

임시 활주로 건설공사의 위험영향 및 손실비용 사례분석

강현욱¹ · 이원배² · 김민정³ · 김용수^{4*}

¹건설원가연구원 선임연구원 · ²중앙대학교 건축공학과 석사과정 · ³중앙대학교 건축공학과 석사과정 · ⁴중앙대학교 건축공학과 교수

A Case Study on the Risk Impact and Loss Cost of Temporary Aircraft Runway Construction

Kang, Hyunwook¹, Lee, Wonbae², Kim, Minjung³, Kim, Yongsu^{4*}

¹Researcher, The Chartered Research Institute of Construction Costs

²Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Chung-Ang University

³Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Chung-Ang University

⁴Professor, Department of Architectural Engineering, Chung-Ang University

Abstract : The purpose of this study is to derive the risk factors that occurred during the construction of the temporary aircraft runway and to analyse the risk costs and loss costs. For this purpose, actual construction data made during the construction of the aircraft runway were investigated. And the risk factors that occurred during the construction work were derived. So the increased construction costs and loss costs due to risk factors were analyzed. The results of this study are as follows: 1)The number of risk factors that occurred during the construction of the aircraft runway was derived from eight. 2)It was calculated that the total risk cost of 5.2million won, the risk cost of the owner's should be 243 million won and the cost of the contractor should be 277million won. 3)Owner's was up 2.36% from its planned budget and the contractor lost -277million won out of its planned profit of 443million won, resulting in a residual profit of 165million won. The results of the study are used as a reference for estimating risk factors and contingency that should be considered in aircraft runway construction.

Keywords : Aircraft Runway Construction Project, Actual Construction Data, Risk, Loss Cost, Case Study

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

비행 중인 항공기에 기체결함 등이 발생되어 계획된 공항에 착륙이 불가능한 경우 임시로 착륙하기 위해서 지정된 일반도로와 고속도로가 있다. 이와 같이 임시활주로로 사용이 가능한 도로의 주변지역은 항공기가 이륙과 착륙을 하여야 하므로 고도제한지구로 설정되어 있기 때문에 공동주택을 포함한 건축시설물을 건설할 때 층수가 제한된다.

최근 신도시의 개발과 도심지가 확장되고 거주인구가 증가되면서 임시활주로의 기능이 부여된 도로 주변의 고도제한지구를 해제하기 위한 계획이 추진되고 있다(군 공항 이전 및 지원에 관한 특별법, 2017). 상기와 같은 이유로 경기

도에 위치한 임시활주로로 사용되고 있는 일반도로 주변의 고도제한지구를 해제하기 위하여 근거리에 임시활주로 1개소를 신설하는 건설사업이 진행되었다.

임시활주로를 신설하는 건설사업은 설계·시공분리방식으로 추진되었으며, 설계도면은 해당 건설사업을 추진하는 발주기관에서 작성하고 최종 승인을 하였다. 그리고 시공은 입찰과정을 통하여 활주로 건설공사의 실적을 보유한 민간 건설회사가 낙찰되어 시공에 참여하였으며, 시공관리는 감리사와 발주기관에 소속된 건설공사를 관리하는 부서에서 담당하였다. 그러나 건설공사를 진행하는 과정에서 설계도면과 현장여건의 불일치 문제, 발주기관의 설계변경, 공사부지의 지반 조건, 계절적 기후요인, 자재의 조달 문제 등과 같은 위험의 발생으로 인하여 계약금액과 별도로 추가적인 공사비(위험을 조치하기 위해서 지출된 비용)가 증액되었다.

상기와 같이 임시활주로를 시공하는 과정에서 추가적으로 공사비가 증액되는 원인들은 설계도면을 작성하는 단계와 착공 이전 단계에서부터 검토 및 보완되어야 하나, 건설사업의 경우 목적물이 완성되어야 하는 시점이 계획되어 추진되므로 설계도면을 작성하는 기간과 목적물을 시공하는

* **Corresponding author:** Kim, Yongsu, Faculty, Department of Architectural Engineering, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

E-mail: yongsu@cau.ac.kr

Received September 15, 2019; revised October 28, 2019

accepted October 29, 2019

공사기간의 제한으로 인하여 상기와 같은 문제발생 요인이 내재되어 있기 때문에 공사비의 증액을 유발한다.

건설공사를 진행하는 과정에서 발생하는 위험으로 인하여 공사비가 증액되는 문제와 경제적 피해를 예방하기 위한 다양한 연구가 수행되었으며, 관련된 주요 선행연구의 내용을 요약하면 다음과 같다.

주요 선행연구는 건설사업(건축, 토목, 플랜트)을 대상으로 사업초기단계에서 발생이 예상되거나 발생가능성이 상대적으로 높은 위험을 식별하여 경제적인 피해를 예측하고 대응하기 위한 체크리스트, 영향관계도 등을 분석하기 위한 모델을 제시하였으며, 선정된 사례에 적용하여 제시된 모델의 활용성을 검증하였다(Ahn, 2015; Cha et al., 2011; Han et al., 2014; Kang et al., 2018; Kang et al., 2016; Kim et al., 2017; Kim, 2010).

상기와 같은 선행연구는 위험요인의 종류와 그 위험요인으로 인한 경제적 피해를 예측하기 위하여 전문가의 설문과 면담으로 연구가 진행되었기 때문에 연구의 배경에서 설명한 내용과 같이 임시활주로의 이전사업이 지속적으로 계획되어 있고 전문가의 설문과 면담조사를 보완하기 위하여 완료된 임시활주로의 건설사업을 대상으로 건설공사를 진행하는 과정에서 생성된 시공자료(실정보고자료, 설계변경요청자료, 설계변경승인자료, 계약내역, 준공내역 등)에 의한 위험의 영향과 경제적 피해를 분석한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 임시활주로를 건설하는 과정에서 생성된 시공자료를 기반으로 공사비의 증액을 유발한 위험항목을 도출하고 그 위험항목을 처리하기 위하여 지출된 위험비용과 손실비용을 분석하는 것으로 세부적인 내용은 다음과 같다.

- 1) 임시활주로를 건설하는 과정에서 생성된 실정보고자료, 설계변경요청자료, 설계변경승인자료, 계약내역, 준공내역 등을 조사하여 발생한 위험항목을 도출¹⁾한다.
- 2) 도출된 위험항목을 조치하기 위해서 지출된 위험비용과 손실비용을 분석²⁾한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설공사가 완료된 임시활주로를 건설하는 기간동안에 발생되었던 위험항목과 이러한 위험항목을 조치하기 위해서 추가적으로 비용이 지출되었던 증빙자료와 경제적 피해 등을 분석하기 위하여 필요한 시공자료의 수집과 조

사가 완료되어 객관적인 결과의 도출이 가능함으로 사례대상으로 선정하였다. 이에 따라 건설공사를 진행하는 과정에서 생성된 시공자료를 기반으로 발생한 위험항목과 지출된 위험비용 그리고 위험비용으로 인한 손실비용을 분석한다.

또한 위험항목과 지출된 위험비용의 분석은 임시활주로 공사의 주요 공사종류인 토목공사를 범위로 한정하며, 위험항목을 조사하는 단계와 위험비용과 손실비용을 분석하는 구체적인 방법은 다음과 같다.

먼저 선정된 사례대상의 건설공사를 진행하면서 생성된 실정보고, 설계변경요청자료, 설계변경승인자료, 변경계약서, 계약내역, 준공내역 등과 같은 시공자료³⁾를 수집한다. 그리고 수집된 시공자료에서 공사비의 증액을 유발하였던 위험항목을 조사하여 도출한다.

상기와 같은 과정으로 도출된 위험항목이 공사기간 중에서 어느 시점에 발생되었으며, 발생한 원인과 증액된 공사비를 부담한 기관(발주기관 또는 건설회사)을 구분한다.

위험비용과 손실비용의 분석은 설계변경승인자료, 변경계약서, 준공내역을 기반으로 도출된 위험항목을 조치(처리)하기 위해서 발주기관과 건설회사에서 추가적으로 지출한 공사비를 조사 및 산정하고 사업참여자들의 검토과정을 통하여 최종적으로 위험항목별로 지출된 위험비용을 확정한다.

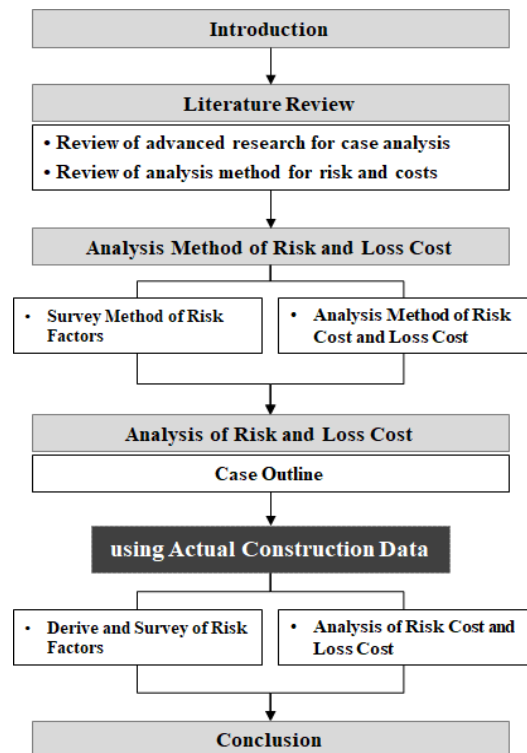


Fig. 1. Procedure and Method of Research

- 1) 위험항목의 조사 및 도출은 발생되었던 위험항목을 조치하기 위해서 추가적으로 공사비가 지출된 항목을 선별하여 도출함.
- 2) 본 연구에서 위험비용은 발생한 위험항목을 조치하기 위해서 추가적으로 지출된 비용(공사비)을 의미하는 것으로 이에 대한 용어를 위험비용으로 정의함.

- 3) 시공자료는 본 사례대상인 임시 활주로를 건설하는 과정에서 감독기관, 시공사에서 작성된 공사관련 자료임.

그리고 위험비용은 발주기관의 책임으로 인하여 발생한 위험항목을 조치하기 위해서 지출된 위험비용과 건설회사의 책임으로 인하여 발생한 위험항목을 조치하기 위해서 지출된 위험비용을 분류하여 각각 손실비용을 분석한다(Fig. 1).

2. 선행연구 고찰

2.1 선행연구 조사 및 고찰

본 연구의 배경과 목적의 차별성과 분석방법의 타당성 등을 검토하기 위해서 위험분석, 사례연구, 위험을 고려한 비용 분석, 위험예비비 예측 등을 범위로 연관된 주요 선행연구를 고찰하였으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

건설공사를 추진하는 과정에서 발생한 위험요인을 조사하여 위험요인의 영향강도(Risk Impact)와 발생확률(Probability)을 평가하였으며, 이와 같은 연구 결과는 건설공사를 추진하는 과정에서 발생확률이 높은 위험요인의 식별과 영향강도를 평가하기 위한 참고자료로 활용된다(Ahn, 2015). 또한 건축공사를 사례로 선정하여 토공사, 기초공사, 철근콘크리트공사를 진행하면서 발생한 위험요인을 조사하고 위험요인이 공사를 수행하는 과정에서 공사기간(Time)과 위험비용(Cost)에 영향을 미치는 관계도를 구성하였다(Kim, 2010).

건설사업을 진행하는 과정에서 발생하는 위험의 영향은 최종적으로 사업비의 변동(증액, 감액)을 유발하기 때문에 위험의 영향에 따라 사업비가 변동되는 범위의 예측이 필요하다. 이에 따라 사업대상의 특성을 고려하여 발생 가능성이 상대적으로 높은 위험요인을 선정하고 해당 위험요인이 발생되었을 때 사업비가 변동되는 범위를 확률모델을 이용하여 예측하였다(Kang, 2016; Kim, 2017; Kang, 2018). 이와 같이 위험의 영향에 따른 비용의 변동 범위를 예측한 결과는 사업초기단계에서 또는 착공 이전단계에서 발생가능한 위험을 고려한 적정 예비비를 책정하기 위한 기준으로 활용된다.

건설사업에서 중요하게 관리되는 항목을 Schedule, Budget, Quality, Safety, Environment, Contractual, Managerial로 분류하여 위험요인을 도출하고 13개의 사례에 적용하여 위험요인의 발생에 따른 Project Risk Score를 평가하였다(Cha, 2011). 또한 해외 건설사업에서 고려되는 환율 변동, 비용지불 조건, 자재조달 조건 등의 위험을 반영하여 재무적 타당성을 평가하는 모델을 제안하고 사례연구를 수행하였다(Han, 2014).

2.2 선행연구 제한사항

본 연구와 연관된 주요 선행연구를 고찰한 결과, 예상하지 못한 위험의 발생과 위험이 건설공사에서 중요하게 관리되

는 공정, 원가 등에 미치는 영향에 대해서 분석하였으며, 이와 같은 분석 결과는 건설공사를 착공하는 이전단계에서 위험요인을 인식하고 위험요인의 영향을 고려하여 비용을 관리하기 위한 참고자료를 제시하였다. 이와 같은 자료는 위험관리에 대한 방안을 계획하고 수립하기 위하여 사업참여자들 간의 의사결정을 하는 과정에서 객관적인 자료로 활용이 용이하다. 그러나 선행연구의 경우 건설공사를 진행하는 과정에서 생성된 시공자료를 조사 및 분석하여 발생되었던 위험항목과 위험의 영향에 따른 비용의 변동현황 등과 같은 결과를 도출하기에는 자료조사의 제한이 있으므로 전문가의 설문과 면담결과를 적용하는 방법으로 연구가 진행되었다.

따라서 건설사업을 진행하는 과정에서 발생이 예상되는 위험항목과 위험이 발생되었을 때 미치는 영향을 예측하고 이를 조치하기 위해서 필요한 적정 비용 등을 객관적으로 추정하기 위해서는 완료된 건설사업에서 수집 및 조사된 시공자료를 통하여 결과를 분석하는 연구가 필요하므로 본 연구는 주요 선행연구의 제한점의 보완과 연구의 배경에서 설명한 연구의 취지에 따라 임시활주로를 건설하는 과정에서 생성된 시공자료를 기반으로 위험항목을 도출하고 위험항목을 처리하기 위해서 지출한 위험비용과 손실비용을 분석한다.

3. 위험항목 및 손실비용 분석 방법

3.1 분석 방법 개요

사례대상으로 선정된 임시활주로의 건설사업을 대상으로 위험항목을 조사하여 도출하고 위험비용과 손실비용을 분

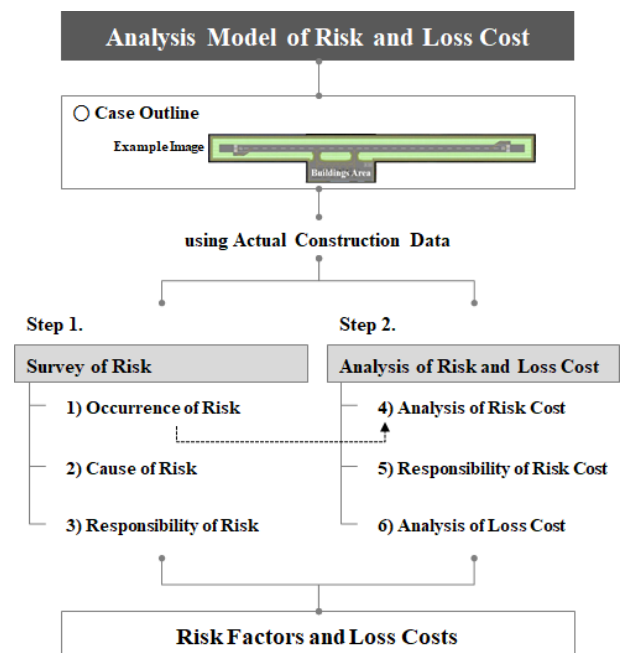


Fig. 2. Analysis of Risk and Loss Cost

석하기 위한 절차와 방법은 Step 1. Survey of Risk와 Step 2. Analysis of Risk and Loss Cost로 구성된다(Fig. 2).

Step 1의 목적은 위험항목을 조사하여 도출하는 것으로 1)건설공사를 진행하면서 발생되었던 위험항목을 조사하고 조사된 위험항목 중에서 공사비의 증액을 유발한 위험항목과 발생시점을 도출하는 단계(Occurrence of Risk), 2)발생된 위험항목이 어떠한 원인으로 발생되었는지를 확인 및 분류하는 단계(Cause of Risk), 3)위험항목이 발생한 원인과 이를 조차하기 위해서 추가적으로 공사비를 부담하여야 하는 책임기관을 분류하는 단계(Responsibility of Risk) 순서로 위험항목을 도출한다.

Step 2의 목적은 위험항목을 조차하기 위해서 지출된 위험비용과 손실비용을 분석하는 것으로 4)발생된 위험항목을 처리하기 위해서 추가적으로 지출된 위험비용을 산정하는 단계(Analysis of Risk Cost), 5)위험항목을 처리하기 위해서 추가적으로 지출한 위험비용을 부담하여야 하는 책임기관별로 분류하는 단계(Responsibility of Risk Cost), 6)지출된 위험비용에 따른 손실비용을 분석하는 단계(Analysis of Loss Cost)로 구성한다.

3.2 위험항목 조사방법

위험항목을 조사하는 방법은 1)발생되었던 위험을 조사하여 목록을 작성(Occurrence of Risk)하고, 2)어떠한 원인으로 위험이 발생되었는지를 확인(Cause of Risk)하여 설계오류와 시공오류로 분류한다. 그리고 발생된 위험을 조차하기 위해서 추가적으로 위험비용을 부담한 기관(Responsibility of Risk)을 구분하며, 위험항목을 조사하는 단계별 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

3.2.1 Occurrence of Risk

사례대상의 건설사업을 수행하는 과정에서 발주기관과 건설회사 간에 수발신 되었던 설계변경 자료(실정보고, 설계변경 승인 통보 등)를 조사하여 위험항목을 조사하였다. 그리고 조사된 위험항목 중에서 위험비용의 증액을 유발한 위험항목만을 추출하여 목록을 구성하였다. 또한 목록으로 구성된 위험항목이 착공시점을 기준으로 언제 발생되었는지에 대한 이력은 발주기관에 발송한 실정보고 자료를 기준하여 확인하였다. 이와 같은 위험요인의 발생시점에 대한 이력을 확인하는 이유는 건설사업을 추진하는 초기, 중기, 말기 단계 중에서 어느 시점에 어떠한 종류의 위험항목이 발생되었는지에 대한 확인을 통해서 향후 위험비용의 변동에 따른 비용관리계획을 수립하기 위한 참고자료로 활용이 용이하기 때문이다.

3.2.2 Cause of Risk

구성된 위험항목별로 어떠한 원인으로 인하여 발생되었

는지를 확인하고 구분하는 것으로 발생한 원인은 설계오류(발주기관의 설계변경 및 설계도면과 현장의 불일치 등)와 시공오류(시공상의 문제 등)로 구분하였다.

3.2.3 Responsibility of Risk

위험항목에 대하여 발생 원인을 설계오류와 시공오류로 구분한 결과에 따라 추가적으로 위험비용을 부담한 기관을 분류한다. 즉 설계오류로 인하여 발주기관이 부담한 위험비용과 시공오류로 인하여 건설회사가 부담한 위험비용을 산정한다. 이와 같이 산정된 위험비용 중에서 발주기관의 책임으로 인하여 지출된 위험비용은 설계변경 심의를 통하여 도급자(건설회사)의 계약금액이 증액되므로 이를 고려한 손실비용을 분석해야 하기 때문이다.

3.3 위험비용 및 손실비용 분석방법

위험비용을 분석하는 방법은 1)발생된 위험항목별로 조차하기 위해서 지출된 위험비용을 산정(Risk Cost of Risk)하고, 2)위험항목을 조차하기 위해서 지출된 위험비용을 부담한 기관별로 구분(Responsibility of Risk Cost)한다. 그리고 3)위험항목을 조차하기 위해서 발주기관과 건설회사에서 지출된 위험비용을 산정한 결과에 따라 손실비용을 분석하는 것으로 단계별 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

3.3.1 Analysis of Risk Costs

건설회사의 실정보고 자료와 발주기관의 설계변경 심의 및 승인 자료를 참고하여 위험항목별로 증액된 위험비용을 산정한다. 증액된 위험비용은 직접위험비용을 기준으로 하며, 직접위험비용의 증액에 따라 연계되어 증액되는 간접위험비용을 제외한다. 이는 간접위험비용의 경우 조달청에서 시설공사 원가계산 제비율 적용기준이 제시되어 있지만, 건설회사의 건설위험비용 원가계산 방식 등에 따라 상이하므로 간접위험비용을 제외한 직접위험비용만을 산정하였다.

3.3.2 Responsibility of Risk Cost

건설공사를 진행하는 과정에서 발생되었던 위험항목을 조차하기 위해서 위험비용을 부담한 기관을 구분하는 것으로 상기의 3.2위험항목을 조사하는 단계에서 위험항목이 발생한 원인별로 책임 기관을 구분한 기준과 동일하게 구분한다.

3.3.3 Analysis of Loss Cost

손실비용은 건설회사의 최초 계약금액을 기준으로 발주기관의 책임으로 인하여 부담한 위험비용과 건설회사의 책임으로 인하여 부담한 위험비용을 포함하여 최종적으로 건설회사가 체결한 계약금액 대비 손실비용을 분석한다. 즉 발주기관은 건설회사와 최초 계약된 금액 외에 발주기관의 책임으로 인하여 발생한 위험항목을 조차하기 위해서 추가로


지출된 위험비용이 손실비용이므로 건설회사에서 최초 계약된 수익 대비 준공단계에서의 정산된 위험비용 대비 수익에 대한 손실비용을 분석한다.

4. 위험항목 및 손실비용 분석

4.1 사례대상 개요 및 계약금액

임시활주로를 건설하는 공사기간 동안에 발생되었던 위험항목의 도출과 위험항목을 조치하기 위해서 추가적으로 지출된 위험비용 그리고 손실비용을 분석하기 위한 사례대상의 개요는 <Table 1>과 같다.

Table 1. Case Outline

| Item | Explanation |
|---------------|--|
| Name | Aircraft Runway Construction Project |
| Period | 2012. 04 - 2013.11 |
| Price | 10,291,169,919 Won |
| Scope | <ul style="list-style-type: none"> Runway : 1 place Width : 120ft(36.5m) Length : 9,200ft(2,804.2m) |
| Example Image |  |

위험항목의 도출과 지출된 위험비용 그리고 손실비용의 분석은 상기의 1.2 연구의 범위 및 방법에서 토목공사로 범위를 한정하였으므로 위험비용과 손실비용을 분석하기 위하여 반영되는 토목공사에 대한 계약금액은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Contracted Price

[Unit: won]

| Cost Item | Price | Rate |
|-----------------|----------------|--------|
| Total cost | 10,291,169,919 | 100% |
| Prime cost | 9,848,009,492 | 95.69% |
| Civil work cost | 9,848,009,492 | |
| Material cost | 3,476,347,351 | |
| Labor cost | 4,264,188,110 | |
| Machine cost | 1,530,380,675 | |
| Expenses | 577,093,356 | |
| Profit | 443,160,427 | 4.31% |

사례대상 건설공사의 계약금액은 16,285백만원(부가가치세 미포함)이며, 이와 같은 계약금액 중에서 분석대상으로 한정된 토목공사는 10,291백만원이다. 그리고 토목공사의 공사비를 구성하는 항목 중에서 직접공사비는 9,848백만원(95.69%)이며, 수익은 443백만원(4.31%)으로 책정하였다.

4.2 위험항목 조사 및 도출

위험항목은 사례대상으로 선정된 임시활주로를 건설하는 과정에서 발생되었던 위험항목을 조사하고 그 위험항목 중에서 추가적으로 위험비용의 지출을 유발한 설계변경 사항, 재시공 사항, 보완시공 사항 등에 해당하는 위험항목을 도출한다. 이와 같은 위험항목은 시공자료(실정보고자료, 설계변경 요청자료, 설계변경 승인자료, 변경내역서 등)를 기반으로 조사하여 도출하고 위험항목별로 착공시점을 기준으로 발생한 시점과 발생한 원인 그리고 위험항목을 조치한 책임기관(발주기관 또는 건설회사)을 분류한다. 상기와 같은 자료와 방법에 따라 사례대상으로 선정된 임시활주로를 건설하는 과정에서 발생되었던 위험항목을 도출한 결과는 <Table 3>과 같다.

Table 3. Risk Factors

| No | Risk Factor |
|----|--|
| 01 | Lack of improved for soft ground |
| 02 | Error in route survey of drainageway |
| 03 | Extension of length for drainageway |
| 04 | Increase capacity of drain pump |
| 05 | Lack of size for aggregate in concrete |
| 06 | Cracking of concrete |
| 07 | Subsidence of soft ground |
| 08 | Extension of width for taxiway |

도출된 위험항목은 ①연약지반의 치환불량, ②배수로의 경로 측량 오류, ③배수로의 길이 연장, ④배수펌프의 용량 증설, ⑤레미콘 골재 규격 불량, ⑥콘크리트 균열 발생, ⑦지반의 침하 발생, ⑧유도로의 넓이 확장 8종류이며, 착공시점을 기준으로 발생한 시점과 발생한 원인 그리고 책임기관을 분류하면 <Table 4>와 같다.

Table 4. History of Risk Factor

| No | Occurrence | Cause | Responsible |
|----|---------------------|-----------------------|-------------|
| 01 | Start+8M | Error in construction | Contractor |
| 02 | Start+3M | Error in construction | Contractor |
| 03 | Start+8M | Error in design | Owner's |
| 04 | Start+8M | Error in design | Owner's |
| 05 | Start+4M | Error in construction | Contractor |
| 06 | Start+11M, 15M, 17M | Error in construction | Contractor |
| 07 | Start+7M | Error in construction | Contractor |
| 08 | Start+3M | Error in design | Owner's |

위험항목 8개 중에서 설계오류는 3개 그리고 시공오류는 5개이며, 설계오류는 발주기관에서 현장여건과 운용상의 문제로 인한 설계변경을 요청한 사항이다. 그리고 시공오류는

건설회사가 시방서와 설계도면을 기준으로 공사를 진행하는 과정에서 시공오류, 계절적인 기후영향 등으로 재시공 및 보완시공이 발생되었다.

4.3 위험비용 및 손실비용 분석

위험비용은 4.2절에서 도출된 8개의 위험항목을 조치하기 위해서 지출된 비용을 의미하며, 시공자료 중에서 계약내역과 준공내역 그리고 설계변경 승인자료 등을 기반으로 위험항목별로 산정한다. 위험항목별로 산정된 위험비용은 사례대상의 건설공사에 참여한 발주기관의 담당자와 건설회사의 담당자가 검토하여 최종 지출된 위험비용을 확정하였다 <Table 5>.

Table 5. Risk Costs

[Unit: KRW won]

| No | Risk Factor | Risk Cost | Rate |
|-------|---|-------------|--------|
| 01 | Lack of improved for soft ground | 63,813,344 | 12.26% |
| 02 | Error in route surveying of drainageway | 28,164,271 | 5.41% |
| 03 | Extension of length for drainageway | 62,667,058 | 12.04% |
| 04 | Increase capacity of drain pump | 37,795,541 | 7.26% |
| 05 | Lack of size for aggregate in concrete | 48,984,000 | 9.41% |
| 06 | Cracking of concrete | 64,325,000 | 12.36% |
| 07 | Subsidence of soft ground | 71,933,106 | 13.82% |
| 08 | Extension of width for taxiway | 142,834,579 | 27.44% |
| Total | | 520,516,899 | 100% |

발주기관과 건설회사가 추가로 지출한 위험비용은 520백만원이며, 설계오류와 설계변경 등으로 인하여 발주기관이 부담하여야 하는 위험비용은 243백만원(46.74%)이고 시공상 오류 등으로 인하여 건설회사가 부담하여야 하는 위험비용은 277백만원(53.26%)이다 <Table 6>.

Table 6. Cause of Risk Factor

[Unit: KRW won]

| Item | Risk Cost | Rate | Remark |
|------------|-------------|--------|------------------------------|
| Owner's | 243,297,178 | 46.74% | Sum of No 01, 02, 05, 06, 07 |
| Contractor | 277,219,721 | 53.26% | Sum of No 03, 04, 08 |
| Total | 520,516,899 | 100% | |

상기 4.2절에서 위험항목이 발생된 시점과 지출된 위험비용을 비교해 보면, 전체 위험비용 520백만원 중에서 공사 초기단계(착공부터 5개월까지)에 지출된 위험비용은 42.26%를 차지하고 공사 진행단계(5개월부터 15개월까지)는 54.19%, 공사 준공단계(15개월부터 20개월까지)는 3.55%가 지출되었다.

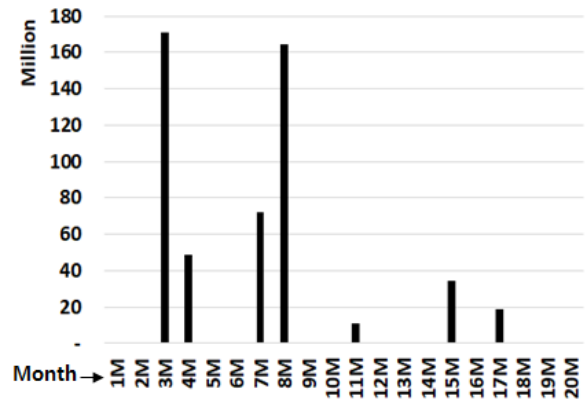


Fig. 3. Occurrence Status of Risk Costs

위험항목을 조치하기 위해서 지출된 520백만원은 최초 계약금액 9,848백만원 대비 5.29%를 차지하며, 항목별로 계약금액 대비 위험비용의 비율을 계산한 결과는 <Table 7>과 같다.

Table 7. Cause of Risk Factor

[Unit: KRW won]

| No | Risk Factor | Risk Cost | Rate* |
|-------|---|-------------|-------|
| 01 | Lack of improved for soft ground | 63,813,344 | 0.65% |
| 02 | Error in route surveying of drainageway | 28,164,271 | 0.29% |
| 03 | Extension of length for drainageway | 62,667,058 | 0.64% |
| 04 | Increase capacity of drain pump | 37,795,541 | 0.38% |
| 05 | Lack of size for aggregate in concrete | 48,984,000 | 0.50% |
| 06 | Cracking of concrete | 64,325,000 | 0.65% |
| 07 | Subsidence of soft ground | 71,933,106 | 0.73% |
| 08 | Extension of width for taxiway | 142,834,579 | 1.45% |
| Total | | 520,516,899 | 5.29% |

* Rate : Rate of risk cost to civil work contracted price

위험항목의 도출과 위험비용을 분석한 결과를 종합해보면, 사례대상으로 선정된 임시활주로를 건설하는 과정에서 최초 계약된 금액의 변동을 유발한 위험항목은 8개로 도출되었으며, 위험항목을 조치하기 위해서 추가적으로 지출된 위험비용은 520백만원으로 발주기관이 243백만원, 건설회사는 277백만원으로 산정되었다.

손실비용은 발주기관과 건설회사 간에 체결한 최초 계약 금액에 위험비용을 더한 금액에서 발주기관이 부담하여야 하는 위험비용을 차감하는 방법으로 건설회사가 최초로 계획하였던 수익의 손실비용을 분석하였으며, 구체적인 내용은 다음 <Table 8>과 같다.

건설회사의 최초 계약금액(Contracted Price) 10,291백만 원에 위험비용(Risk Cost) 520백만원을 더하면 사례대상의 건설공사에 소요된 총 금액(Calculated Cost)은 10,811백만원(최초 수익 443백만원 포함)이다. 그러나 발생한 위험항목

중에서 발주기관이 부담하여야 하는 추가 위험비용(Change Order) 243백만원을 차감하면 최종 준공금액(Completed Cost)은 10,568백만원(최초 수익 443백만원 포함)인 반면에 건설회사의 책임으로 인하여 부담하여야 하는 추가 위험비용 277백만원을 반영하면 최종적으로 건설회사의 수익은 165백만원(443백만원 - 227백만원)으로 산정되었다.

따라서 건설회사의 수익은 -227백만원이 손실되었으며, 손실된 금액은 사례대상 건설공사를 진행하는 과정에서 건설회사의 책임으로 인하여 부담하여야 하는 위험비용만큼의 손실이 발생된 것이며, 발주기관은 건설회사와 체결한 계약금액 대비 2.36%의 추가적인 예산이 지출되었다.

본 사례연구는 임시 활주로를 건설하는 과정에서 예상하지 못한 위험의 발생(설계오류, 시공오류 등)으로 인하여 발주기관과 건설회사에 미치는 경제적 피해를 분석하였으며, 이와 같은 분석을 위하여 필요한 자료를 시공과정에서 작성된 실정보고, 설계변경요청자료, 설계변경승인자료, 변경계약서, 계약내역, 준공내역 등을 반영하였으므로 객관적인 결과의 도출이 가능하였다.

상기와 같은 자료를 활용하여 도출된 결과로 인하여 위험의 발생으로 인한 경제적 피해 정도를 확인하였으며, 향후 활주로 건설공사 시에는 기획단계에서 사용자의 요구사항에 대한 정확한 파악과 설계단계에서 현장여건과 주변환경에 대한 반영이 필요하다. 또한 시공단계에서는 자재수급과 계절적 영향에 따른 콘크리트의 양생관리가 매우 중요한 것으로 해석되었다.

5. 결론

본 연구의 목적은 임시활주로를 건설하는 과정에서 발생된 위험항목을 도출하고 도출된 위험항목을 조치하기 위해서 지출된 위험비용에 따라 발주기관과 건설회사의 손실비용을 분석하는 것이다.

이와 같은 연구의 목적에 따라 건설공사가 완료된 임시활주로를 사례대상으로 선정하였으며, 건설공사를 진행하는 과정에서 생성된 시공자료(실정보고자료, 설계변경요청자료, 설계변경승인자료, 계약내역, 준공내역 등)를 기반으로 공사비의 변동을 유발한 위험항목과 위험항목을 조치하기 위해서 지출된 위험비용 그리고 손실비용을 분석하였다.

사례대상으로 선정된 임시활주로를 건설하는 기간 동안에 발생되었던 위험항목을 조사한 결과 8개의 위험항목이 도출되었으며, 그 중에서 발주기관의 책임으로 인하여 발생된 위험항목은 3개, 건설회사의 책임으로 인하여 발생된 위험항목은 5개이다. 그리고 위험항목을 조치하기 위해서 추가적으로 지출된 위험비용은 520백만원으로 발주기관이 부담하여야 하는 위험비용은 243백만원, 건설회사가 부담하여야 하는 위험비용은 277백만원으로 산정되었다. 이와 같이 산정된 위험비용에 따라 발주기관과 건설회사의 손실비용을 분석해 보면, 발주기관은 건설회사와 체결된 계약금액 대비 2.36%의 예산이 추가적으로 지출되었으며, 건설회사는 최초 계획된 수익 443백만원 중 -277백만원이 손실되어 잔여수익은 165백만원으로 분석되었다.

상기와 같은 사례연구를 위해서 선정된 임시활주로는 지자체의 정책사업으로 공사기간이 다소 부족하게 계획되었

Table 8. Comparison of Contracted Price and Completed Price

[Unit: KRW won]

| Cost Item | Contracted Price | Risk Cost | Calculated Cost ¹⁾ | Change Order | Completed Price ²⁾ | Variation Cost ³⁾ | Rate ⁴⁾ |
|-----------------|------------------|-------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Total cost | 10,291,169,919 | 520,516,899 | 10,445,882,863 | 243,297,178 | 10,291,169,919 | - | - |
| Prime cost | 9,848,009,492 | 520,516,899 | 10,368,526,391 | 243,297,178 | 10,125,229,213 | 277,219,721 | 2.81% |
| Civil work cost | 9,848,009,492 | 520,516,899 | 10,368,526,391 | 243,297,178 | 10,125,229,213 | 277,219,721 | 2.81% |
| Material cost | 3,476,347,351 | 183,742,465 | 3,660,089,816 | 76,030,368 | 3,584,059,448 | 107,712,097 | 3.10% |
| Labor cost | 4,264,188,110 | 225,383,817 | 4,489,571,927 | 98,121,752 | 4,391,450,175 | 127,262,065 | 2.98% |
| Machine cost | 1,530,380,675 | 80,888,326 | 1,611,269,001 | 61,554,186 | 1,549,714,815 | 19,334,140 | 1.26% |
| Expenses | 577,093,356 | 30,502,290 | 607,595,646 | 7,590,872 | 600,004,775 | 22,911,418 | 3.97% |
| Profit | 443,160,427 | | -77,356,472 | | 165,940,706 | -277,219,721 | -62.56% |

※ Formula

1) Calculated Cost :

- Material cost, Labor cost, Machine cost, Expenses cost = Contracted Price + Risk Cost
- Civil work cost = Material cost + Labor cost + Machine cost + Expenses cost
- Prime cost = Civil work cost
- Total cost = Prime cost + Profit

2) Completed Price :

- Material cost, Labor cost, Machine cost, Expenses cost = Calculated Cost - Change Order
- Civil work cost = Material cost + Labor cost + Machine cost + Expenses cost
- Prime cost = Civil work cost
- Total cost = Prime cost + Profit

3) Variation Cost : Completed Price - Contracted Price

4) Rate : Rate of increased cost to contracted price(Completed Price - Contracted Price) ÷ Contracted Price

으며, 활주로 공사에서 가장 중요한 재료인 콘크리트를 배합하기 위한 별도의 배척플랜트를 설치하기 어려운 환경에서 인근 레미콘 공장에서 설계배합기준에 부합하기 위한 배척플랜트를 개조하여 콘크리트를 배합하여 조달하는 방법 등으로 인하여 타 활주로 공사의 조건과 다른 특성이 있다. 또한 1개의 임시활주로를 대상으로 분석된 결과이므로 평균적인 위험비용과 손실비용을 분석하기에는 한계가 있으나, 활주로를 건설하는 사업을 추진하는 경우에 발주기관과 건설회사에서 사업비 또는 공사비의 변동 가능성과 위험비용의 범위 등을 예측하기 위한 자료로 활용이 용이하며, 본 사례 연구의 결과를 통하여 발생이 예상되는 위험항목을 조치하기 위해서 필요한 적정 예비비의 추정에 참고가 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 플랜트 연구개발 사업(No. 15IFIP-B091004-06)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Ahn, S. (2015). "A Case Study of the Risk Identification in Construction Project." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 16(1), pp. 15-23.
- Cha, H.S., and Shin, K.Y. (2011). "Predicting Project Cost Performance Level by Assessing Risk Factors of Building Construction in South Korea." *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 10(2), pp. 437-444.
- Han, S.H., Park, H.K., Yeom, S.M., Chae, M.J., and Kim, U.Y. (2014). "Risk-Integrated Cash Forecasting for Overseas Construction Projects." *KSCE Journal of Civil Engineering*, 18(4), pp. 875-886.
- Kang, H.W., and Kim, Y.S. (2018). "A Model for Risk Cost and Bidding Price Prediction Based on Risk Information in Plant Construction Projects." *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(11), pp. 4215-4229.
- Kang, H.W., and Kim, Y.S. (2016). "Analysis of the Probabilistic Cost Variation Ranges According to the Effect of Core Quantitative Risk Factors for an Overseas Plant Project." *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(2), pp. 509-518.
- Kim, Y.S., and Kang, H.W. (2017). "Development of a Model for Risk and Cost Analysis in Overseas Plant Construction Projects." *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(5), pp. 1549-1562.
- Kim, J.H. (2010). "Plans for Reducing Risk through a Case Study of Risk Factors at a Construction Site." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 10(4), pp. 83-93.

요약 : 본 연구의 목적은 임시활주로를 건설하는 과정에서 발생된 위험항목을 도출하고 위험항목을 조치하기 위해서 지출된 위험비용에 따른 손실비용을 분석하는 것이다. 이에 따라 건설공사가 완료된 임시활주로를 사례대상으로 선정하였으며, 시공자료(실정보고자료, 설계변경요청자료, 설계변경승인자료, 계약내역, 준공내역 등)를 기반으로 공사비의 변동을 유발한 위험항목과 위험항목을 조치하기 위해서 지출된 위험비용 그리고 손실비용을 분석하였다. 사례대상으로 선정된 임시활주로를 건설하는 기간 동안에 발생되었던 위험항목은 8개로 도출되었으며, 그 중에서 발주기관의 책임으로 인하여 발생된 위험항목은 3개, 건설회사의 책임으로 인하여 발생된 위험항목은 5개이다. 그리고 위험비용은 520백만원으로 발주기관이 부담하여야 하는 위험비용은 243백만원, 건설회사가 부담하여야 하는 위험비용은 277백만원으로 산정되었다. 이에 따라 발주기관은 건설회사와 체결된 계약금액 대비 2.36%의 예산이 추가적으로 지출되었고 건설회사는 최초 계획된 수익 443백만원 중 -277백만원이 손실되어 잔여수익은 165백만원으로 분석되었다.

키워드 : 임시활주로, 시공자료, 위험항목, 손실비용, 사례연구