은 작아진다. 특히 기후요소는 변동 폭이 크기 때문에 이런 이상치가 많이 생겨나는데, 이러한 불규칙성에서 규칙성을 찾기 위해서는 기본적으로 표본의 수가 충분해야 한다. 그러나 우리나라 기상청에서 제공하는 강수, 기온의 데이터는 46년간의 것으로 한정되어있다. 그중에서도 지구온난화가 가속화된 1990년 대 이후의 데이터는 16년 동안의 자료 뿐이다. 이는 설문조사와 같이 인위적으로 증가시킬 수 있는 성질의 표본이 아니기 때문에 이를 수정하기 위한 대안으로는 지난 과거의 데이터를 더욱 보충하는 방법과 국내 서울 외의 여러 지역의 데이터를 복합하는 방법 등이 있을 것으로 사료된다.

1) 최소 30개의 표본수가 있어야 정규분포를 따르는 t검정을 실시하고, p값으로 귀무가설의 기각유무를 판단할 수 있으나 그렇지 못한 관계로 기울기(B값)만을 단순 비교하였다.

3.4 작업불능일 예측

도출된 작업불능일을 토대로 1961-2006년의 기간과 1991-2006년 동안의 기간을 구분하여 회귀분석한 결과는 대부분의 t 값과 R^2 값이 적정 범위를 벗어나므로 회귀분석 자체가 유의성이 떨어지는 것으로 해석되었다. 위의 6개의 회귀분석 가운데, 예외적으로 46년간의 동절기 일평균기온을 기준으로 한 것만이 일정수준의 유의성을 가진 것으로 나타났다. 따라서 지난 46년간 평균기온에 의한 작업불능일은 줄어들었으며 이는 고온, 강수에 비하여 상대적으로 동절기 기온상승에 의한 작업불능일의 감소에 기인한다고 할 수 있다. 두 기간의 동절기 작업불능일의 변화 추세를 반영하여 향후 20년, 40년 후를 비교하면 표 6과 같다.

표 6. 1961-2006년간과 1991-2006년간의 철근콘크리트 공사의 동절기 작업불능일의 회귀방정식 및 예측 비교

	1961-2006	1991-2006
회귀방정식	$y=1023.266 - 0.462x$	$y=1148.275 - 0.525x$
2006 작업불능일	92일	92일
2026 예상 작업불능일	88일	85일
2046 예상 작업불능일	79일	75일

1991-2006년의 회귀분석은 적은 표본의 수로 인하여 유의성은 떨어지나 회귀방정식을 비교하여 본 결과 1991-2006년의 회귀방정식의 기울기와 큰 차이를 보이지는 않는다. 미미하게 지구온난화가 가속화된 1991-2006년의 기간에 의한 회귀방정식의 기울기가 -0.525 로 감소 폭이 조금 증가한 것을 볼 수 있다. 이는 지구온난화로 인한 이상고온 현상의 증가에 의한 것으로 판단된다.

4. 결 론

철근콘크리트공사의 기후요소에 따른 작업불능일의 변화 양상을 단순회귀분석을 통하여 살펴 본 결과 동절기 작업 불능일의 감소를 확인할 수 있었다. 이는 지구온난화로 인한 겨울철 평균기온과 최저기온의 상승이 그 원인으로 판

단된다.

건설업에 있어서 작업불능일의 감소는 분명 긍정적인 측면이다. 동절기 작업가능일이 늘어남으로써 공기단축은 물론 작업의 효율성을 제고시킬 수 있으며 기후로 인한 건설업의 휴업 시기에 활력을 불어줄 수도 있다. 그러나 이는 우리나라의 기후가 아열대로 변해가고 있다는 최근 뉴스와 부합하는 것으로써 건설업 자체만으로는 긍정적 평가를 할 수 있겠으나, 전 지구적인 관점으로 산업 전반에 걸쳐 혹은 인간 생활의 측면에서 지구온난화는 그 병폐가 심각하므로 그 일부만을 토대로 단순히 평가해서는 안 될 것이다.

아울러 본 연구는 기후라는 복합체에서 일부 기후 요소만을 도출하여 분석한 것으로, 향후 다각적인 방면으로 검토하여 이를 보완하는 후속 연구의 기초자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

1. 강운산, 기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응방안, 한국건설산업연구원, 2004
2. 김백중, 서장우, 강경인, 건축공사 공종별 기후요소 영향도 분석, 한국건축시공학회 학술·기술논문발표회 논문집, v.6, n.1, 2006
3. 김신태, 김예상, 진상윤, 기후요소와 생산성간의 상관관계 분석에 관한 연구, 한국건설관리학회논문집, v.5, n.1, 2004
4. 김창덕 외, 기후요소에 의한 철골공사 작업불가능일 산정에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, v.7, n.4, 2006
5. 박현렬, 「지구온난화, 그 영향과 예방」, 초판, 우용출판사, 서울, p.88, 2003
6. 신종현, 이진아, 이찬식, 기후요소를 고려한 인천지역의 작업불가능일수 산정, 한국건설관리학회논문집, v.6, n.1, 2005
7. 이근효, 김경래, 신동우, 건설공사의 기후요소에 의한 작업불능일 산정기준에 관한 연구, 한국건설관리학회 논문집, v.7, n.1, 2006
8. 건설교통부, 건축공사표준시방서, 2006
9. 기상청날씨정보, <http://www.kma.go.kr>

Abstract

Recent changes of the climate, which caused by global warming, have much effect world-wide. Korea also has struggled with these kinds of weather problems, and construction industry couldn't get away with them, either. However, the research, regarding to these problems, has not been quite settled, yet. Therefore, this study is to find out how the global warming can affect construction periods. As a result, we could recognize that changes of climate, which caused by global warming, also affects non-working days, too. This study is expected to be used as the data to find out the relationship between weather changes and domestic construction industry in the future.

Keywords : Global Warming, Unexpected Weather, Construction Periods, Non-Working Days,