건설공사의 기후요소에 의한 작업불능일 산정기준에 관한 연구
- 예측성 향상을 위한 산정기간 비교분석 중심으로 -

Estimation of Non-Working Day Considering Weather Factors in Construction Projects
- Based on Estimation Periods for Improving the Forecast -

이 근 효* 김 경 래** 신 동 우***
Lee, Keun-Hyo Kim, Kyung-Rai Shin, Dong-Woo

요 약

대부분의 건설현장에서 기후에 대한 공기산정은 정확한 자료 없이 현장관리자의 경험과 직관에 의해 작업불능일수를 정함으로써 잦은 공기조정으로 인한 경제적 손실은 물론 공사주체들 간의 이해관계에서도 많은 문제점을 안고 있다. 더욱이 최근 대두되고 있는 기후변화는 기후예측을 보다 어렵게 만들고 있다. 따라서 본 연구는 공기에 영향을 미치는 기후요소 중 기온과 강우에 대하여 지역별 특징과 기후변화를 분석하고, 현행 산술평균방식을 산정기간별로 예측오차를 비교분석하여 최적의 산정방식을 제안하였다.

키워드: 작업불능일, 기후요소, 기후변화, 산술평균, 산정기간

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설공사는 야외작업이 많은 관계로 기후와의 관련성이 매우 커서 현장소재지의 연간기상을 무시할 수 없으므로, 해당지역의 기후에 대하여 충분히 고려하여 공기를 산정하여야 한다.

그러나 대부분의 건설현장에서는 기후에 대한 공기산정에 있어서 정확한 자료 없이 현장관리자의 경험과 직관에 의해 작업불능일수를 정함으로써 아직도 기후를 고려한 정확한 공기를 산정하지 못하고 있는 실정이다. 대한주택공사를 비롯한 일부 기관에서 공정계획 시 기후요소별 작업불능 기준을 설정하여 적용하고 있으나, 기후예측이 불가능하다는 현장관리자들의 고정 관념으로 인하여, 공사종류나 단위작업의 특성을 고려하지 못하고 있다. 이로 인하여 잦은 공기조정으로 인한 경제적 손실은 물론 공사주체들 간의 이해관계에서도 많은 문제점을 안고 있다.

일부 건설현장과 선행연구에서는 작업불능일 산정기준으로 과거 일정기간의 기상평균값을 사용하고 있지만, 과거 산정기간에 대한 기준이 정립되지 않아 현장마다 각기 다른 산정기간을 적용하고 있으며, 적용기간에 따라 산정한 작업불능일수가 서로 다른 실정이다. 게다가 최근 대두되고 있는 기후변화는 기후예측을 보다 어렵게 만들고 있다.

따라서 본 연구에서는 기후요소별 작업불능일 산정을 위한 산술평균값들 중 최근 몇 년 기간을 산술평균으로 한 예측값이 실제값과의 오차를 최소화시킬 수 있는지를 검토하여, 보다 예측성이 높은 산정기간을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 4개 지역(서울, 강릉, 부산, 제주)의 43년간(1961~2003년) 기상자료를 토대로 3개의 작업불가능 기상조건(저온, 고온, 강우)에 의한 작업불능일수 산정방식을 산정기간별로 비교분석하였다. 산정기간은 총 20개로 구분하여 비교분석하였으며, 이 중 가장 예측력이 높은 최적의 기간을 제시하였다.

본 연구의 수행절차 및 방법은 다음과 같다.

(1) 문헌고찰 및 사례조사를 수행하였다.

(2) 지역별 기후의 특징과 기후변화를 분석하였다.

(3) 작업불능일 예측방식으로써 산술평균방식을 산정기간별로 기후예측성에 대한 비교분석을 하였다.

(4) 비교분석결과를 토대로 가장 예측력이 높은 최적의 산정기간을 제안하였다.

* 학생회원, 아주대학교 건축학부 석사과정
** 일반회원, 아주대학교 건축학부 부교수, 공학박사
*** 일반회원, 아주대학교 건축학부 교수, 공학박사

2. 문헌고찰 및 사례조사

2.1 공정계획에서의 작업기간 산정

공정계획은 크게 플래닝(Planning) 단계와 스케줄링(Scheduling) 단계로 나눌 수 있다. 먼저 플래닝 단계에서는 건설공사의 각 작업을 분할하고, 그 작업들 간의 논리적 관계, 작업순서 등을 결정한다. 그런 다음 스케줄링 단계에서는 각 작업들의 소요기간을 산정하여 최종적으로 공정표를 작성한다.

여기서 산정하는 작업기간은 작업가능기간과 작업불가능기간으로 구성되고 작업가능기간과 작업불가능기간을 합한 것을 실작업기간(공사기간)이라고 한다. 작업불가능기간에 영향을 미치는 요인으로는 통제 가능한 요인과 통제 불가능한 요인이 있으며, 통제 불가능한 요인으로는 공휴일과 기상요인을 들 수 있다 (그림 1 참조).

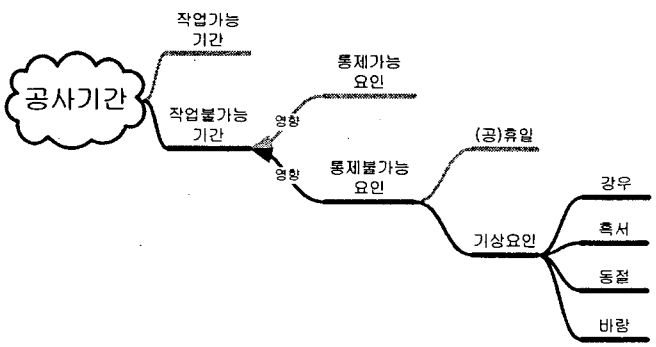

그림 1. 공사기간 구성요소

2.2 건설공사에 미치는 기후의 영향

작업불가능 기상요인으로는 온도, 강우, 강설, 바람 등이 있으며, 이 중 온도와 강우는 공기에 매우 큰 영향을 주고 있다.

온도요인은 저온과 고온으로 나누어 생각해 볼 수 있는데, 저온은 작업을 불가능하게 하는 기간이 길고, 지역 및 착수시기에 따라 차이가 커서 건설공사의 품질과 사업성에 큰 영향을 미치고 있다. 고온의 경우에는 콘크리트 품질에 문제가 발생될 수 있고 온도가 높이 올라가는 오후에는 골조공사와 일부 마감공사 작업의 생산성이 떨어지거나 작업이 불가능해진다.

강우요인은 토공사, 기초공사, 옥상방수공사 등의 작업에 큰 영향을 주며, 출근하기 전에 비가 오면 대부분 작업자들의 출력율이 낮아져 작업을 진행할 수 없는 경우가 생긴다.

강설요인은 온도가 영하일 경우에 나타나게 되어 그 기간이 온도의 영향을 받는 동절기 물공사 중단기간에 해당되므로 고려하지 않아도 되나, 옥외공사일 경우에는 적설량이 많으면 영향을 받게 된다.

바람요인은 양중작업 등에 영향을 미치며, 풍속이 일정한도 이상일 경우 고층작업의 안전을 고려할 때 정상적인 작업이 불가능하다.

2.3 작업불능일 산정기준 사례

대부분의 건설현장에서는 미래의 불확실한 기후에 대해 예측이 불가능하다는 고정된 사고로 인하여 공정표 작성 시 기온만을 고려하여 동절기인 12월~2월을 기후달력에 적용하고 그밖에 다른 기후요소는 과거의 경험과 직관에 의해 일률적으로 작업불능일을 단위작업에 여유일로 배분하여 적용하고 있다. 따라서 기후에 대한 사전고려는 불가능하며, 공사 중의 잦은 공기조정과 작업변경 등이 불가피한 현실이다.

하지만 일부 건설현장에서는 해당지역의 과거 기상자료를 근거로 하여 작업불능일수를 공정표에 반영하고 있으며, 표 1은 그러한 현장사례를 보여준다.[1)]

표 1. 현장사례별 작업불능일 산정기준

구 분	작업불가능 기상조건		작업불능일 예측방식
현장A	저온	일평균온도 -10℃이하	과거 10년 산술평균
	고온	일강우량 10mm이상	
	강우	-	
	풍속	주간최대풍속 10m/s이상	
	강설	-	
현장B	저온	일평균온도 0℃이하	과거 5년 산술평균
	고온	-	
	강우	시간당 강우량 10mm이상	
	풍속	-	
	강설	-	
현장C	저온	일평균온도 0℃미만 일최고온도 0℃미만 일평균온도 -5℃미만 일평균온도 -10℃미만	과거 30년 산술평균 (단, 고온의 경우 7.28~8.2 적용)
	고온	일최고온도 32℃이상	
	강우	일강우량 10mm이상	
	풍속	일최대풍속 10m/s이상	
	강설	-	

표 1에서 볼 수 있듯이 작업불가능 기상조건은 공사종류나 단위작업 등의 특성에 따라 서로 다르게 적용될 수 있다. 하지만 작업불능일 예측방식의 경우 작업불가능 기상조건과는 달리 지역별 기후의 특성과 기후변화 등을 고려한 예측성이 중요하기 때문에, 산정기간별 예측오차를 비교분석할 필요가 있다.[2)]

2.4 산정기간과 예측오차

동일한 작업불가능 기상조건일지라도 작업불가능일 예측(과거 일정기간 산술평균방식)을 위한 산정기간이 다르면 산정일수가 다르게 나올 수 있다.

다음 표 2는 실제 강우일수(일강우량 10mm이상)를 대한주택공사 표준공사 설정기준의 강우일수, 최근 5년 평균에 의한 강우일수, 최근 10년 평균에 의한 강

1) 관련 선행연구에서도 현장사례에서와 유사한 작업불가능일 산정기준을 적용하고 있다.

2) 착공 전에 산정한 작업불능일수(예상값)와 실제 해당 현장에서 발생한 작업불능일수(실제값) 간의 차이를 '예측오차'라고 하며, 예측오차가 작을수록 예측성이 높아진다.

우일수와 비교한 결과이다.

표 2. 강우일에 대한 각 기준별 예측오차

지역	연도	실제 강우일	대한주택공사 강우일	(오차)	최근 5년 평균 강우일	(오차)	최근 10년평균 강우일	(오차)
서울	2001	25	28	(-3)	35	(-10)	33	(-8)
	2002	30	28	(2)	35	(-5)	32	(-2)
	2003	44	28	(16)	34	(10)	32	(12)
제주	2001	43	43	(0)	35	(8)	37	(6)
	2002	46	43	(3)	38	(8)	36	(10)
	2003	45	43	(2)	42	(3)	37	(8)
강릉	2001	34	36	(-2)	38	(-4)	37	(-3)
	2002	37	36	(1)	38	(-1)	37	(0)
	2003	50	36	(14)	37	(13)	36	(14)
부산	2001	34	33	(1)	39	(-5)	37	(-3)
	2002	43	33	(10)	39	(4)	36	(7)
	2003	51	33	(18)	41	(10)	37	(14)

표 2에서 볼 수 있듯이 일강우량 10mm이상이라는 강우일 기준을 똑같이 적용했음에도 불구하고 산정기간에 따라 예측값들이 서로 다르며, 실제값과의 차이 또한 다르다. 연도별로는 2003년 실제 강우일수가 급증한 것을 볼 수 있으며, 2003년 기준으로 대한주택공사 기준값이 다른 평균값들보다 예측성이 떨어지고 있음을 볼 수 있다.

그러나 관련 선행연구 대부분이 작업불가능 기상조건은 다루면서, 산정기간에 대해서는 예측성 검토 없이 임의의 기준을 적용하고 있다. 더구나 최근 잇따른 기상이변과 함께 건설현장에서의 기후에 대한 중요성은 보다 부각되었으며, 공정표 작성 시 기후요소 반영을 저해하는 주요인 중 하나로써 기후예측에 대한 불확실성을 들고 있는 현실을 고려해 볼 때 작업불능일 예측방식에 대한 예측성 검토가 필요하다.

3. 한국의 기후와 작업불능일 예측

3.1 지역별 기후의 특징

우리나라는 기후의 지역차가 크게 나타나고 있는데 이는 해류와 지형의 영향 때문이다. 해류의 영향으로 겨울철에는 동해안이 서해안보다 따뜻하며, 산지의 배열과 형태에 따라 강수의 지역차가 크게 나타나고 있다.

이러한 기후의 지역적 특성 때문에 미공병단(COE) 계약서는 우리나라 지역을 16개 지역, 대한주택공사는 6개 지역[3], 토지개발공사는 5개 지역으로 나누어 작업불능일을 설정하고 있다.

3.2 기후변화

강수량이나 기온 등의 기후요소는 여러 시간 범위와 공간 범위 내에서 천천히 증감을 하기도 하고 갑자기 불연속적으로 변화하기도 하며 또는 변동의 파를 그리면서 변화한다. 이러한 변화를 총칭하여 기후변화라 한다.

우리나라 기온변화의 경우 1960년대 이후의 도시화와 산업화로 인한 고온화 경향이 뚜렷하게 나타나며, 강수량의 장기변화는 기온에 비해 그 변동폭이 큰 것이 특징이지만 그 증감 경향은 기온만큼 뚜렷하지 못하다.

실제 작업불능일수의 경우 그림 2와 그림 3에서 볼 수 있듯이 서울지역의 기온에 의한 작업불능일수가 강우에 의한 작업불능일수에 비하여 뚜렷한 감소추세와 큰 변동을 보이고 있다.

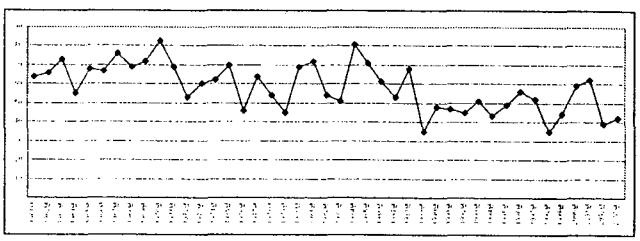

그림 2. 서울지역 연간 일평균기온 0℃이하인 일수(동절기)

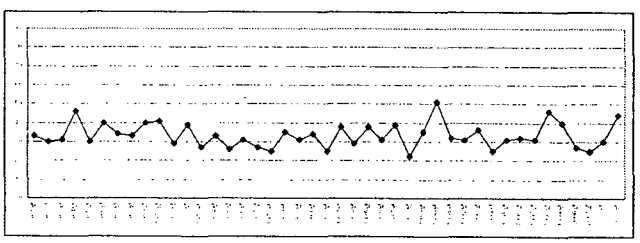

그림 3. 서울지역 연간 일강우량 10mm이상인 일수(강우기)

4. 작업불능일 산정방식 비교분석

4.1 비교분석방법

(1) 작업불가능 기상조건 및 조사대상지역

대한주택공사 연구보고서(1998)에 근거하여 다음 4가지 기상조건을 작업불가능 조건으로 설정하였다.

-골조공사 동절기: 일평균온도 4℃이하
-마감공사 동절기: 일평균온도 0℃이하
-혹서기: 일최고온도 32℃이상
-강우기: 일강우량 10mm이상

조사대상지역은 대한주택공사 표준공기 설정기준에서 구분한 지역을 참조하여 4개 지역(서울, 제주, 강릉, 부산)을 대상으로 하였다.

(2) 산정기간별 비교분석

현재 기상청 날씨정보 홈페이지에는 국내 76개 지역의 기상자료가 있으며, 일부 지역을 제외한 대부분의 지역이 1961년부터의 기상자료를 가지고 있다. 따라서 과거 43년간(1961~2003년)의 기상자료에 근거하여 최근 20년간(1984~2003년)을 대상으로 산정기간별 예측성을 비교분석하였다. 예측성 척도는 실제값과 예측값 차이의 절대값(예측오차)으로 하였다.

3) 동절기 기준으로 한 지역구분이며, 혹서기와 강우기의 경우 지역구분을 별도로 하고 있다.

4.2 비교분석결과

그림 4와 그림 5에서 가로축은 산정기간을, 세로축은 연평균 예측오차를 의미하며, 예측오차가 작은 산정기간이 예측성을 향상시킬 수 있는 산정기간이다.

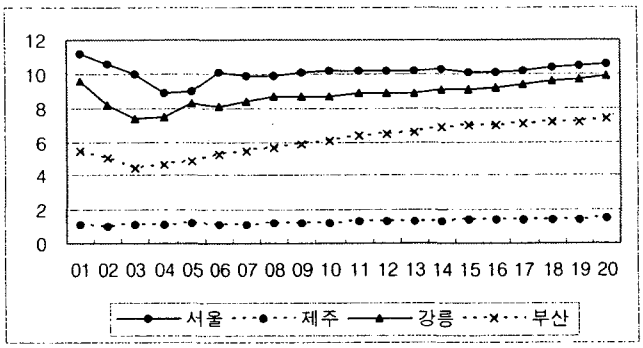

그림 4. 마감공사 동절기에 대한 산정기간별 예측오차

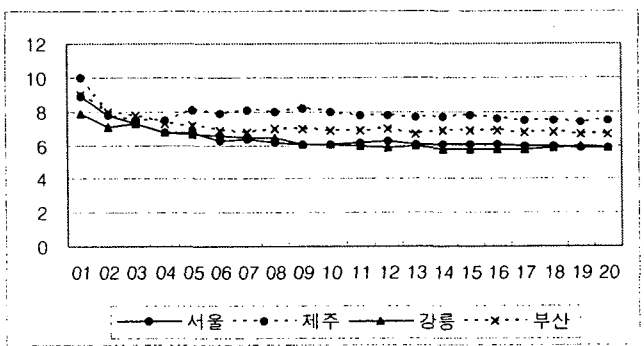

그림 5. 강우기에 대한 산정기간별 예측오차

기온에 의한 작업불능일의 경우 지역별로 조금씩 차이가 있기는 하지만, 일반적으로 동절기는 최근 3~5년 기상평균값이, 혹서기는 최근 12년 이상의 기상평균값이 예측성이 높은 것으로 나타났으며, 연평균 예측오차는 1~10일로 나타났다.(그림 4 참조)

강우에 의한 작업불가능일의 경우 최근 17년 이상의 기상평균값이 예측성이 높은 것으로 나타났으며, 연평균 예측오차는 6~7일로 나타났다.(그림 5 참조)

5. 결론

본 연구에서는 기후에 의한 작업불능일 산정기준의 산정기간별 예측오차 비교분석을 통하여, 보다 예측성이 높은 산정기간을 제시하였다. 분석결과 동절기의 경우 최근 3~5년 평균값을 적용하고, 혹서기 또는 강우기의 경우 최근 20년 평균값을 적용하여 작업불능일수를 산정한 예측값이 실제값과의 오차를 최소화시킬 수 있을 것으로 사료된다.

이러한 예측성 검토는 기후조건을 고려한 공정계획이나 최적의 착공시기 결정 시 보다 정확한 정보를 제공해 줄 수 있으며, 악천후에 의한 공기지연 관련 클레임이 제기되었을 경우 악천후 기준으로써 보다 합리적인 기준을 제시할 수 있다.

참고문헌

1. 강운산, "기후변화가 건설업에 미치는 영향과 대응방안", 한국건설산업연구원, 2004
2. 구해식 외, "건설공사의 기후요소에 대한 공기산정 방안 연구", 대한건축학회 논문집 15권 11호, pp.87-96, 1999
3. 김연옥, "기후변화", 민음사, 1998
4. 민경덕 외, "대기과학개론", 시그마프레스(주), 2003
5. 양극영, "기상조건이 건축 공정계획에 미치는 영향에 관한 연구", 동국대학교 박사학위논문, 1978
6. 양극영, "기상조건에 의한 건축공사 네트워크 계획에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 2권 5호, pp.107-117, 1986
7. 이종수 외, "기상이변이 건설공기에 미치는 영향과 합리적 해결방안", 한국건설산업연구원, 2003
8. 이찬식 외, "건설공사의 적정 표준공사기간 산정방법에 관한 연구", 대한주택공사, 1998
9. 정석남 외, "가상기후 시뮬레이션에 의한 공기산정 의사결정 지원모델에 관한 연구", 동아대학교 석사학위논문, 2002
10. 정석남 외, "기후요소를 고려한 최적 착공시기 결정방법 연구", 대한건축학회 논문집 19권 5호, pp.113-120, 2003
11. 진영섭 외, "아파트 공사기간 산정에 영향을 주는 작업불가능기준에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 18권 1호, pp.123-130, 1998
12. 기후변화정보센터: www.climate.go.kr
13. 기상청날씨정보: www.kma.go.kr

Abstract

Working-day calculation with weather factors of construction-site has estimated without proper data. They usually estimate it with their own experience and intuition. It causes not only economic loss to time-adjustment but also conflict with each participants. Moreover, weather estimation becomes worse than before, due to tendency of recently weather change. So, in this paper we present optimal estimation method as assessment by period of the arithmetical mean methods. For that, we analyse characteristic of the regions and weather change of temperature and rainfall which affects time.

Keywords : Non-Working Day, Weather Factor, Climatic Change, Arithmetical Average, Estimation Period