

Research Paper

프로그램 수준 건설사업에서 지연관리지수(Delay Management Index)를 활용한 공사지연 예방 사례연구

A Case Study on the Prevention of Construction Delays Using the Delay Management Index in Program Level Construction Projects

유준혁¹ · 김옥규^{2*}

Yu, Jun-Hyeok¹ · Kim, Ok-Kyue^{2*}

¹Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Chungbuk University, Seowon-Gu, Cheongju, 28644, Korea

²Professor, Department of Architectural Engineering, Chungbuk University, Seowon-Gu, Cheongju, 28644, Korea

*Corresponding author

Kim, Ok-Kyue

Tel : 82-43-261-2439

E-mail : okkim@chungbuk.ac.kr

Received : July 20, 2021

Revised : August 9, 2021

Accepted : August 10, 2021

ABSTRACT

Recently, construction projects have emerged in the form of program management, which is complicated by the large-scale of construction, and requires astronomical construction costs. In particular, projects that absolutely require management at the program level, such as large-scale construction projects, require overall control of the planned schedule and cost as a set of various projects, including infrastructure. But in Korea, there is no specific management standard for delays in construction. In order to avoid the risk of cost increase and project delay in the program-level construction project, it is necessary to apply more systematic management standards to prevent delay and to take a more preemptive response in the construction process. Therefore, in this study, a delay management index (DMI) was developed to successfully carry out large-scale construction projects at the program level and prevent delays in advance. In addition, case studies were conducted for large-scale construction projects, and a delay prevention system was established for program-level construction projects.

Keywords : delay prevention, delay management index, program management, large-scale construction

1. 서론

1.1 연구의 목적

최근 건설공사는 공사규모가 크고 전문화적인 공사비가 소요되는 프로그램 관리 형태의 성격을 지니는 사업이 등장하고 있다. 이러한 건설사업은 전체적으로 기능, 기술 요소뿐만 아니라 사업에 참여하는 다양한 사업주체의 특성이 고려되어야 한다. 또한, 소요기간 및 비용을 고려할 때 성공적인 사업여부는 공기의 지연으로 인한 후속사업으로의 영향을 최소화하는 것이 중요하다. 특히, 대규모 건설사업과 같이 프로그램 수준의 사업은 사회기반시설물을 포함한 다양한 프로젝트들의 집합체로서 계획된 일정 및 비용에 대한 전체적인 관리가 필요하다. 하지만, 국내의 경우 아직까지 대규모 건설사업에서 구체적인 공사지연에 관한 관리기준이 부재한 현실이다. 이러한 경우 간섭발생 및 설계변경에 따른 비용증가, 후속사업에 대한 영향, 민원발생 등을 초래하게 된다. 프로그램 수준의 건설사업에서 비용 증가 및 사업지연에 대한 리스크를 회피하기 위해서는 지연예방을 위한 체계적인 지연관리 기준과 선제적인 대응이 요구된다.

이에 본 연구에서는 대규모·장기간 진행되는 프로그램 수준의 건설사업을 성공적으로 수행하고 공정지연 및 부진사업을



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

사전에 방지하기 위해 사례기반 지연관리 지수(Delay Management Index, DMI)를 개발하고자 한다. 또한, 개발한 지연관리 지수의 활용을 위해 대규모 복합건설 프로젝트를 대상으로 사례연구를 수행하여 프로그램 수준 건설사업을 위한 지연예방 체계를 구축하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 프로그램 수준 사업에서 다수의 사업관리 항목 중 각 공사 유형별로 지연예방을 위한 지연관리지수 개발 및 활용사례를 연구범위로 한정한다.

연구는 다음과 같이 진행하였다.

- 1) 프로그램 관리(Program Management)의 개념 및 대규모 건설사업 적용사례를 알아보고, 지연관리(Delay Management) 관련한 선행연구를 고찰한다.
- 2) 대규모 건설사업에서 진행되고 있는 사업유형을 정의하고, 그에 따른 사업 유형별 지연관리지수(Delay Management Index, DMI)를 개발한다.
- 3) 개발한 지연관리지수를 바탕으로 사례적용을 실시하고, 활용성 검증을 위해 전문가 면담을 실시한다.

2. 이론적 배경 및 선행연구 고찰

2.1 프로그램 관리(PgM)의 개념

프로그램 관리는 사업 규모가 크고 하부에 여러 개의 프로젝트(Multi - Project)가 동시에 진행이 되는 대규모 건설사업에 대한 사업관리 활동이다. 관리범위는 사업기획, 타당성 조사에서부터 설계, 구매, 시공, 유지보수 단계에 이르기까지 사업의 전 단계를 포함한다. 단위사업 관리(Project Management) 상위 개념으로서 전체적인 사업추진을 총괄하는 종합적 관리활동이다. 대규모로 이루어지는 대형 건설사업의 안정적 추진을 위해서는 보다 체계적인 사업관리체계 구축이 필요하다. 이에 해외의 경우, 대부분의 대형 국제사업은 장기적이고 지속적으로 프로그램 관리(PgM) 기술지원 방식을 추진하고 있으며 이러한 효과는 경험이 없는 사업에 더욱 효과를 보였다. 국내에서는 대표적으로 인천국제공항 건설사업, 주한미군기지이전사업, 행정중심복합도시건설사업이 대표적인 예라고 볼 수 있다.

2.2 프로그램 관리(PgM)의 건설사업 수행사례

2.2.1 인천국제공항 건설사업

인천국제공항 건설사업은 소요된 설계도면이 약 45만장에 달한다. 콘크리트 타설물량은 약 9백75만 m^3 , 연약지반 강화를 위해 사용된 강관파일수가 약 3만 2,000여개로 그야말로 초대형 건설사업이다. 이러한 초대형 복합공종 건설사업의 성공적 수행을 위해 프로그램 관리(PgM)체제 도입의 필요성이 제기되었다. 이에 인천국제공항 건립을 위해 사업관리(PgM)을 도입하여 종합사업관리지원(Program Management Support) 형태로 수행되었다. 국내기업 1개사, 국외기업 3개사로 총 4개사의 컨소시엄 형태로 구성되어 국제공항 건설사업이 진행되었다. 이러한 인천국제공항 건설사업은 국내 최초로 대규모 사회간접시설공사에 적용된 PM으로 현재까지 국내·외적으로 우수성을 인정받고 있다. 국제공항 건설 초기 PM시스템 개발 및 구축은 위탁 PM사가 주관했으며, 개발 후 운영단계에서는 발주자가 주도하여 PM업체의 전문기술을 지원받으며 수행하였다. 인천국제공항의 PgM은 건설사업의 전생애주기인 사업기획부터 설계-구매-시공-시운전에 대한 직접적인 관리는 물론 공정/사업비/품질 등 다양한 사업관리 기능을 포함하여 가장 광범위한 영역을 수행한 사례로 평가받고 있다[1].

2.2.2 주한미군기지 이전사업

주한미군기지 이전사업은 한국과 미국의 협정에 대해 추진되는 사업으로 다수의 이해관계자(국방부, 한국토지주택공사, USFK, FED 등)가 참여한다. 약 444만평 평택부지에는 건물 513개동이 건립되고 총사업비가 총 16조원에 이르는 초대형 국책사업이다. 이러한 주한미군기지 이전사업은 사업규모 및 군사시설 등의 특성에 의해 전문적인 지식을 포함한 종합적인 사업관리의 필요성이 절대적으로 필요한 사업이다. 사업관리(PgM)를 통하여 한정된 비용과 인원으로 효과적인 사업집행을 목표로 하고 있으며, 사업관리(PgM)의 구성은 종합사업관리 컨소시엄(Program Management Consortium, PMC)의 형태로 관리 분야에 따라 책임 분담하여 사업을 추진하고 있다. 미군기지이전사업은 다양한 이해관계자들간의 의사소통관리, 비용-일정통합관리, 효율적인 현장관리, 인수인계 절차를 다양한 성과를 만들어낸 사업으로 향후 국내 대형건설사업에 많은 교훈과 시사점을 남기는 사업으로 볼 수 있다[2].

2.2.3 행정중심복합도시건설

행정중심복합도시(이하 행복도시) 건설은 대규모의 신도시 건설 사업이다. 국가 경쟁력에 맞춰 과거 집중개발방식의 신도시 건설을 탈피하여 초기활력단계(2003년~2015년), 자족적 성숙단계(~2020년), 완성단계(~2030년) 총 3단계로 구분하였다. 도시성장관리의 개념으로써 인구계획과 도시기능 및 기반시설의 도입 시기 등을 고려하여 순차적 개발을 계획하고 있다. 이러한 초대형 장기 국책사업인 행복도시건설사업은 각 개별사업주체의 이해관계 조정 및 개선방안 강구 등 전체 사업을 통합·조정하는 프로그램 수준 관리(PgM)의 필요성이 대두되었다. 행복도시 건설에서의 종합사업관리는 다양한 사업주체별 현황파악 및 종합 분석을 통한 체계적인 도시건설 관리의 역할을 수행하였다. 또한, 종합사업관리는 계약자 예정공정표 및 CPM공정관리, 간섭사항 관리, 계약관리, 주기적인 진도 분석관리 등을 통해 건설과정에서 발생될 리스크를 사전에 방지하여 향후 추진사업들에 대한 지속적인 사업관리가 필요할 것으로 기대된다[3].

2.3 지연(Delay) 관련 선행연구 분석

지연관련 선행연구를 살펴보면 대부분의 연구가 단일사업에 대한 공사기간 연장에 대한 내용이 주로 이루어져 있음을 알 수 있었다. 연구들은 크게 두 분류로 나눌 수 있다. 첫 번째로 공기지연 영향요인 분석 및 중요도 산정, 두 번째로 공기지연 분석 방법으로 연구가 활발히 진행되고 있었다.

먼저 공기지연 영향요인 분석 및 중요도에 관한 연구로 Han et al.[4] 등은 시공자 입장에서 주요 공종별 공기지연 요인을 도출하고 공종들 간의 상관관계 분석으로 공기지연 요인의 중요도를 도출하였다.

Ji et al.[5]은 건설 프로젝트의 작업지연 원인의 분류체계와 VSM(Value Stream Mapping)을 활용한 작업지연의 원인분석 방법 및 절차를 제시하였다.

Lee et al.[6]은 철골공사를 대상으로 해당 공정별 작업지연 요인을 파악하고, FMEA(Failure Mode Effect Analysis)를 활용하여 작업지연 요인별 중요도를 수치화하고 중점관리 항목을 제시하였다.

Lim and Son[7]은 공동주택 건설공사에서 발생하는 공기지연 문제에 효율적으로 대처하기 위해 공기지연 영향요인을 책임주체별로 도출하고, AHP기법을 통해 영향요인의 중요도를 분석하였다. 그 외 공동주택에서 공사에서 공기지연과 관련한 연구는 Ahn et al.[8], Lee et al.[9], Park and Yun[10], Lee et al.[11] 등 활발하게 되고 있었음을 확인할 수 있었다.

두 번째로 공기지연 분석방법 연구로 Ryu et al.[12] 등은 지체보상금 산정에 있어 공정한 공기지연일수 산정을 위해 다양한 지연요인과 생산성을 고려하여 손실생산성을 고려한 공기지연일수 방법을 제안하였다.

Kim et al.[13]은 공기지연 분석방법 중 하나인 CPA(Contemporaneous Period Analysis)의 개선방안으로 Delay Section 개념을 활용한 DAMUDS(Delay Analysis Method Using Delay Section)이라는 공기지연 분석방법을 제안하였다.

Koo and Lee[14]은 생산성을 고려한 공기지연 분석방법을 제시하기 위하여 공기지연의 유형을 작업중단 공기지연, 생산성 손실 공기지연으로 구분하고, 그에 따른 지연일수 산출방법을 제안하였다.

Lee[15]은 작업여건 변화에 의한 생산성 변화와 학습효과에 의한 작업진척도 변화와 같은 실제상황을 반영하기 위해 학습곡선(learning curve) 및 선형계획법(linear schedule)을 이용하여 누적지연과 동진발생 공기지연을 분석할 수 있는 방법을 제시하였다.

Kim et al.[16]은 해외 대형건설공사에서 공기지연 클레임의 공기연장기간 입증방법으로 주요지연(dominant delay)을 선정하는 절차와 지연 영향력 분석을 위한 분석구간의 설정방법에 대한 개선을 제시하였다.

Kim and Kwon[17]은 민간 발주자와 시공사간의 클레임 사건을 예로 CPM공정표의 계획공정 분석법이 적절한지 판단하고, 대안으로 새로운 기준의 계획공정 대비 완료 공정법을 제안하였다. 기존 연구문헌을 정리하면 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Delay management related literature review

Research field	Researcher	Research topic
Analysis of factors influencing duration delay and importance	Han, J.K.[4]	An analysis on delay factors of major trades in apartment housing projects
	Ji, K.C.[5]	The root cause analysis process for schedule delay in construction
	Lee, H.C.[6]	A study on the priority analysis of work delay factors in steal-frame work using FMEA
	Lim, G.J.[7]	An analysis on the delay influence factors in apartment construction site
	Ahn, S.H.[8]	An Analysis on work delay factors in apartment house construction
	Lee, H.C.[9]	A study on the work delay factors of reinforced concrete work in apartment house construction
	Park, C.W.[10]	A case study on reason analysis for schedule delay of apartment house
	Lee, S.H.[11]	Analysis of Delay Factors Based on Importance of Construction Subject-classified in Apartment Finishing Works
Duration delay analysis method	Ryu, H.G.[12]	A method of calculating schedule delay considering lost productivity
	Kim, Y.J.[13]	An analysis method for the concurrent delay using delay section concept
	Koo, J.M.[14]	Construction delay analysis method considering productivity
	Lee, J.S.[15]	Delay analysis using learning effect and linear scheduling in construction
	Kim, Y.J.[16]	A study on substantiation methodology for extension of time in international mega-project claims
	Kim, S.G.[17]	Case analysis on application of project delay analysis method in domestic construction project

현재까지 지연관련 연구가 단일사업에 국한되어 진행된 것에 반해, 본 연구는 프로그램 수준의 대규모 건설사업에서 지연관리 방안에 대한 정량적인 지수를 제안하고 그에 따른 사례연구를 수행했다는 점에서 기존 연구와 차별된다.

3. Delay Management Index(DMI) 개발

현재 프로그램 수준의 대규모 건설사업 프로젝트는 공정관리, 사업비관리, 간섭사항 해결 등 종합적인 사업관리 형태로 운영 중에 있으나, 지속적으로 사업지연 및 공정지연이 발생하고 있다. 전체 사업에 대한 공정관리 체계를 갖추지 못하고 단순한 관리로 대규모 사업이 진행될 경우 사업 일정 및 비용 등에 대한 리스크가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 일정지연 및 공정부진이 우려되는 사업에 대한 사전검토, 원인분석이 필요하며, 지연 또는 부진사업을 사전에 방지하기 위한 선제적 대응이 필요하다. 이를 통해 각 사업을 담당하는 담당부서에 이에 대한 정보를 사전에 알림으로써 공기지연을 미연에 방지할 수 있다. 본 장에서는 지연관리지수(DMI) 개발을 위해 프로그램 관리 수준의 대규모 건설사업에서의 사업유형을 분류하고 DMI의 기본개념, 사업유형별 DMI 도출에 대하여 논하고자 한다.

3.1 사업유형 분류

대규모 건설산업은 다양한 사업유형과 참여주체를 포함하고 있어 모든 사업을 지연관리 기준 대상으로 포함하는 것에는 한계가 있다. 프로그램 수준 건설사업의 유형은 아래의 Table 2와 같이 크게 정부주도의 예산이 투입되는 발주청 관리시설과 그 외 국가예산이 투입되지 않는 사업으로 분류할 수 있다. 정부주도의 예산이 투입되는 시설은 기반시설, 공공건축, 도로공사가 있고, 그 외 사업으로는 민간에서 실시하는 공동주택, 상가 및 기타 공공기관의 예산이 투입되는 사업으로 나눌 수 있다.

Table 2. Classification of project

Division	Project
Government budget input	■ Infrastructure, Public facilities, Metropolitan roads, Urban utility facilities etc.
Other projects	■ Apartment houses, shopping centers, and other public institutions (schools, government-funded research institutes, etc.)

본 연구에서는 지연관리를 위한 사업유형으로 정부주도의 예산이 투입되고 대규모 건설사업에서 주요한 사업으로 볼 수 있는 건축공사, 부지조성, 광역도로, 환경기초시설, 조경공사 5개 사업으로 분류하였다. 건축공사는 공공청사, 문화시설, 복지센터 등의 공사이며 부지조성공사는 공공택지개발 또는 신도시 개발시의 부지조성공사이다. 광역도로는 둘 이상의 특별시·광역시·특별자치시 및 도에 걸치는 도로이다. 조경공사는 부지조성공사가 완료된 지역의 식재 및 공원공사이며 환경기초공사는 폐기물처리시설, 수질복원시설 등의 시설이다.

3.2 지연관리지수(DMI)의 개념

지연관리지수는 대규모 건설사업에서 정부주도로 시행하고 있는 사업을 대상으로 공사종류별 특정시점 도래 시 잔여공기율 대비 잔여 공정률을 분석하는 것이다. 관리범위 기간별 지연관리지수 기준을 초과한 사업에 대하여 해당 공사 진행의 적정성 및 적기 준공 가능여부를 추정할 수 있다. 또한, 공정부진 및 지연예상사업의 원인을 분석하고, 담당부서에 결과 공유 및 만회대책을 요청할 수 있다. 본 연구에서 지연관리지수(DMI)는 다양한 유형의 프로젝트들이 동시 발생하는 프로그램 수준의 건설사업에서 공사종류별 공사의 진행상태를 사업관리 담당 실무자가 실용적이며 쉽고 간편한 방법으로 확인 및 추적 관리 할 수 있는 지수로 정의하고자 한다. 지연관리지수(DMI)는 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다.

$$DMI = \frac{RPR}{RDR} \tag{1}$$

DMI : 지연관리지수(Delay Management Index)

RPR : 잔여공정률(Remaining Progress Rate)

RDR : 잔여공기율(Remaining Duration Rate)

지연관리지수 개념에 대한 이해를 돕고자 공사기간이 24개월인 건축공사를 사례로 설명하고자 한다. Figure 1에서와 같이 준공까지 관리 범위 중 3개월 전 시점에서의 잔여 공기율은 12.5%로 확인할 수 있다.

1) 지연관리지수(DMI)는 본 저자가 OO도시건설 프로젝트를 진행하면서 탐내에서 사용한 “대비지수“라는 용어를 재구성하여 만든 용어임

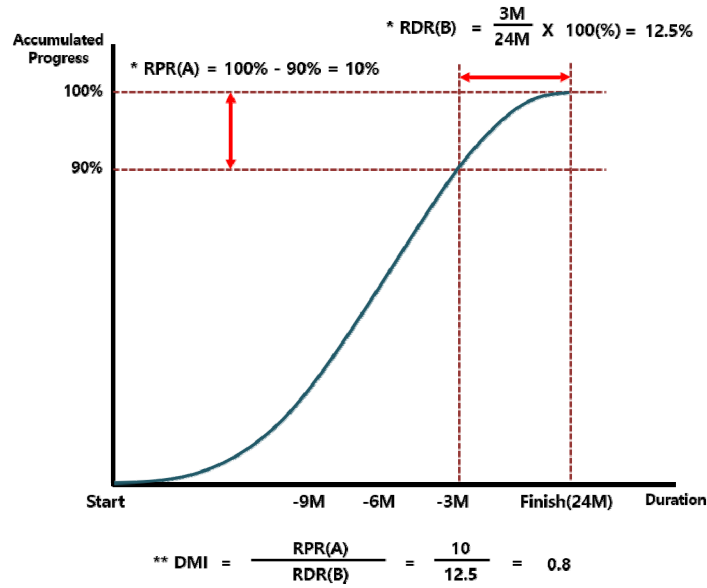


Figure 1. Concept of DMI

$$RDR = \frac{3M}{24M} \times 100 = 12.5\%$$

또한, 잔여 공정률은 준공 3개월 전 시점 누계공정률이 90%일 경우 잔여 공정률은 10%이다.

$$RPR = 100\% - 90\% = 10\%$$

이와 같이 잔여공기율과 잔여공정률을 산출하고 난 후 식 (1)을 이용하여 DMI를 계산하면 0.8이 나오게 된다.

$$DMI = \frac{RPR}{RDR} = \frac{10\%}{12.5\%} = 0.8$$

위와 같이 산정된 지연관리지수가 기준이하 시 정상진행, 기준을 초과하게 되면 지연예상사업으로 분석되어 사업관리 측면에서 관리 대상사업으로 분류되어 관리가 필요한 사업이 된다고 볼 수 있다.

특정시점은 준공 3개월 전에서 최대 30개월 전까지 관리범위를 설정하였다. 사업유형별 관리범위에 관하여 객관적인 기준을 찾기 위해 국내외 관련 연구를 살펴보았으나, 그와 관련된 연구 및 관리기준을 찾기가 어려웠다. 이에 종합적인 건설 사업관리를 수행하면서 겪은 실무적 경험을 바탕으로 특정시점을 선정하였다. 건축공사는 평균 공사기간 24개월을 감안하여 준공 3개월~9개월 시점을 관리 포인트로 선정하였다. 부지조성과 광역도로는 평균 공사기간 3년~4년을 감안하여 준공 6개월~18개월전 3개 포인트를 선정하였다. 조경공사는 계약체결시 2년이라는 유지관리 기간이 포함되는 것을 감안하여 공사 준공 24개월~30개월 3개 포인트를 선정하였다. 환경기초시설은 시운전기간을 고려하여 준공 12개월~24개월 3개 포인트를 선정하였다. 사업유형별 관리범위는 Table 3과 같이 정리할 수 있다.

Table 3. Management scope by construction type

Division	Management scope	Remark
Construction work	3,6,9 months before completion	
Site preparation	6,12,18 months before completion	
Metropolitan roads	6,12,18 months before completion	
landscaping	24,27,30 months before completion	Including maintenance period(24M)
Urban utility facilities	12,18,24 months before completion	

3.3 사례기반 사업유형별 지연관리지수(DMI) 개발

공사종류별 지연관리지수 기준을 수립하기 위하여 장기간 대규모로 수행 중인 00사업의 10년간의 준공 사업사례를 분석하여 관리기준 데이터를 도출하였다. 공사종류별 적용사례는 아래의 Table 4에서 보는 바와 같이 건축공사는 13개, 부지조성 12개, 광역도로 9개, 환경기초 4개, 조경공사 9개 총 47개 사업을 활용하였다. 건축공사는 평균 공사기간이 23개월로 평균 공사비는 327억원, 부지조성은 평균 공사기간이 63.5개월, 평균공사비는 712억원, 광역도로는 평균 공사기간이 49.6개월로 평균 공사비는 923억원, 환경기초는 평균 공사기간이 46.5개월, 평균공사비는 514억원, 조경공사는 평균 42개월로 평균 공사비는 138억원으로 확인되었다.

Table 4. Construction Type

Division	Case	Ave. construction duration	Ave. construction cost
Construction work	13	23 months	32,7billion won
Site preparation	12	63.5 months	71,2billion won
Metropolitan roads	9	49.6 months	92,3billion won
Landscaping	4	46.5 months	51,4billion won
Urban utility facilities	9	42 months	13,8billion won

지연관리지수(DMI)의 도출과정을 다음 사례를 들어 설명하고자 한다. 건축공사의 경우 13개 프로젝트 각각의 잔여공기율(RDR)과 잔여공정률(RPR)을 바탕으로 개별 프로젝트의 지연관리지수(DMI)를 도출하였다.

Table 5의 프로젝트1 사례를 보면 전체 공사기간이 23개월인 프로젝트 1의 경우 준공 3개월전 잔여공기율은 아래의 식에서와 같이 13.0%가 나오게 된다.

$$RDR = \frac{3M}{23M} \times 100 = 13.0\%$$

준공 3개월 시점의 잔여공정률은 10.2%로 앞서 식 (1)을 바탕으로 프로젝트1의 DMI를 산출하면 아래와 같이 도출된다.

$$DMI = \frac{RPR}{RDR} = \frac{10.2\%}{13.0\%} = 0.78$$

Table 5를 살펴보면 13개 프로젝트 각각의 준공 3개월전 지연관리지수는 0.78, 0.30, 0.66, 0.62, 0.71, 0.99, 0.17, 0.72, 0.45, 0.60, 0.76, 0.90, 1.15이다. 개별 프로젝트의 지연관리지수를 산술평균하면 0.7로 도출된다. 이와 같은 방법으로

최종 지연관리지수는 식 (2)와 같이 공사종류별 관리시점별 각각의 개별 사업 DMI를 적용한 사업수로 나눈 평균값을 활용하였다.

$$Ave. DMI = \frac{\sum dmi}{n} \tag{2}$$

Ave. DMI: 공사종류별 평균 지연관리지수

n: 사업유형별 적용 사업수

Table 5. Examples of deriving DMI standards for each management scope of construction work

Division	Project	Construction Duration			3 months before completion				6 months before completion				9 months before completion			
		Start	Finish	Month	RDR	RPR	DMI	Ave.	RDR	RPR	DMI	Ave.	RDR	RPR	DMI	Ave.
Cons. work	Project 1	2011-11-21	2013-09-30	23	13.0	10.2	0.78		26.1	25.6	0.98		39.1	38.2	0.98	
	Project 2	2011-11-21	2013-07-23	21	14.3	4.3	0.30		28.6	16.1	0.56		42.9	44.9	1.05	
	Project 3	2015-12-21	2017-10-10	23	13.0	8.6	0.66		26.1	41.0	1.57		39.1	61.1	1.56	
	Project 4	2012-12-27	2014-10-17	23	13.0	8.0	0.62		26.1	46.1	1.77		39.1	66.4	1.70	
	Project 5	2015-02-02	2016-12-12	23	13.0	9.2	0.71		26.1	31.5	1.21		39.1	52.2	1.33	
	Project 6	2013-04-15	2014-10-31	19	15.8	15.6	0.99		31.6	43.1	1.36		47.4	67.8	1.43	
	Project 7	2014-07-28	2015-10-20	16	18.8	3.2	0.17	0.7	37.5	44.8	1.20	1.1	56.3	70.5	1.25	1.3
	Project 8	2011-08-22	2013-06-23	23	13.0	9.4	0.72		26.1	23.9	0.92		39.1	50.8	1.30	
	Project 9	2014-08-18	2016-10-15	27	11.1	5.0	0.45		22.2	18.5	0.83		33.3	51.5	1.54	
	Project 10	2011-11-21	2013-11-19	25	12.0	7.2	0.60		24.0	20.2	0.84		36.0	37.4	1.04	
	Project 11	2013-05-13	2015-04-07	24	12.5	9.5	0.76		25.0	25.7	1.03		37.5	50.8	1.35	
	Project 12	2014-10-01	2016-11-18	26	11.5	10.3	0.90		23.1	24.8	1.07		34.6	43.5	1.26	
	Project 13	2013-04-11	2015-04-16	25	12.0	13.8	1.15		24.0	36.4	1.52		36.0	49.2	1.37	

Table 6. Management scope by construction type and DMI standard development

Construction Type	Management scope	DMI standard	Remark
Construction work	9 months before completion	1.3	
	6 months before completion	1.1	
	3 months before completion	0.7	
Site preparation	18 months before completion	0.7	
	12 months before completion	0.6	
	6 months before completion	0.5	
Metropolitan roads	18 months before completion	1.0	
	12 months before completion	1.0	
	6 months before completion	0.7	
landscaping	30 months before completion	0.6	
	27 months before completion	0.3	Including maintenance period(24M)
	24 months before completion	0.2	
Urban utility facilities	24 months before completion	0.6	
	18 months before completion	0.3	Including Material cost and commissioning period
	12 months before completion	0.2	

건축공사의 DMI지수는 Table 5에서와 같이 준공 9개월 전 1.3, 준공 6개월 전 1.1, 준공 3개월 전 0.7로 도출되었다. 부지조성공사의 DMI지수는 준공 18개월 전 0.7, 준공 12개월 전 0.6, 준공 6개월 전 0.5로 도출되었다. 광역도로의 DMI지수는 준공 18개월 전 1.0, 준공 12개월 전 1.0, 준공 6개월 전 0.7로 도출되었다. 조경공사의 DMI지수는 준공 30개월 전 0.6, 준공 27개월 전 0.3, 준공 24개월 전 0.2로 도출되었다. 환경기초시설의 DMI지수는 준공 24개월 전 0.6, 준공 18개월 전 0.3, 준공 12개월 전 0.2로 도출되었다. 사업유형별 최종지수는 Table 6과 같다.

4. 지연관리지수(DMI) 적용 사례연구

4.1 사례적용

본 연구에서 제안한 지연관리지수를 활용하기 위해서 사례연구를 수행하였다. 국내 수행중인 대규모 ○○건설프로젝트를 사례 연구대상으로 하였으며, 앞서 분류한 공사종류별 주요사업에 대한 지연관리 절차에 따라 2년에 걸쳐 실시하였다. 일반적으로 대규모 건설사업의 경우 각 사업별로 월별 공정 진도보고를 하게 된다. 매월 집계된 공정진도 결과를 토대로 잔여공기율 및 잔여공정률, 지연관리지수를 활용하여 식 (3)과 같이 적정 잔여 공정률(a.RPR)을 도출하게 된다.

$$a.RPR = DMI \times RDR \quad (3)$$

a. RPR = 적정 잔여 공정률(appropriate Remaining Progress Rate)

예를 들어 준공 6개월 남은 건축공사의 잔여공기율이 19.0%로 가정하였을 때 적정 잔여공정률은 아래와 식과 같이 DMI 지수 1.1에 잔여공기율 19.0%를 곱하게 되면 20.9%로 나오게 된다. 이를 통해 공정진도보고상 잔여공정률이 20.9% 미만이면 정상진행, 20.9%를 초과하면 지연사업으로 분류하게 된다.

$$a.RPR = 1.1 \times 19.0 = 20.9\%$$

매월 진행 중인 사업에 대한 지연관리지수(DMI) 기준을 초과하는 사업을 확인하고, 공정점검의 필요성에 대해 사전정보 알람 기능을 수행하였다. 사전에 적정 잔여 공정률에 비하여 과도하게 공정률이 남은 사업은 중점관리 사업이 된다. 이에 공정 및 사업비 투자 계획에 대한 점검이 이뤄지고 담당자는 공사진행에 대해 면밀하게 관찰하게 된다. Table 7에서와 같이 2018년에는 11건의 사업에 대하여 33회 적정 잔여공정률 초과를 확인하였고, 11건 사업 중 8건의 사업이 공기연장되는 것을 확인할 수 있었다. 부지조성 프로젝트2의 경우 매월 지속적으로 지연예상사업 알람을 하였고, 약 7개월 가량 공기연장을 하였다.

2019년에는 Table 8에서와 같이 14건의 사업에 대하여 38회 적정 잔여공정률 초과를 확인하였고, 14건 사업 중 9건의 사업이 공기연장되는 것을 확인할 수 있었다. 부지조성공사의 프로젝트4와 환경기초시설 프로젝트1의 사례를 보면 DMI 기준 초과에 대한 지속적인 알람 역할을 하였지만, 각 사업별 2번의 설계변경이 이뤄졌고 공기지연이 발생하는 것을 알 수 있었다. 이처럼 적정 잔여공정률 초과사업의 지속적인 경고를 사업담당자가 초기에 인지하고 공정상의 문제점 등을 검토하여 공정만회 대책을 적기에 수립한다면 설계변경을 최소화할 수 있을 것이라 판단된다.

Table 7. Results of application of Delay Management Index by construction type(2018)

Project name	2018												Remark
	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.		
Construction work	Project 1						■						
Site preparation	Project 1	■	■	■	■								Extension of time ('18.5→'18.11)
	Project 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Extension of time ('19.5→'19.12)
	Project 3									■	■		
Metropolitan roads	Project 1			■	■	■	■		■				Time schedule changed
Urban utility facilities	Project 1							■		■	■		
	Project 2	■					■						Extension of time ('18.7→'19.12)
landscaping	Project 1		■					■	■			■	Extension of time ('18.12→'19.6)
	Project 2					■	■	■	■			■	Extension of time ('19.1→'19.6)
	Project 3										■	■	Extension of time ('19.3→'19.10)
	Project 4										■	■	Extension of time ('19.3→'19.10)

■ Exceeding DMI standards □ Extension of time

Table 8. Results of application of Delay Management Index by construction type(2019)

Project name	2019												'20	Remark
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
Construction work	Project 1			■	■	■	■	■				■	Completion(12.30)	
	Project 2			■	■	■	■						Completion(7.31)	
Site preparation	Project 1				■	■	■	■	■	■	■	■	Extension of time ('19.12→'20.6)	
	Project 2								■	■	■		Completion(12.31)	
	Project 3	■	■	■	■	■	■	■	■				Completion(9.30)	
	Project 4	■	■	■	■	■	■	■	■			■	Extension of time ('19.10→'20.6)	
	Project 5			■	■	■	■	■	■				Extension of time ('20.2→'20.12)	
	Project 6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Extension of time ('20.1→'20.9)	
Metropolitan roads	Project 1				■	■	■	■	■	■	■		Extension of time ('19.6→'20.5)	
Urban utility facilities	Project 1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Extension of time ('19.5→'19.12)	
	Project 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Extension of time ('19.11→'20.10)	
landscaping	Project 1				■	■	■	■					Completion(12.31)	
	Project 2			■	■								Completion(5.31)	
	Project 3			■	■	■		■					Extension of time ('19.6→'20.4)	

■ Exceeding DMI standards □ Extension of time

4.2 실무활용성을 위한 면담조사

면담조사는 본 연구에서 제시한 지연관리지수에 대하여 실무활용성 및 기존 연구와의 차별성을 검토하는 형식으로 진행되었다. 전문가는 현재 진행 또는 완료된 대규모 복합프로젝트 사업의 유경험자로 10년 이상의 경험이 있는 전문가를 대상으로 하였다. 본 면담조사를 통한 목적은 제안한 지연관리지수(DMI)가 실제 사업진행에 영향력을 가지고 있는지 검토하고 타 유사 프로젝트의 적용가능성에 대해 검토하였다.

면담조사 결과, 다양한 사업이 수행되는 프로그램 수준의 대형 건설사업에서 공정진행 사항에 대한 실용적이며 간단한 방법으로 하나의 평가기준을 수립한 것에 대하여 긍정적인 평가를 내렸다. 또한, 대규모 사업이 아닌, 단일 사업에서도 제안한 지연관리지수를 활용하면 공정분석 및 공기지연 예방차원에서 활용가능하다고 하였다. 하지만, 진행하고 있는 사업의 특성에 따라 절대적인 기준이 될 수 없다는 점을 지적하였다. 또한, 적용하는 데이터의 신뢰성이 중요하기 때문에 지연관리지수를 도출하기 위한 사업의 사례가 많다면 지수의 신뢰성이 더 높아지고 예측의 정확성을 한층 더 높일 수 있을 것이라는 의견이 있었다.

5. 결론

최근 건설공사는 각각의 크고 작은 프로젝트가 모여 건설 프로그램 형태의 성격을 지니는 사업이 등장하고 있다. 이러한 건설사업은 사회기반시설물을 포함한 다양한 프로젝트들의 집합체로써 계획된 일정 및 비용을 초과하지 않고 성공적으로 완수하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 대규모, 장기간 사업을 성공적으로 수행하고 공정지연 및 부진사업을 미연에 방지하기 위하여 지연관리지수(DMI)를 개발하였다. 또한, 개발한 지수를 활용하여 사례연구를 수행하였으며, 전문가 면담을 통해 활용성을 평가하였다.

본 연구에서 제시한 지연관리지수(DMI)는 다양한 프로젝트의 집합체인 프로그램 수준의 건설사업에 적용함으로써 쉽고 간편하게 지연관리(Delay Management) 할 수 있다는 점에서 차별성을 가진다. 향후 발주되는 대규모 건설사업에서 공정지연을 방지하고, 각 담당자가 맡고 있는 프로젝트의 진행 상황을 쉽고 간단하게 평가하기 위한 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 이를 바탕으로 각 사업 담당자의 공기지연 여부 및 대책, 공정현황 파악 등 의사결정에 도움이 될 것으로 판단된다.

향후 연구로는 각 사업별 도출된 지연관리지수(DMI)를 통합하여 프로그램 수준의 건설사업에서 통합된 지연관리지수에 대한 연구가 필요하고, 그에 따른 시스템 구축으로 각 담당부서 및 시공사, 감리단 등 사업관련 참여자의 원활한 사용방안에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다.

요약


최근 건설공사는 초대형화로 단일 공사규모가 복잡해지고 전문학적인 공사비가 소요되는 프로그램 관리 형태의 성격을 지니는 사업이 등장하고 있다. 특히, 대규모 건설사업과 같이 프로그램 수준에서 관리가 절대적으로 필요한 사업은 계획된 일정 및 비용에 대한 전체적인 관리가 필요하다. 하지만 국내의 경우 구체적인 공사지연에 관한 관리기준이 부재한 현실이다. 이에 본 연구에서는 대규모, 장기간 진행되는 프로그램 수준의 대규모 건설사업을 성공적으로 수행하고 공정지연 및 부진사업을 사전에 방지하기 위한 지연관리지수(Delay Management Index, DMI)를 개발하였다. 이를 통해 대규모 복합건설 프로젝트를 대상으로 사례연구를 수행하였으며, 프로그램 수준 건설사업을 위한 지연예방체계를 구축하였다.


키워드 : 지연예방, 지연관리지수, 프로그램 관리, 대규모 건설사업

Funding

Not applicable

ORCID

Jun-Hyeok Yu,  <http://orcid.org/0000-0002-4888-1930>

Ok-Kyue Kim,  <http://orcid.org/0000-0002-0654-8523>

References

1. Lee KC. Program management of the Incheon International Airport construction project(phase1). *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2020 Jun;21(3):9-13.
2. Back MC, Yoon YD. Introduction to program management of the USFK base relocation project. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2019 Jun;20(3):9-13.
3. Yoo KH. Program management of the Sejong city construction. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2020 Jun;21(3):14-8.
4. Han JK, Chin SY, Kim YS. An analysis on delay factors of major trades in apartment housing projects. *Journal of the Architectural Institute of Korea*. 2003 Mar;19(3):163-70.
5. Ji KC, Yu JH, Kim CD. The root cause analysis process for schedule delay in construction. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2006 Oct;7(5):138-48.
6. Lee HC, Lee JH, Go SS. A study on the priority analysis of work delay factors in steal-frame work using FMEA. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2009 Jan;10(1):91-101.
7. Lim GJ, Son CB. An analysis on the delay influence factors in apartment construction site. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*. 2017 Sep;33(9):43-50. https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2017.33.9.43
8. Ahn SH, Yu JH, Kim CD. An analysis on work delay factors in apartment house construction. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2007 Dec;8(6):159-66.
9. Lee HC, Lim SY, Yeo SK, Go SS. A study on the work delay factors of reinforced concrete work in apartment house construction. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2009 Apr;9(2):55-61. <https://doi.org/10.5345/JKIC.2009.9.2.055>
10. Park CW, Yun SH. A case study on reason analysis for schedule delay of apartment house. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2009 Feb;9(1):89-94. <https://doi.org/10.5345/JKIC.2009.9.1.089>
11. Lee SH, Kim YM, Kim JH, Kim JJ. Analysis of delay factors based on importance of construction subject-classified in apartment finishing works. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2011 Feb;11(1):73-81. <https://doi.org/10.5345/JKIC.2011.02.1.073>
12. Ryu HG, Yu JH, Lee HS. A method of calculating schedule delay considering lost productivity. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*. 2002 Oct;18(10):117-24.
13. Kim YJ, Hong JS, Kim KR, Shin DW. An analysis method for the concurrent delay using delay section concept. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*. 2004 Jun;20(6):141-8.
14. Koo JM, Lee JS. Construction delay analysis method considering productivity. *Journal of the Architectural Institute of Korea*.

2004 Apr;20(4):147-54.

15. Lee JS. Delay analysis using learning effect and linear scheduling in construction. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*. 2008 May;24(5):185-92.
16. Kim YJ, Kim TK, Jo DS, Lee HK. A study on substantiation methodology for extension of time in international mega-project claims. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2015 May;16(3):165-76. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2015.16.3.165>
17. Kim SG, Kwon SW. Case analysis on application of project delay analysis method in domestic construction project. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2019 Nov;20(6):98-106. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2019.20.6.098>