

철도 교량공사의 적정공사기간 산정을 위한 비작업일 산정에 관한 연구

채수민* · 이상혁** · 박형근***

Chae, Su Min*, Lee, Sang Hyuck**, Park, Hyung Keun***

A Study on Considering Non-Working Days for Determination Normal Project Duration in the Railway Bridgework Construction

ABSTRACT

Recently, despite a decrease in the number of working days and an increase in the number of non-working days due to an increase in the abnormal climate and the revision of the Labor Standards Act, a standard construction period reflecting this has not been established. For this reason, even if the appropriate construction period is calculated at the site, there is a situation where delays occur due to unexpected circumstances. Therefore, this study proposes a method of calculating the number of non-working days for railway bridgework construction that reflects changes in construction conditions and climate change and reflects this to railway bridgework construction, and the number of working days was calculated. As a result, the number of non-working days by region and month in Korea was derived, and through this, the necessity of regulations and standards for appropriate construction periods reflecting regional characteristics and characteristics of each construction type was presented.

Key words : Abnormal climate, Appropriate construction duration, Railroad bridgework, Non-working day

초 록

최근 건설공사에서 근로기준법의 개정, 이상 기후의 증가로 인한 작업가능일수의 감소와 비작업일수의 증가에도 불구하고 이를 반영한 표준 건설공사기간이 마련되어 있지 않다. 이로 인해 현장에서 적정공사기간을 산정하더라도 예기치 못한 상황에 의해 공기지연이 발생하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기존의 방식에 건설 제반여건의 변화와 기후변화를 반영한 철도 교량공사의 비작업일수 산정방법을 제시하고, 이 산정방법을 철도 교량공사에 반영하여 전국의 지역별·월별 비작업일수를 산정하였다. 그 결과, 국내의 지역별·월별 비작업일수를 도출하였고, 이를 통해 지역적 특성과 공종별 특성을 반영한 정확한 공사기간의 규정 및 기준의 필요성을 제시했다.

검색어 : 기후변화, 적정공사기간, 철도 교량공사, 비작업일

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 건설 산업의 근로기준법 개정을 통해 건설근로자당 작업가능일수가 감소하였고, 폭염 및 장마 등 이상 기후가 증가하여 건설공사의 비작업일도 증가하고 있는 실정이다. 이에 정부에서는 위의 문제를 반영한 '공공 건설공사의 공사기간 산정기준'을 수립하여 운영하고 있으나, 공종별로 상이한 공사기간을 산정하는 건설업의 특성은 충분히 반영되어 있지 않다. 이에 대부분 건설현장은 타 기관의 공사기간

* 정희원·서부광역철도 주식회사 과장, 공학석사 (WESTERN Metro CO., Ltd · klsm0827@w-metro.co.kr)

** 충북대학교 토목공학과 석사과정 (Chungbuk National University · tkdgur7200@naver.com)

*** 종신회원·교신저자·충북대학교 토목공학과 교수, 공학박사 (Corresponding Author · Chungbuk National University · parkhk@chungbuk.ac.kr)

Received February 16, 2021/ revised March 10, 2021/ accepted March 31, 2021

산정기준 자료나 현장관리자의 경험 및 직관을 통해 공사기간을 산정하고 있지만, 이러한 방식으로 산정한 공사기간은 예기치 못한 상황 등에 의해 공기지연이 발생하며, 추가적으로 사업비 증가, 노무비 증가 등 여러 부정적인 효과가 나타나고 있다.

위와 같은 문제로 인해 적정공사기간 산정의 중요성이 대두됨에 따라, 공사기간에 큰 영향을 미치는 비작업일 요인 중 예측과 통제는 불가능하지만 정량화가 가능한 기후요인과 예측 가능한 공휴일 및 근로일수를 분석하여 적정공사기간을 산정하여야 한다. 이에 본 연구에서는 기후변화와 근로일수를 반영한 철도 교량공사의 국내 지역별·월별 비작업일수를 제시함으로써, 철도 교량공사의 공사기간 산정 시 지역적 특성과 공종별 특성을 반영한 정확한 규정 및 기준의 필요성을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구의 범위는 철도 교량공사로 범위를 한정하며, 비작업일 산정의 영향 변수는 기온, 강우, 강설, 풍속, 미세먼지와 법정공휴일 및 주 52시간 근무제로 선정하였다. 또한, 지난 10년간 전국 8개 지역의 기후자료와 5년간 전국 16개의 시도별 미세먼지 주의보/경보발령 자료를 수집하여 분석하였다.

본 연구의 방법은 다음과 같다.

- (1) 비작업일 산정에 관한 선행연구 고찰 및 타 기관의 비작업일 산정기준을 조사·분석하였다.
- (2) 분석한 자료 중 철도 노반공사 중 토목공사와 교량공사에 적합한 산정기준을 종합화하여 기상조건 및 미세먼지를 반영한 토공사 및 교량공사를 중심으로 한 비작업일 산정기준을 제시하였다.
- (3) 기상청에서 제공하는 10년치 지역별 기후통계 자료와 에어코리아에서 제공하는 5년치 지역별 미세먼지 주의보/경보발령 자료를 수집·분석하였다.
- (4) 앞서 산정한 비작업일 산정기준을 지역별 기후 및 미세먼지 자료에 적용하여 철도 교량공사의 지역별·월별 비작업일수를 산정하였다.
- (5) 산정된 지역별·월별 비작업일수를 실제 현장에서 발생한 비작업일수와의 차이를 비교·분석하였다.

2. 선행연구조사

2.1 비작업일 관련 선행연구 조사

Jeong and Lee(2000)은 10년간의 기후요인 자료를 분석하는 시뮬레이션을 통해 기상기후달력을 생성시켜 기후변화에 대한 공기변화를 사전에 고려할 수 있는 의사결정 지원모델을 제시하였다.

Lee(2005)은 기후에 의한 작업불능일 예측방법의 산정기간별 예측 오차의 비교·분석을 통해 예측값과 실제값과의 예측 오차를 최소화 하였고, 예측성 검토를 통해 지역별·기상조건별의 연간 작업불능일 수를 제시하였다. Kwon(2007)은 해상공사를 중심으로 작업불가능요인 중 통제불가능 요인인 강우량, 안개, 뇌진, 강설, 폭풍, 기온을 분석하여 인천, 여수지역의 작업불가능일수를 산정하였다. Park(2010)은 작업불능일 수를 전국 1개의 특별시와 6개의 광역시 및 청주지역을 대상으로 과거 1, 5, 10, 30년간의 기후자료를 분석하여 작업불능일을 산정하고, 현장사례와 비교·분석하여 작업불능일 산정을 위한 통계년수를 제시하였다. Ko(2015)은 기후변화를 BCP 분석을 통하여 기온 및 강우량의 변화 시점을 확인하고 작업불능일 산정기준을 제시한 뒤 인천, 강릉, 광주, 부산지역의 작업불능일을 산정하였다. Bang et al.(2015)은 공동주택 건설공사에서 골조공사의 적정공기 산정을 위해 전문가들 대상으로 설문조사를 하여 비작업일 산정기준을 제시하였고, 산정된 기준을 토대로 지역별·월별 비작업일수를 제시하였다. Yoon(2020)은 공종별 기후변화를 반영한 비작업일 산정방법 및 시스템을 개발하였고, 이를 통해 실작업일은 생산성 기반의 사이클 타임으로 작동되도록 하고 비작업일은 외부환경 변화에 작동하여 각각의 자료를 독립된 구조에 관리될 수 있도록 ADSM (Activity Duration Segmentation Method) 공정계획 방법론을 개발하였다.

이처럼 건축공사의 골조공사와 기후요인을 고려한 비작업일에 관한 연구는 활발히 진행되고 있지만, 건축공사를 제외한 일부 공종에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 철도 교량공사의 비작업일에 대한 연구를 수행하고자 한다.

3. 지역별·월별 비작업일수 분석

외부공사의 비작업일은 대부분 기후요인 및 외부환경요인에 의해 발생한다. 기후요인은 대표적으로 기온, 강우, 강설, 바람, 미세먼지 총 5개의 영향 변수로 구분할 수 있고, 외부환경요인은 공휴일 및 근로 패턴 등으로 구분할 수 있다. 공휴일 및 근로 패턴은 사전에 예측 가능하여 비작업일수를 쉽게 도출할 수 있지만, 기후요인은 사전에 예측할 수 없기 때문에 기후요인에 의한 비작업일은 산정기준을 통해 비작업일수를 도출하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 선행연구 및 타 기관의 산정기준을 종합화하여 기후요인에 대한 비작업일 산정기준을 제시 후 외부환경요인을 반영한 지역별·월별 비작업일을 산출하였다.

3.1 타 기관의 비작업일 산정방법

한국토지주택공사의 비작업일 산정기준은 기온, 바람, 눈, 비, 공휴일을 고려하여 출력 현황과 순작업일을 기반으로 하여 비작업

일 산정기준을 제시하고 있으며(LH, 2014), 이외에도 한국 도로공사, 대한 토목학회, 미육군 건설공사 계약서(FED) 등 여러 기관에서 비작업일 산정기준을 아래 Table 1과 같이 명시하고 있다.

3.2 비작업일 산정기준에 관한 기준 및 법령

3.2.1 기상특보 발표기준

기상청에서는 기상특보에 관해 자체적으로 정의하여 운영하고 있으며, 그중 건설공사의 비작업일과 관련된 기상특보는 아래 Table 2와 같다.

3.2.2 산업안전보건기준에 관한 규칙

고용노동령 제273호인 ‘산업안전보건기준에 관한 규칙’의 제 383조(작업의 제한)항에 따르면 ① 풍속이 초당 10미터 이상인 경우, ② 강우량이 시간당 1밀리미터 이상인 경우, ③ 강설량이 시간당 1센티미터 이상인 경우에 철골작업을 중지해야 한다고 명시되어있다.

3.3 기후요인에 의한 비작업일 산정기준 제시

철도 교량공사는 외부에서 작업이 주로 이루어지기 때문에 기후에 영향을 많이 받는다. 그리고 공중 특성상 지면과 상당한 거리가 있는 높은 위치에서 주로 작업이 이루어져 주로 강풍에 의해 작업중단이 발생하게 된다. 또한, 선행연구조사 결과, 건설공사에서는 기온, 강우, 강설 및 강풍에 의해 비작업일이 발생한다고 정의 내리고 있다. 따라서 교량공사의 비작업일 산정기준 수립을 위해서 본 연구에서는 선행연구와 동일하게 기온, 강우, 강설, 강풍을 영향 변수로 선정하였고, 추가로 사회적으로 중요성이 강조된 미세먼지에 의한 비작업일까지 포함하여 총 5가지를 영향 변수로 설정하였다. 특히, 교량공사의 특성을 반영하여 강풍에 대해서는 다른 영향 변수보다 좀 더 엄격하게 기준을 산정하였다(Lee, 2021).

3.3.1 기온

기상청의 기상특보를 따르면 폭염주의보 발령 시점으로 혹서기가 시작된다고 명시되어있고, 혹한기 또한 한파주의보 발령 시

Table 1. The Standards of Non-working Days by Climate Factor

Outline	Temperature	Rainfall	Wind speed	Snowfall
Specifications for LH	<ul style="list-style-type: none"> the maximum temperature : more than 33 °C the minimum temperature : less than -12 °C 	<ul style="list-style-type: none"> more than 10 mm per day 	<ul style="list-style-type: none"> more than 10.8 m/s 	<ul style="list-style-type: none"> more than 1 cm per day
Specifications for EX	<ul style="list-style-type: none"> the maximum temperature : more than 35 °C the minimum temperature : less than 4 °C 	-	-	-
Korean society of civil engineers	<ul style="list-style-type: none"> the maximum temperature : more than 25 °C the minimum temperature : less than 4 °C 	-	-	-
Rules on industrial safety standards	-	<ul style="list-style-type: none"> more than 1 mm per hour 	<ul style="list-style-type: none"> more than 10 m/s 	<ul style="list-style-type: none"> more than 1 cm per hour
Far East Districts	<ul style="list-style-type: none"> the minimum temperature : less than 0 °C 	<ul style="list-style-type: none"> more than 5 mm per day 	-	-

Table 2. Weather Alert

Outline	Standard
Heatwave Advisory	When the maximum daily temperature is 33 °C or higher from June to September is expected to last for more than 2 days
Cold wave Advisory	When the minimum temperature in the morning is expected to be below -12 °C for more than 2 days
Heavy snow Advisory	New snowfall is expected over 5 cm for 24 hours
Strong wind Advisory	When wind speed over 14 m/s or instantaneous wind speed over 20 m/s is expected on land
Heavy rain Advisory	When 3-hour rainfall is expected to exceed 60 mm or 12-hour rainfall is expected to exceed 110 mm
Fine dust Advisory	Considering the weather conditions, when the time average concentration of PM 2.5 at the automatic atmospheric measurement station in the region lasts more than 75 for 2 hours

시작된다고 명시되어있다. 또한, 외부작업이 주로 진행되는 교량공사는 기온에 영향을 많이 받게 되는데, 실제 공사현장에서도 폭염주의보와 한파주의보가 발령되는 시점에 작업이 중단되는 경우가 발생하게 된다. 따라서 기온에 의한 비작업일 산정기준은 기상청 기상특보의 기준을 따라 폭염주의보에서 명시된 일 최고기온 33℃ 이상일 경우와 한파주의보에서 명시된 일 최저기온이 -12℃ 이하일 경우를 기온에 의한 비작업일 발생 기준으로 선정하는 것이 적합하다고 판단된다.

3.3.2 강우 및 강설

교량공사의 케이스는 기초공사, 교각공사 등 기초공사는 비와 눈에 의해 작업 도중 미끄러지거나 콘크리트 타설의 어려움 등 악영향을 많이 받게 된다. 그리고 작업이 시작된 이후에 비가 내리게 되면 작업이 중단되는 경우도 빈번히 발생하게 된다. 이에 강우에 의한 선행연구의 비작업일 산정기준을 비교한 결과, 대부분의 연구에서 강우 및 강설에 대한 비작업일 기준은 일강우량 10 mm, 일 적설량 10 mm 이상일 경우 작업이 중단된다고 분석하였다. 또한, 타 기관의 시방서에 따르면, 일 강우량이 10 mm, 일 적설량 10 mm 이상일 경우를 비작업일 발생 기준으로 선정한 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서도 일 강우량 10 mm 이상, 일 적설량 10 mm 이상일 경우를 비작업일 발생 기준으로 선정하는 것이 적합하다고 판단된다.

3.3.3 풍속

주로 높은 위치에서 타워크레인 사용 및 콘크리트 타설 작업을 수행하는 교량공사에서 바람은 중요한 영향 요인이다. 따라서 선행연구, 타 기관의 기준 및 보퍼트 풍력계급 등을 비교·분석을 진행하였다. 보퍼트 풍력계급에선 6계급의 풍속 10.8~13.9 m/s에서 큰 나뭇가지가 흔들리고 우산을 사용하기 어렵다고 정의하고 있으며, 기상청의 강풍주의보에선 풍속이 14 m/s 이상 또는 순간 풍속이 20 m/s 이상이 예상될 때로 명시되어있다. 또한, ‘산업안전보건기준에 관한 규칙’에 따르면 풍속이 10 m/s 이상인 경우 철골작업을 중지해야 하며, 순간 풍속이 초당 10 m/s를 초과하는 경우는 타워크레인의 설치·수리·점검 또는 해체 작업을 중지해야 한다고 명시되어있다. 따라서 타워크레인 및 철골작업 등 교량공사와 연관

성이 깊은 ‘산업안전보건기준에 관한 규칙’에서 정의한 풍속이 10 m/s 이상일 경우를 비작업일 발생 기준으로 선정하는 것이 적합하다고 판단된다.

3.3.4 미세먼지

국민건강과 환경오염에 관한 중요성이 높아짐에 따라 일정 수준 이상으로 증가한 고농도 미세먼지를 줄이기 위해 최근 환경부에서는 고농도 미세먼지 비상저감조치 시행지침을 운용하고 있다(MOE, 2019). 이에 따르면 미세먼지 비상저감조치 주의보/경보발령 시 관급공사장 이상부터 건설공사장에서 노후 건설기계 운영 자제, 터파기, 기초공사 등 비산먼지 다량 발생공정을 자제 및 중지해야 한다고 명시되어있다. 따라서 본 연구에서는 미세먼지 비상저감조치가 발령된 경우를 비작업일로 선정하였다.

3.4 외부요인에 의한 비작업일 산출방법

3.4.1 법정 공휴일

관공사의 공휴일에 관한 규정에 따른 국내 법정 공휴일은 일요일(52일), 명절(6일), 국경일(4일), 어린이날, 석가탄신일, 현충일, 성탄절, 신정, 근로자의 날 등으로 명시되어있으며, 건설공사에서도 공휴일은 휴무일로 지정하여 운영하고 있다. 그러나 석가탄신일이 일요일에 배치되어 휴무일이 같은 날로 되는 등 매년 법정 공휴일 수는 달라지기 때문에 행정 안전부에서 제공하는 자료를 활용하여 정확한 월간 법정 공휴일 수를 파악하여야 한다. 따라서 충분히 예측 가능한 월간 법정 공휴일을 교량공사의 비작업일수로 산정하는 것이 적합하다고 판단된다.

3.4.2 근로 패턴

2018년에 근로기준법의 개정으로 인해 근로시간이 평일 40시간, 연장근로 12시간인 주 52시간으로 변경되었다. 따라서 본 연구에서도 근로시간의 변경으로 인해 발생하는 비작업일을 고려해 주었다. 근로기준법 제 50조 2항에 따르면 1일의 근로시간은 휴식시간을 제외하고 8시간을 초과할 수 없다고 명시되어있다(MOEL, 2019). 이에 건설현장에선 주 5~7일로 유동성 있게 근로시간을 지정하고 있다. 즉, 주 5일 근무일지라도 기후요인에 의해 평일에 작업이 불가능한 경우에는 토요일, 일요일 등 휴무일에도 근무할

Table 3. Method of Calculating the Minimum Non-Working days for Working Pattern

Days	Monthly working hours Calculation	Monthly working hours	Monthly non-working day Calculation	Monthly non-working day
28day	$(40 \text{ h} * 28 \text{ d}) / 7 \text{ d}$	160 hours	$(28 \text{ d} * 8 \text{ h} - 160 \text{ h}) / 8 \text{ h}$	8 day
30day	$(40 \text{ h} * 30 \text{ d}) / 7 \text{ d}$	171.4 hours	$(30 \text{ d} * 8 \text{ h} - 171.4 \text{ h}) / 8 \text{ h}$	9 day
31day	$(40 \text{ h} * 31 \text{ d}) / 7 \text{ d}$	177.1 hours	$(31 \text{ d} * 8 \text{ h} - 177.1 \text{ h}) / 8 \text{ h}$	9 day

수도 있고 혹은 월초에 태풍 및 장마 등 기후 상황에 의해 주 3일 근무를 하게 되어 남은 3주 동안 주 7일 근무를 할 수도 있다는 것을 의미한다. 따라서 근로 패턴에 의한 비작업일을 산정하는 것은 매주 발생하는 비작업일을 파악하는 것이 아니라 매달 총 비작업일수가 얼마나 발생하는지를 분석하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 Table 3과 같이 근로 패턴에 의한 비작업일수를 산정하였다. 그 결과 2월에는 월별 비작업일이 8일, 2월을 제외한 나머지 달에선 월별 비작업일이 9일로 산정되었다. 그리고 만약 기후요인에 의한 비작업일이 2월에 5일이 발생해도, 2월에는 근로 패턴에 의해 최소 8일은 비작업일로 고려해야 한다. 즉, 근로 패턴에 의한 비작업일은 월별 최소 비작업일이 된다.

3.5 철도 교량공사의 비작업일 산정기준

위와 같이 기후요인, 법정 공휴일, 근로 패턴을 고려하기 위해 선행연구 및 타 기관의 산정기준을 종합화하여 철도 교량공사의 비작업일 산정기준을 Table 4와 같이 선정하였고 산정 근거는 다음과 같다. ① 기온은 기상특보의 폭염주의보와 한파주의보를 따라 일 최고온도 33 °C 이상, 일 최저온도 -12 °C 이하일 경우를 비작업일로 선정하였다. ② 강우와 강설은 한국토지주택공사의 기준과 동일하게 일 강수량 10 mm 이상, 일 적설량 10 mm 이상일 경우 비작업일로 선정하였다. ③ 강풍의 산정기준은 ‘산업안전보건 기준에 관한 규칙’을 따라 최대풍속이 10 m/s일 경우로 비작업일로 선정하였다. ④ 미세먼지는 농도 미세먼지 비상저감조치 시행지침을 따라 미세먼지 비상저감조치가 발령될 경우를 비작업일로 선정하였다. ⑤ 법정 공휴일은 국가에서 정한 공휴일 및 일요일을 비작업일로 선정하였다. ⑥ 근로 패턴의 경우 주 52시간 근무제를 적용할 경우 매달 발생하는 휴무일을 비작업일수로 선정하였다. 2월에는 8일, 나머지 달에는 9일로 산정되었고, 동시에 월별 최소 비작업일로 적용하였다.

3.6 지역별·월별 비작업일수 산정방법

앞서 Table 4에서 제시한 비작업일 산정기준을 다음과 같은 방법을 통해 지역별·월별 비작업일수를 도출하였다. ① 기상처에서

제공하는 전국 88개 지역의 10년간의 기상자료를 수집하였다. ② 제시한 비작업일 산정기준을 적용하여 지역별 10년간 평균 월별 비작업일수를 도출하였다. ③ 이때, 같은 날 두 가지 이상의 기후요인에 의해 비작업일이 발생할 경우 이를 중복일로 인식하여 총 1일로 산출하였다. 또한, 기후요인과 공휴일이 같은 날 발생하여 생기는 중복일수는 국토교통부의 ‘공공 건설공사의 공사기간 산정 기준’의 제 7조 1항에 따라 해당 월에 기후요인으로 인해 계획된 공종의 작업이 불가능한 일수(A)에 해당 월에 포함된 법정 공휴일수(B)를 합한 뒤 월별 중복일수(A x B ÷ 달력 일수)를 나누어 소수 첫째 자리에서 반올림하는 방법으로 중복일수를 제거한 비작업일을 도출하였다(MOLIT, 2019). ④ 미세먼지 비상저감조치 주의보/경보발령 자료는 기후요인과 달리 16개 시도별 지역의 5년 동안 발생한 기록이 존재한다. 이는 기상자료와 1:1 대응되지 않는 문제점으로 인해 앞서 구한 기상자료 88개 지역을 16개의 시도별 평균 월별 비작업일수로 산출한 뒤 미세먼지 주의보/경보 발령일을 추가 하였다. 이때, 미세먼지 주의보/경보 발령일과 기후요인에 의한 비작업일이 중복 될 수 있으므로 기상자료의 시도별·월별 비작업일수(a)에 초미세먼지 자료의 시도별·월별 비작업일수(b)를 합한 뒤 기상자료와 미세먼지 주의보/경보발령의 중복일수(a x b ÷ 달력 일수)를 나누어 소수 첫째 자리에서 반올림하는 방법으로 중복일수를 제거한 비작업일을 도출하였다. ⑤ 기상자료와 미세먼지, 공휴일에 의한 16개 시도별·월별 비작업일수를 근로 패턴에 의한 월별 최소 비작업일과 비교하여 시도별·월별 비작업일수가 근로 패턴에 의한 비작업일보다 큰 경우에는 그대로 적용하고, 작을 경우 근로 패턴에 의한 비작업일수를 적용하였다.

3.7 지역별·월별 비작업일수 산정

위와 같은 방법으로 산정한 지역별·월별 비작업일수는 Table 5와 같다. 확인 결과, 지역 특성마다 비작업일수는 다르게 나타났다. 가장 비작업일이 많이 나온 곳은 전라북도로 총 138일로 나타났고, 가장 적게 나온 곳은 제주특별시가 119일로 가장 낮게 나타났다. 두 지역간 비작업일수는 총 19.4일 차이를 보인다. 또한, 월별 비작업일수는 장마철과 혹서기 기간인 7월부터 9월과 동절기인

Table 4. Standards for Calculating Non-Working Days for Bridgework Construction

Factor	Standards for calculating non-working days
Temperature	• the maximum temperature : more than 33 °C
	• the minimum temperature : less than -12 °C
Rainfall	• more than 10 mm per day
snowfall	• more than 10 mm per day
wind speed	• the maximum wind speed : more than 10 m/s
Fine dust	• when an emergency reduction measure for fine dust is issued

Table 5. Number of Non-Working Days per Month by Region

Region	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Gangwon-do	18	14	14	11	11	10	14	14	10	10	10	15	135
Gyeonggi-do	18	13	13	9	10	10	15	18	10	10	11	14	136
Gyeongsangnam-do	10	9	11	10	10	10	15	18	11	10	9	10	123
Gyeongsangbuk-do	16	11	11	10	10	10	15	17	11	11	10	12	131
Gwangju	13	10	11	10	9	10	17	20	11	10	10	11	130
Daegu	11	9	11	9	10	11	20	22	11	9	9	10	129
Daejeon	12	10	10	9	10	9	15	19	10	10	10	12	124
Busan	12	10	11	11	11	10	11	14	11	10	9	10	119
Seoul	13	11	12	9	10	10	14	16	10	9	9	11	124
Ulsan	10	9	11	9	10	10	16	15	11	10	9	9	120
Incheon	15	12	13	11	12	9	12	12	10	11	11	15	126
Jeollanam-do	12	10	12	11	10	9	12	15	11	10	10	12	124
Jeollabuk do	15	11	13	10	10	10	15	19	10	11	13	12	138
Jeju	11	10	11	10	10	10	11	14	11	10	10	12	118
Chungcheongnam-do	14	10	11	10	10	9	13	17	10	10	11	12	125
Chung-cheong bukdo	17	12	12	10	10	9	14	17	10	10	11	14	132

12월부터 2월에 다른 달보다 높게 비작업일이 도출되었다. 대구광역시 경우 4월에는 비작업일이 9일로 나타난 것이 비해 8월에는 22일, 12월에는 10일의 비작업일이 나타났다. 또한, 인천광역시의 경우 8월에는 비작업일이 12일로 나타났고 12월에는 15일로 나타난 것을 통해 대구광역시는 혹서기 기간에서 공사 수행이 불리하지만, 인천광역시는 동절기 기간에서 공사 수행이 불리하다고 볼 수 있다. 이를 통해 같은 철도 교량공사일지라도 지역마다 그 특성을 고려하여 각기 다른 지역별·월별 비작업일수를 적용해야 한다는 것으로 판단된다.

4. 비작업일 비교·분석

Table 5와 같이 산정한 지역별·월별 비작업일수의 타당성을 확인하기 위하여 실제 철도 교량공사가 수행된 현장의 공사일보 자료를 수집하였다. 공사일보는 당일마다 공사의 진행현황을 기록하여 관리하는 문서이기 때문에 공사가 진행되는 동안 발생한 비작업일의 원인 및 날짜를 확인할 수 있다. 따라서, 공사일보 자료 분석을 통해 월별 평균 비작업일수를 도출하였고, 월별 평균 비작업일을 Table 5의 월별 비작업일과 비교·분석하였다.

4.1 A 현장의 월별 비작업일수 도출

경상북도 안동시에서 철도 교량공사가 수행된 A 현장의 6년 동안(2015.01.01.~2020.10.27.)의 공사일보 자료를 분석한 결과 Table 6과 같이 나타났다. 도출결과, A 현장에서 비작업일은 주로

강우, 일요일 및 법정 공휴일에 의해 발생하였으며, 월별 평균 비작업일의 총합은 62일, 총 평균 5.2일로 나타났다. 또한, 월별 평균 비작업일 중 동절기인 1월에 9.8일, 하절기인 8, 9월에 각각 6.7일, 7.5일로 총 평균보다 많이 발생한 것을 확인할 수 있다.

4.2 A 현장과의 비작업일 비교·분석

A 현장은 경상북도 안동시에서 공사가 수행되었다. 따라서 A 현장에서 발생한 월별 평균 비작업일을 분석하기 위하여 본 연구에서는 Table 5의 경상북도의 월별 비작업일수와 비교를 Table 7과 같이 진행하였다. 월별 평균 비작업일수의 비교 결과, Table 5의 경상북도의 월별 비작업일수는 총합 130.7일, 평균 10.9일이 나타났다. 동절기인 1월에 16일, 하절기인 8월에 17일이 발생하였다. 이를 통해 A 현장의 월별 평균 비작업일수의 총합보다 경상북도의 월별 비작업일수 총합이 약 2배 정도 차이가 발생하였고, 월별 평균 비작업일이 가장 많이 발생한 달을 비교하였을 때 A 현장의 1월 평균 비작업일보다 경상북도의 1월 평균 비작업일이 약 6.2일 많이 발생함을 확인할 수 있었다. 또한, A 현장의 월별 평균 비작업일의 총 평균은 경상북도의 월별 평균 비작업일의 총 평균보다 6.7일 정도 낮게 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 차이가 발생하는 이유는 A 현장의 비작업일 발생 요인은 강우, 일요일, 법정 공휴일에 의해 발생하지만, 본 연구에서는 강우, 일요일, 법정 공휴일뿐만 아니라 강설, 최대풍속, 미세먼지 및 근로 패턴에 의한 요인까지 반영하였기 때문이라고 판단된다. 즉, A 현장에서 발생한 월별 평균 비작업일은 최솟값, 본 연구 결과물인 지역별·월별

Table 6. Monthly Average Non-Working Days at Site A

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total	average
2015	4	7	1	4	1	0	3	1	6	2	2	1	32	2.7
2016	4	6	1	6	5	4	7	16	7	3	0	4	63	5.3
2017	15	0	3	4	3	0	4	2	2	7	0	2	42	3.5
2018	18	4	6	4	4	1	5	7	9	7	4	9	78	6.5
2019	7	13	5	7	6	9	9	9	14	7	4	8	98	8.2
2020	11	6	5	5	7	4	4	5	7	5	0	0	59	4.9
Total	59	36	21	30	26	18	32	40	45	31	10	24	372	31.0
average	9.8	6.0	3.5	5.0	4.3	3.0	5.3	6.7	7.5	5.2	1.7	4.0	62	5.2

Table 7. Comparison of Non-Working Days between Site A and Gyeongsangbuk-do

Outline	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total	average
A site average	9.8	6.0	3.5	5.0	4.3	3.0	5.3	6.7	7.5	5.2	1.7	4.0	62	5.2
Gyeongsangbuk-do	16	11	11	10	10	10	15	17	11	11	10	12	131	10.9

비작업일은 최댓값을 의미한다. 따라서 추후 철도 교량공사의 적정 공기 산정 시 비작업일을 고려할 경우 모든 요인을 반영한 본 연구의 결과물을 참고하여 적절한 비작업일을 산정해야 한다고 판단된다.

5. 결론

최근 근로기준법의 개정, 이상 기후 증가로 인해 작업가능일수 감소 및 비작업일수의 증가함에 따라 적정공기 산정을 위한 표준 건설공사기간 마련이 중요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 효율적인 적정공기 산정을 위해 철도 교량공사에서의 지역별·월별 비작업일수를 제시하였다.

연구 결과, 같은 공사를 수행함에도 지역적 특성 및 시기별로 비작업일수는 모두 다르게 나타남을 확인할 수 있었다. 그리고 실제 현장과 본 연구와의 비교·분석 결과, 풍속, 강우, 강설, 미세먼지 및 근로 패턴을 반영한 본 연구와는 달리 풍속, 강우 및 공휴일만 반영한 실제 공사현장의 비작업일이 더 적게 도출됨을 확인할 수 있었다. 따라서 적정공기를 산정할 경우 모든 공사의 비작업일수를 동일하게 산정하는 것이 아닌, 공종별 특성, 지역적 특성 및 기후요인을 고려하여 비작업일을 산정해야 한다고 판단된다. 따라서 기존의 현장에서의 비작업일 산정방식이 아닌 본 연구 결과물의 적용을 통해 철도 교량공사의 적정공기 산정 시 기초자료로 활용되어 공기지연, 돌관공사, 공사비 증대를 예방하기에 적합하다고 생각된다. 그러나 본 연구에서는 전국 16개의 시도별 비작업일만을 산정하였기 때문에 전국 세부 지역까지 본 연구의 기준을 적용하기 어렵다는 한계가 있으며, 수집된 미세먼지 5년 치 자료는 기후요인

자료에 비해 많이 부족한 상황이다. 또한, 본 연구 결과는 철도 교량공사를 제외한 타 공사에는 적용하기 어렵다는 한계점을 가진다. 따라서 철도 분야와 도로공사 등 타 공사에서 지역별·월별 비작업일을 산출하기 위해선 시행하려는 다른 공사의 Activity를 분석하여 기후요인에 의해 작업 수행에 제한이 생기는 특성 및 기준을 파악 후, 이를 반영하여 본 연구의 비작업일 산정기준에 수정·적용한 후 새로이 지역별·월별 비작업일을 산출하여야 한다.

이에 향후 타 공사를 중심으로 이와 같은 연구를 통해 공종별 지역적 특성과 기후요인 등 비작업일을 유발하는 요인들을 반영한 비작업일 산정 규정 및 기준의 필요하다고 생각되며, 추후 더 많은 세부 지역과 여러 공종에 대한 비작업일수 산정연구가 추가로 이루어져야 하며, 추가로 다양한 공사현장과의 비교·분석도 진행되어야 한다고 판단된다.

References

Bang, J. D., Song, S. H., Cho, G. H., Sohn, J. R. and Kim, J. W. (2015). "A study on non-working day calculation standards and days of non-working for estimation of optimum duration in the frame work of apartment building." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, Vol. 31, No. 10, pp. 21-28 (in Korean).

Jeong, S. N. and Lee, H. K. (2000). "A preliminary study on the effective decision-making support model for duration by the hypothetical weather simulation." *Journal of The Architectural Institute of Korea*, Vol. 20, No. 2, pp. 587-590 (in Korean).

Ko, K. J. (2015). *A study on the change of non-working days through BCP analysis*, Master Dissertation, Incheon National University (in Korean).

- Kwon, S. B. (2007). *Study on the influence of the weather factors on productivity and number of working days in marine construction*, Master Dissertation, Seoul National University of Science and Technology (in Korean).
- Land and Housing Research Institute (LH) (2014). *A study on the method of estimating the construction duration for apartment to assure quality* (in Korean).
- Lee, G. H. (2005). *Improvement of non non-working day estimation affected by weather conditions in the construction projects*, Master Dissertation, University of Ajou (in Korean).
- Lee, S. H. (2021). *An effective method considering non-working days for determination of normal project duration in the railroad roadbed construction*, Master Dissertation, Chungbuk National University (in Korean).
- Ministry of Employment and Labor (MOEL) (2019). *Rules on occupational safety and health standards* (in Korean).
- Ministry of Environment (MOE) (2019). *High concentration of fine dust Guidelines for implementing emergency reduction measures* (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2019). *Construction period calculation standard for public construction works* (in Korean).
- Park, I. B. (2010). *A study on the estimation of non-working days due to climate condition*, Master Dissertation, University of Cheongju (in Korean).
- Yoon, J. S. (2020). *Development of method for quantifying and applying non-working day to planning and scheduling to calculate normal project duration*, Ph.D. Dissertation, University of Ajou (in Korean).