

# 활주로 건설공사의 위험사건에 따른 손실비용 및 위험예비비 분석

강현욱\*

<sup>1</sup>광주대학교 건축학부 건축공학과 조교수

## Analysis of Loss Costs and Risk Reserve due to Risk Events for Aircraft Runway Construction

Kang, Hyun Wook\*

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Architectural Engineering, Gwangju University

**Abstract :** The purpose of this study is to derive risk events that occurred during aircraft runway construction and analyze loss costs for project participants. For this purpose, design change data, contracted statement and completed statement were investigated. The results of this study are as follows: There were 12 risk events in the process of construction, 5 design errors and 7 construction errors. The increased construction costs due to such risk events were calculated as KRW 726 million. Of the KRW 726 million that was increased due to risk events, about 52.57% was spent by the ordering agency, and about 47.43% contractors. The increased construction costs due to such risk events are about 4.86% of the direct construction costs of KRW 14.9 billion. Based on the results derived from these case studies, a method for estimating reserve costs and construction costs considering risk events is presented.

**Keywords :** Aircraft Runway, Risk Events, Variation Costs, Loss Costs, Estimation Reserve

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건설공사는 발주기관과 건설사 간에 계약을 체결하고 발주기관으로부터 받은 설계도서(공사시방서, 설계도면, 현장설명서, 공사기간 산정근거)에 따라 공사를 진행한다. 그러나 건설공사를 진행하는 과정에서 설계도면과 현장여건의 불일치, 발주기관의 추가 요구사항, 설계변경 등과 같이 착공시점에서 예상하지 못한 특정 상황을 발생시키는 요인을 위험사건(위험요인)이라고 정의 할 수 있다(Kang et al., 2018).

공사금액의 변동을 유발하는 위험사건은 어떠한 건설공

사에서도 발생될 가능성이 있고 실제로도 발생되기 때문에 해당 건설공사에 참여한 발주기관과 건설사 모두 경제적 손실 피해를 받게 된다. 즉, 위험사건이 발생하게 되면, 그 원인을 제공한 주체가 발주기관인 경우와 건설사인 경우로 구분되고 그 원인을 제공한 주체가 변동되는 공사금액을 부담하여야 하므로 사업에 참여한 모든 주체에게 경제적 손실 피해가 발생 되는 것이다.

사업참여자별로 경제적 손실 피해의 유형을 살펴보면, 발주기관은 계약 잔액을 활용하기도 하지만, 그 잔액을 초과하는 경우 추가 예산을 확보하여야 한다. 그리고 건설사는 예정된 수익이 감액되고 공사금액이 추가로 투입되어 적자가 발생되기 때문에 경제적 손실에 따른 피해보상을 받기 위한 법적 소송으로 이어지고 있다.

전술한 바와 같이 위험사건으로 인한 경제적 손실 피해를 최소화하기 위하여 건설사는 사업을 준비하는 단계에서 예비비를 책정하지만, 최저가 낙찰에 따라 예비비의 규모가 제한적이고 미래에 발생 될 가능성이 있는 위험사건을 고려하는 것이므로 예비비를 책정하기 위한 근거가 명확하지 않은 한계가 있다. 이에 따라 건설공사 참여자들 간에 위험 및 원가관리에 대한 의사결정을 하는 과정에서 상호 간에 동의할 수 있는 정도의 근거를 기반으로 위험사건에 대응하기 위한

\* **Corresponding author:** Kang, Hyun-Wook, Department of Architectural Engineering, Gwangju University, 277 Hyodeok-Ro, Nam-Gu, Gwangju, Korea

E-mail: khw@gwangju.ac.kr

Received January 20, 2022; revised March 6, 2022

accepted March 21, 2022

※ 본 논문은 한국건설관리학회 논문집(2020) 제21권 제1호에 게재된 “임시 활주로 건설공사의 위험영향 및 손실비용 사례분석”에 대한 후속 연구임.

예비비를 책정하기 위한 방법이 필요하다.

건설공사의 위험과 관련된 주요 선행연구를 고찰해 보면, 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).<sup>1)</sup> 그리고 TCR (Time-Cost Relationship) 모델을 적용하여 위험의 영향으로 지연되는 공사기간과 증액되는 비용 간의 관계를 분석한 연구(Sousa, 2014)와 위험을 고려한 비용을 분석하기 위하여 Risk Workshop 기반의 CRA (Cost Risk Assessment), CEVP (Cost Estimate Validation Process), RBES (Risk Based Cost Estimating) 모델을 제안하였다(Lee, 2016; Ovidiu, 2014; California, 2012; Texas, 2010; Kim, 2007).

또한, 위험과 관련된 선행연구는 설문조사 방식과 같이 간접적인 방법을 적용하여 위험요인을 분석한 한계점을 보완하기 위해 공사 계획단계에서의 공사비와 준공단계에서의 공사비를 비교하고 현장 관리자들의 인터뷰를 통하여 실제로 발생한 위험요인 31가지를 도출하였다(Park, 2005).

본 연구의 선행연구에서도 활주로 건설공사를 사례로 선정하여 토공사가 진행되면서 발생한 위험항목에 대한 이력자료와 그 위험항목을 조치하기 위해서 추가로 지출된 공사금액을 산정하였다(Kang, 2020).

상기에서 고찰한 건설사업의 위험관리와 관련된 선행연구의 동향을 살펴보면, 먼저, 사례조사와 전문가 설문조사를 통하여 건설공사를 진행하면서 고려되어야 하는 위험요인을 식별하였고 위험요인이 건설공사에 미치는 영향 강도를 평가하였다. 다음으로, 실제 사례를 선정하여 건설공사를 진행하면서 발생한 위험요인과 해당 위험요인의 영향에 따라 추가로 지출된 공사비를 분석한 연구 등이 수행되었다.

즉, 위험과 관련된 이력자료가 부족하여 전문가 설문조사와 같은 정성적인 방법으로 위험요인을 식별하고 영향 강도 등을 평가하는 연구가 주로 수행되었으나, 건설공사를 진행하는 과정에서 발생한 위험사건의 영향에 따른 손실비용을 분석하기 위해서는 정량적인 방법이 적합하다. 이에 건설공사를 진행하면서 발생한 위험사건으로 인하여 추가로 지출된 공사금액과 준공정산을 통하여 최종 산정된 경제적 손실비용을 분석하기 위해서는 건설공사 사례를 기반으로 수행

한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 활주로 건설공사의 공사감독업무를 수행하면서 수집된 공사비 내역서, 설계변경 자료 등을 근거로 발생한 위험사건(위험항목)으로 인하여 변동된 공사금액을 산정하고 위험사건이 발생하게 된 원인에 따라 사업참여기관별로 손실비용을 분석한다. 그리고 사례를 통하여 분석된 결과를 기반으로 향후 활주로 또는 도로공사 등에서 발생가능한 위험사건을 고려하여 예비비를 추정하는 방법을 제시하는 것으로 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 1) 활주로 건설공사를 진행하면서 발생한 위험사건을 토공사 분야<sup>2)</sup>와 건축공사 분야<sup>3)</sup>로 분류하여 조사하고 위험사건의 책임 주체별로 부담하여야 하는 공사금액과 이로 인한 경제적 손실비용을 분석한다.
- 2) 사례분석을 통하여 도출된 결과를 기반으로 유사한 규모의 활주로 또는 도로공사에서 발생가능한 위험사건을 고려한 예비비와 공사금액을 추정하는 방법을 제시한다.

### 1.2 연구의 대상 및 절차

본 연구의 대상은 준공된 활주로 건설공사이며, 해당 건설

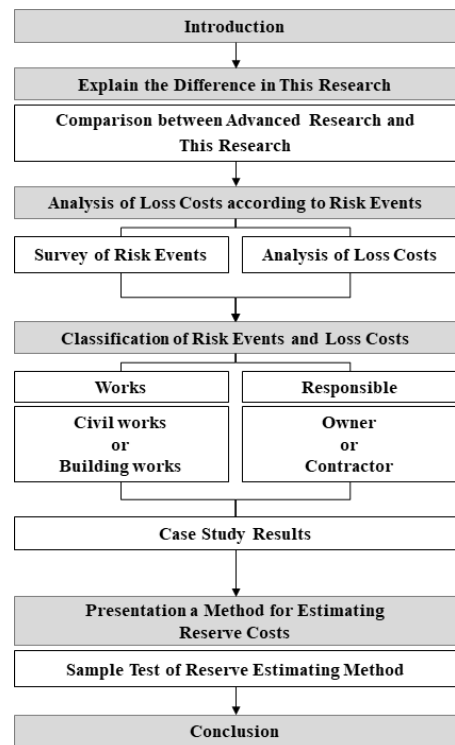


Fig. 1. Procedure of Research

- 2) 토공사 분야에 해당하는 위험사건과 변동된 공사금액 그리고 손실비용은 선행연구의 내용을 반영함.
- 3) 본 연구에서 추가로 분석하는 분야이며, 선행연구에서 토공사를 대상으로 위험사건과 변동된 공사금액 그리고 사업참여자별로 손실된 비용을 분석하는 과정을 적용함.

1) 본 연구의 선행연구인 “임시 활주로 건설공사의 위험영향 및 손실비용 사례분석” 논문에 포함된 내용을 인용함.

공사를 진행하면서 수집된 공사비 내역서(계약 및 준공 내역서), 설계변경 및 실정보고 자료 등을 기초로 연구의 목적에 따라 결과를 도출한다.

(Fig. 1)에서 제시된 본 연구의 수행 절차를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

1) 연구 대상인 활주로 건설공사를 진행하면서 공사금액의 변동을 유발한 위험사건(위험요인 또는 위험항목이라 함)을 조사하여 목록을 정립한다.

2) 착공일을 기준으로 위험사건이 발생된 시점과 원인(설계오류 또는 시공오류)을 확인하고 해당 위험사건을 조치하기 위해서 추가로 지출된 공사금액을 산정한다. 추가로 지출된 공사금액은 계약내역과 준공내역을 비교하고 설계변경 자료를 확인하여 증액된 금액을 산정한다.

3) 위험사건이 발생하게 된 원인에 따라 그 원인을 제공한 책임 주체(발주기관 또는 건설사)를 분류하고 각 책임 주체별로 손실된 비용을 산정한다.

4) 상기와 같이 사례연구를 통하여 도출된 위험사건의 목록 그리고 위험사건을 조치하기 위해서 추가로 지출된 공사금액을 반영하여 향후 유사한 활주로 공사 또는 도로공사 시 위험사건을 고려한 예비비(이하, 위험예비비)와 총 공사금액을 추정하는 방법을 제시한다.

## 2. 선행연구와 본 연구의 차이점 및 비교

### 2.1 연구 차이점 및 비교 개요

본 연구는 “임시 활주로 건설공사의 위험영향 및 손실비용 사례분석”의 후속연구이므로 해당 선행연구의 내용과 본 연구의 내용에 대한 차이점을 비교하여 설명하면, 다음 2.2 절 및 2.3절과 같다.

### 2.2 선행연구의 내용 요약

선행연구는 본 연구의 대상과 동일한 활주로 건설공사<sup>4)</sup>를 대상으로 연구가 수행되었으나, 선행연구를 수행하는 시점에 건축분야의 위험사건과 이에 따라 증액된 공사비를 산정하기 위한 내역서, 설계변경 자료 등의 조사가 제한되어 토공사로 범위를 한정하였다.

이에 활주로 건설공사를 진행하는 과정에서 토공사 부분의 공사금액을 변동시킨 위험항목<sup>5)</sup>을 조사하여 목록을 정립

4) 선행연구에서의 명칭은 임시활주로이었으나, 본 연구에서는 활주로로 변경하였음. 이는 해당 사업명이 임시활주로였기 때문에 선행연구에서 임시 활주로라고 하였으나, 항공기가 정상적으로 이륙과 착륙을 할 수 있는 기능을 가진 활주로 이므로 본 연구에서는 임시활주로를 활주로로 변경함.

5) 선행연구에서는 위험항목으로 표기하였으나, 발생된 위험항목이 공사금액의 변동에 영향을 주어 사업참여자별로 손실비용이 발생되었으므로 이에 대한 의미를 부여하여 본 연구에서는 위험사건으로 표기를 변경함.

하였으며, 조사된 위험항목이 발생된 시점과 원인 그리고 책임 주체에 따른 손실비용을 분석하였다.

그 결과, 위험항목은 총 8건이며, 설계오류는 3건, 시공오류는 5건으로 조사되었고 위험항목이 발생하게 된 원인을 제공한 책임 주체는 발주기관이 3건, 건설사가 5건으로 확인되었다. 이에 따라 책임 주체별 손실비용은 발주기관이 약 243백만원, 건설사가 약 277백만원으로 분석되었다.

### 2.3 선행연구와 본 연구의 내용 비교

선행연구와 본 연구의 내용에 대한 차이점을 연구목적, 대상, 자료, 결과로 분류하여 비교하면 다음과 같다.

#### 1) 연구목적 비교

- 선행연구 목적
  - 위험항목 조사 및 발생 원인 확인
  - 위험항목 책임 주체 및 추가 공사금액 산정
  - 사업참여자별 손실비용 분석
- 본 연구 목적
  - 위험사건 조사 및 발생 원인 확인
  - 위험사건 책임 주체 및 추가 공사금액 산정
  - 사업참여자별 손실비용 분석
  - 위험예비비 추정 방법 제시(추가)

#### 2) 연구대상 비교

- 선행연구 대상
  - 활주로 건설공사 중 토공사
- 본 연구 대상
  - 활주로 건설공사의 토공사 및 건축공사

#### 3) 연구자료 비교

- 선행연구 자료
  - 계약 및 준공 내역서, 설계변경 자료 등
- 본 연구 자료
  - 계약 및 준공 내역서, 설계변경 자료 등

#### 4) 연구결과 비교

- 선행연구 결과
  - 토공사 위험항목별 발생시점 및 원인조사 결과
  - 사업참여자별 토공사 손실비용 분석 결과
- 본 연구 결과
  - 토공사 및 건축공사 위험사건 종류별 발생시점
  - 위험사건 종류별 발생 원인 및 책임 주체
  - 위험사건별 변동된 공사금액 산정
  - 사업참여자별 손실비용 분석
  - 위험예비비 및 공사금액 추정 방법 제시(추가)

따라서 본 연구는 활주로 건설공사의 토공사와 건축공사

를 대상으로 발생한 위험사건에 따른 사업참여자별 손실비용과 위험사건을 고려한 예비비와 총 공사금액을 추정하는 방법을 제시한다.

### 3. 위험사건 및 손실비용 분석 방법

#### 3.1 분석 방법 개요

위험사건과 손실비용을 분석하기 위한 방법은 Step 1. Survey of Risk Events와 Step 2. Analysis of Loss Costs 순으로 진행되며, 단계별 구성 내용은 다음과 같다.<sup>6)</sup>

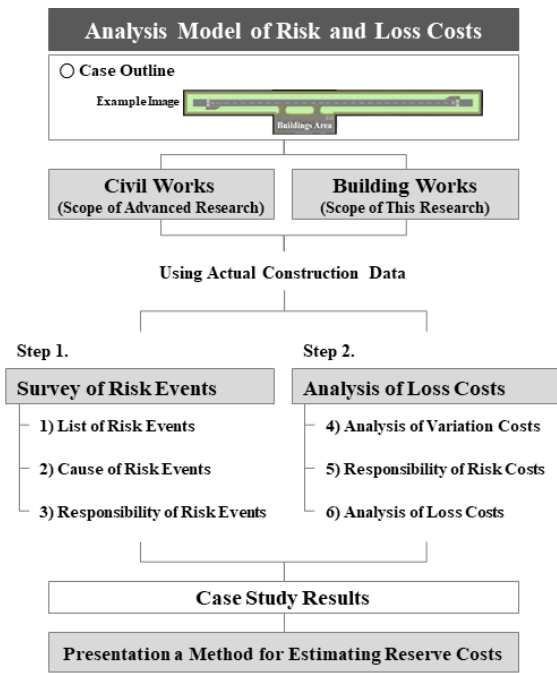


Fig. 2. Analysis Methods

Step 1. Survey of Risk Events는 1) 건설공사를 진행하면서 발생되었던 위험사건 중에서 공사금액의 증액을 유발한 위험사건을 조사하는 단계(List of Risk Events)와 2) 위험사건이 발생한 원인을 확인하는 단계(Cause of Risk Events) 그리고 3) 발생한 원인에 따라 책임 주체를 분류하는 단계(Responsibility of Risk Events)로 구성된다.

Step 2. Analysis of Loss Costs는 4) 위험사건을 조치하기 위해서 추가로 지출된 공사금액을 산정하는 단계(Analysis of Variation Costs)와 5) 추가로 지출된 공사금액을 부담하여야 하는 책임 주체를 분류하는 단계(Responsibility of Risk Costs) 그리고 6) 사업참여자별로 손실비용을 분석하는 단계(Analysis of Loss Costs)로 구성된다.

6) 위험사건 및 손실비용의 분석 절차는 선행연구인 “임시 활주로 건설공사의 위험영향 및 손실비용 사례분석”의 3.1절에서 설명한 내용을 참고 및 인용하여 수정함.

또한, 사례연구를 통하여 도출된 위험사건과 분석된 손실비용을 기반으로 향후 유사한 건설공사 시 착공 전 단계에서 발생가능한 위험사건을 고려하여 예비비와 총 공사금액을 추정하기 위한 방법을 제시한다.

#### 3.2 단계별 분석 방법 설명

위험사건과 손실비용을 분석하는 단계별 절차에 따라 방법을 설명하면 다음과 같다.<sup>7)</sup>

##### 3.2.1 위험사건 추출 및 목록 정립

건설공사를 수행하는 과정에서 작성된 설계변경 자료(실정보고, 설계변경 승인 통보 등)를 수집하여 발생되었던 위험사건을 조사하고 위험사건 중에서 공사금액의 증액을 유발한 위험사건을 추출하여 목록을 구성한다.

또한, 위험사건이 착공시점을 기준으로 언제 발생되었는지에 대한 이력은 발주기관에 제출한 실정보고 자료 등으로 확인한다. 이와 같이 위험사건의 발생시점에 대한 이력을 확인하는 이유는 건설공사를 진행하는 과정 중에서 어느 시점에 어떠한 종류의 위험사건이 발생되었는지에 대한 확인을 통해서 위험사건으로 인한 공사금액의 변동을 고려한 비용관리계획을 수립하기 위한 참고자료로 활용하기 위함이다.

##### 3.2.2 위험사건 원인 조사

위험사건별로 어떠한 원인으로 인하여 발생되었는지를 확인하는 단계이며, 발생한 원인은 설계변경 자료를 검토하여 설계오류(발주기관의 설계변경 및 설계도면과 현장의 불일치 등)와 시공오류(시공상의 문제 등)로 분류한다.

##### 3.2.3 위험사건 책임 주체 분류

사업참여자별로 손실비용을 분석하기 위해서 위험사건의 발생 원인을 설계오류와 시공오류로 분류한 결과에 따라 책임 주체를 분류한다. 본 사례는 설계·시공분리발주 방식으로 추진된 사업이므로 이를 참고하여 분류한다.

##### 3.2.4 변동된 공사금액 산정

위험사건을 조치하기 위해서 추가로 지출된 공사금액을 산정하는 것이며, 계약 내역서와 준공 내역서를 비교하고 설계변경 자료 등을 확인하여 증액된 공사금액을 산정한다.

##### 3.2.5 변동된 공사금액 책임 주체 분류

증액된 공사금액을 기준으로 발주기관에서 부담하여야 하는 추가 공사금액과 건설사에서 부담하여야 하는 추가 공사금액을 분석한다. 즉, 위험사건이 발생하게 된 원인을 제공한 책임 주체별로 부담하여야 하는 추가 공사금액을 분류 및 산정하는 것이다.

7) 단계별 분석방법은 선행연구인 “임시 활주로 건설공사의 위험영향 및 손실비용 사례분석”의 3.2 및 3.3절에서 설명한 내용을 참고 및 인용하여 수정함.

### 3.2.6 손실비용 분석

손실비용은 최초 계약금액을 기준으로 발주기관이 부담한 공사금액과 건설사에서 부담한 공사금액을 포함하여 최종적으로 건설사의 수익대비 손실비용을 분석한다.

## 4. 위험사건 및 손실비용 분석

### 4.1 위험사건 및 손실비용 분석 개요

준공된 활주로 건설공사의 자료를 활용하여 위험사건에 따른 손실비용을 분석하기 위하여 선정된 사례의 개요는 다음 <Table 1>과 같다.

Table 1. Case Outline

Item	Explanation	Remark
Name	Aircraft Runway Construction Project	
Period	2012. 04. ~ 2013. 11.	
Price	16,500,427,000 KRW	
Scope	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Runway : 1 place</li> <li>• Width : 120ft(36.5m)</li> <li>• Length : 9,200ft(2,804.2m)</li> </ul>	

사례로 선정된 활주로 건설공사는 1개소를 신설하는 것이며, 군사용 항공기 또는 민간용 항공기가 특수한 상황(기체 결함 등)이 발생되어 목적으로 설정된 활주로에 착륙이 불가능한 경우에 사용하고자 신설되었다. 이와 같은 활주로 건설공사를 대상으로 위험사건에 따른 손실비용을 분석하기 위해서 조사된 계약금액(공사금액)은 약 165억원이다.

비용항목별 비율을 살펴보면, 직접공사비 약 149억원 대비 토공사는 66%(약 98억원), 건축공사는 34%(약 51억원)

Table 2. Contracted Price [Unit : KRW]

Cost Item	Price	Rate	
Total cost	16,500,427,000	100%	
Prime cost	14,959,588,000	91%	100%
Civil work cost	9,848,001,000	66%	100%
Material cost	3,476,344,000		35%
Labor cost	4,264,184,000		43%
Machine cost	1,530,380,000		16%
Expenses	577,093,000		6%
Building work cost	5,111,587,000	34%	100%
Material cost	1,975,280,000		39%
Labor cost	2,118,817,000		41%
Machine cost	688,276,000		13%
Expenses	329,214,000		6%
Overhead	867,657,000	5%	
Profit	673,182,000	4%	

이며, 건설사가 최초로 계획한 수익(Profit)은 약 6억원으로 직접공사비의 4%이다.

사례대상의 계약금액은 위험사건을 조치하는 과정에서 추가로 지출된 공사금액과 발주기관이 부담한 공사금액에 따라 손실비용을 산정하기 위하여 적용된다.

### 4.2 위험사건 조사

위험사건 조사의 목적은 <Fig. 2>에서 제시된 분석 방법 중에서 Step 1단계이며, 발생한 위험사건의 정립과 원인 확인 그리고 책임 주체를 분류하는 것이다.<sup>8)</sup>

#### 4.2.1 위험사건 추출 및 목록 정립

위험사건의 목록은 공사를 진행하는 과정에서 발생한 시공오류, 설계변경, 발주기관의 요구사항 등을 중심으로 자료를 검토한 후 공사금액의 변동을 유발한 위험사건을 추출하여 정립하였으며, 그 결과는 다음 <Table 3>과 같다.

Table 3. Risk Events

Item	Risk Events Name	Occurrence (Start+Month)
RE-01	Lack of improved for soft ground	8M
RE-02	Error in route survey of drainageway	3M
RE-03	Extension of length for drainageway	8M
RE-04	Increase capacity of drain pump	8M
RE-05	Hangar geolocation error	4M
RE-06	Expansion of the control tower	5M
RE-07	Lack of size for aggregate in concrete	4M
RE-08	Cracks in concrete	11M, 15M, 17M
RE-09	Batch plant failure	10M, 17M
RE-10	Subsidence of soft ground	7M
RE-11	Extension of width for taxiway	3M
RE-12	Expansion of office building	3M

위험사건은 착공 이후 3개월부터 발주기관의 설계변경 요구를 시작으로 공사를 진행하면서 건설사의 품질관리에 대한 문제 등이 발생되었다.

#### 4.2.2 위험사건 원인 조사

공종별 손실비용을 분석하기 위해서 먼저, 토공사와 건축공사를 기준으로 위험사건을 분류하고 다음으로, 위험사건이 발생한 원인을 설계오류와 시공오류로 분류하였다.

#### 4.2.3 위험사건 책임 주체 분류

위험사건 중에서 설계도면과 현장연건의 불일치는 발주기관이 책임 주체이며, 시공상의 오류는 건설사가 책임 주체이

8) 위험사건 조사 단계에서 도출된 결과 중 토공사 부분은 선행연구인 "임시 활주로 건설공사의 위험영향 및 손실비용 사례분석"의 내용을 인용함.

Table 4. Classification of Risk Events

Item	Classification Works	Cause
RE-01	Civil Work	Construction Error
RE-02	Civil Work	Construction Error
RE-03	Civil Work	Design Error
RE-04	Civil Work	Design Error
RE-05	Building Work	Construction Error
RE-06	Building Work	Design Error
RE-07	Civil Work	Construction Error
RE-08	Civil Work	Construction Error
RE-09	Building Work	Construction Error
RE-10	Civil Work	Construction Error
RE-11	Civil Work	Design Error
RE-12	Building Work	Design Error

Table 5. Classification of Responsible Organization

Item	Risk Events Name	Organization
RE-01	Lack of improved for soft ground	Contractor
RE-02	Error in route survey of drainageway	Contractor
RE-03	Extension of length for drainageway	Owner
RE-04	Increase capacity of drain pump	Owner
RE-05	Hangar geolocation error	Contractor
RE-06	Expansion of the control tower	Owner
RE-07	Lack of size for aggregate in concrete	Contractor
RE-08	Cracks in concrete	Contractor
RE-09	Batch plant failure	Contractor
RE-10	Subsidence of soft ground	Contractor
RE-11	Extension of width for taxiway	Owner
RE-12	Expansion of office building	Owner

므로 이를 기준으로 하여 분류한 결과는 <Table 5>와 같다.

위험사건 12건 중에서 발주기관의 책임은 5건, 건설사의 책임은 7건으로 확인되었다.

### 4.3 공사금액 및 손실비용 분석

손실비용 분석의 목적은 <Fig. 2>에서 제시된 분석 방법 중에서 Step 2단계이며, 위험사건으로 인하여 책임 주체별로 부담하여야 하는 공사금액을 산정하고 건설사의 계약금액 대비 손실비용을 분석하는 것이다.<sup>9)</sup>

#### 4.3.1 변동된 공사금액 산정

계약 및 준공내역을 비교하고 설계변경 자료 등을 확인한 결과, 위험사건을 조치하기 위해서 추가로 지출된 공사금액은 약 726백만원으로 산정되었다.

9) 손실비용 분석 단계에서 도출된 결과 중 토공사 부분은 선행연구인 “입시 활주로 건설공사의 위험영향 및 손실비용 사례분석”의 내용을 인용함.

Table 6. Variation Costs for Risk Events

[Unit : KRW]

Item	Risk Events Name	Variation Costs
RE-01	Lack of improved for soft ground	63,813,000
RE-02	Error in route survey of drainageway	28,164,000
RE-03	Extension of length for drainageway	62,667,000
RE-04	Increase capacity of drain pump	37,796,000
RE-05	Hangar geolocation error	11,016,000
RE-06	Expansion of the control tower	69,881,000
RE-07	Lack of size for aggregate in concrete	48,984,000
RE-08	Cracks in concrete	64,325,000
RE-09	Batch plant failure	56,524,000
RE-10	Subsidence of soft ground	71,933,000
RE-11	Extension of width for taxiway	142,834,000
RE-12	Expansion of office building	68,894,000
Total		726,831,000

#### 4.3.2 변동된 공사금액 책임 주체 분류

상기의 <Table 5>와 <Table 6>에서 정리된 위험사건별 책임 주체와 증액된 공사금액에 따라 사업참여자별로 부담하여야 하는 공사금액을 산정해 보면, 발주기관은 약 382백만원 그리고 건설사는 약 344백만원이다.

Table 7. Classification of Variation Costs

[Unit : KRW]

Item	Organization	Owner	Contractor
RE-01	Contractor	-	63,813,000
RE-02	Contractor	-	28,164,000
RE-03	Owner	62,667,000	-
RE-04	Owner	37,796,000	-
RE-05	Contractor	-	11,016,000
RE-06	Owner	69,881,000	-
RE-07	Contractor	-	48,984,000
RE-08	Contractor	-	64,325,000
RE-09	Contractor	-	56,524,000
RE-10	Contractor	-	71,933,000
RE-11	Owner	142,834,000	-
RE-12	Owner	68,894,000	-
Total		382,072,000	344,759,000

위험사건으로 인하여 증액된 총 공사금액 726백만원 중에서 발주기관이 부담하여야 하는 금액은 약 52.57%이며, 건설사는 약 47.43%이다.

#### 4.3.3 손실비용 분석

손실비용은 위험사건으로 인하여 증액된 공사금액에서 발주기관이 부담하여야 하는 공사금액(Change Order)을 차감하고 건설사가 부담하여야 하는 공사금액을 최초 계약내

역서에 반영한 수익에서 차감한 결과, 건설사의 손실비용은 약 - 345백만원으로 분석되었다.

Table 8. Contracted Price [Unit : KRW]

Cost Item	Contracted Price	Variation Costs	Change Order	Completed Price
Total cost	16,500	727	382	16,500
Prime cost	14,960	727	382	15,304
Civil work cost	9,848	521	243	10,125
Material cost	3,476	184	76	3,584
Labor cost	4,264	225	98	4,391
Machine cost	1,530	81	62	1,550
Expenses	577	31	8	600
Building work cost	5,112	206	139	5,179
Material cost	1,975	80	49	2,006
Labor cost	2,119	86	67	2,137
Machine cost	688	28	17	699
Expenses	329	13	5	337
Overhead	868	-	-	868
Profit	673	-	-	328

\* Completed Price : (Contracted Price + Variation Costs) - Change Order

본 사례에서는 건설사의 책임으로 부담하여야 하는 공사 금액이 최초 계약내역서에 반영한 수익보다 작으므로 계약 금액을 초과하지 않은 범위에서 수익이 감소하는 형태의 경제적 손실이 발생된 것이다.

또한, 계약금액의 직접공사비 149억원 대비 위험사건으로 인하여 증액된 공사금액 726백만원은 약 4.86%이며, 토공사로 분류된 위험사건에 따라 증액된 공사금액은 토공사의 직접공사비 대비 약 5.29% 그리고 건축공사로 분류된 위험사건에 따라 증액된 공사금액은 건축공사의 직접공사비 대비 약 4.04%에 해당하는 것으로 도출되었다.

#### 4.4 예비비 추정 방법 제시

준공된 건설공사의 계약내역서, 준공내역서, 실적보고, 설계변경자료를 통하여 도출된 위험사건의 종류와 그 위험사건을 조치하기 위해서 지출된 공사금액 등의 결과를 기반으로 향후 진행 예정인 건설공사에 대한 위험예비비를 추정하는 방법은 아래 (Fig. 3)과 같다.

상기에서 제시된 방법에 따라 향후 예정된 건설공사의 위험예비비를 추정하는 방법을 설명하면 다음과 같다.

위험예비비를 추정하기 위한 사례는 활주로 건설공사와 관련된 기초자료 조사가 제한되어 본 연구의 대상 1건을 포함하여 5건의 사례를 적용한 것으로 가정한다. 즉, 분석방법에 따라 결과가 도출되는 과정을 설명하기 위하여 발생빈도,

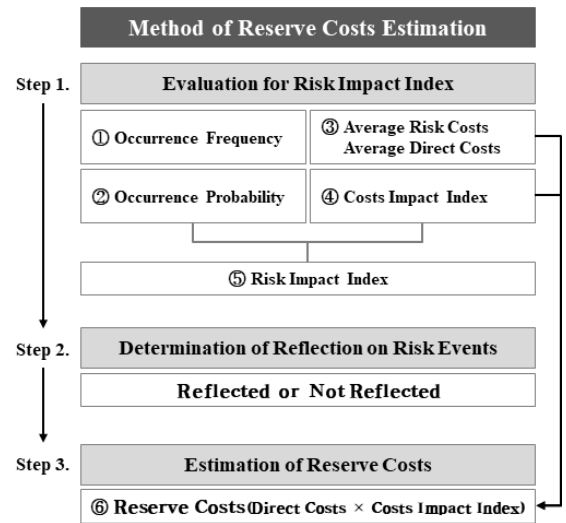


Fig. 3. Reserve Costs Estimation Method

위험비용, 직접공사비를 임의의 값으로 적용하며, 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

Step-1. 준공된 건설공사에서 발생되었던 위험사건의 발생빈도(건수)에 따른 발생확률 그리고 위험사건을 조치하기 위해서 추가로 지출된 공사금액에 대한 비용영향지수(계약 금액 대비 증액된 공사금액의 크기)를 산정한다. 그리고 산정된 발생빈도와 비용영향지수를 반영하여 종합적으로 위험영향지수를 도출하는 단계이다.

##### ① 발생빈도 조사(Occurrence Frequency)

발생빈도는 각각의 준공된 건설공사에서 발생되었던 위험사건의 종류와 위험사건이 발생된 횟수를 조사하는 것이다. 이에 따라 본 연구대상을 통하여 도출된 (Table 3)의 위험사건을 기준으로 발생빈도를 입력한다.

Table 9. Occurrence Frequency for Risk Events

Item	Case-1	Case-2	Case-3	Case-4	Case-5	Number
RE-01	●	●	●	●	●	5
RE-02	●	-	●	-	●	3
RE-03	●	●	-	-	-	2
RE-04	●	●	-	-	-	2
RE-05	●	-	-	-	●	2
RE-06	●	-	-	-	-	1
RE-07	●	●	-	-	●	3
RE-08	●	●	●	●	●	5
RE-09	●	●	-	●	●	4
RE-10	●	●	●	●	●	5
RE-11	●	-	●	-	●	3
RE-12	●	-	-	-	-	1

\* Case-1 is the subject of this study

Case-1은 본 연구의 대상에서 도출된 위험사건이며, Case-2~Case-5는 분석방법을 설명하기 위하여 가정된 건설사업 4건을 의미한다. 또한, 위험사건별로 입력된 위험비용의 합계는 Case-1 726백만원, Case-2 375백만원, Case-3 298백만원, Case-4 265백만원, Case-5 560백만원으로 입력하였으며, 위험사건별로 위험비용 현황은 아래와 같다.

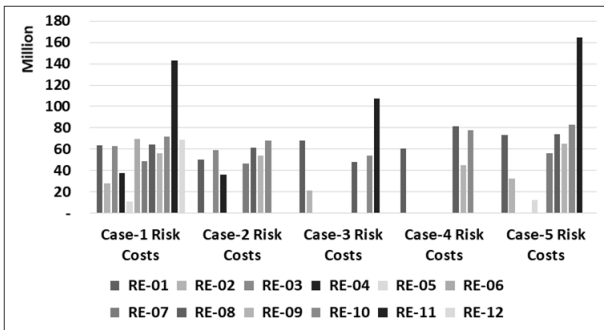


Fig. 4. Risk Costs by Risk Events

② 발생확률 산정(Occurrence Probability)

발생확률은 본 연구의 대상을 포함하여 가정한 5건의 사례를 기준으로 위험사건별로 발생되었던 빈도에 따른 발생확률을 산정하는 것이며, 결과는 <Fig. 5>와 같다.

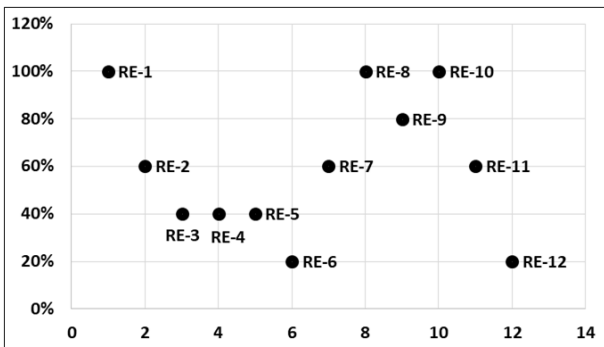


Fig. 5. Occurrence Probability of Risk Events

③ 평균 위험비용 산정(Average Risk Costs)

평균 위험비용은 각각의 사례별 위험비용을 평균한 값이며, 비용영향지수를 산정하기 위해서 적용된다. 비용영향지수는 아래 ④ 비용영향지수 산정(Costs Impact Index)에서 설명한 내용과 같다. 또한, 비용영향지수를 산정하기 위해서는 계약금액 대비 위험비용이 차지하는 비율을 산정하여야 하므로 사례별 평균 직접공사비(공종별 평균 직접공사비)가 필요하다. 이에 따라 사례 5건의 평균 위험비용과 평균 직접공사비를 산정하면 아래와 같다.

④ 비용영향지수 산정(Costs Impact Index)

비용영향지수는 사례 5건의 평균 직접공사비 대비 위험사건을 조치하기 위해서 추가로 지출된 평균 위험비용의 정도

Table 10. Average Risk Costs and Average Direct Costs [Unit : KRW]

Item	Average Risk Costs	Average Direct Costs	
RE-01	63,346,090	Civil Work Direct Costs	
RE-02	27,225,200	Case-1	10,125,218,000
RE-03	61,100,325	Case-2	13,669,044,300
RE-04	36,851,100	Case-3	9,517,704,920
RE-05	11,842,200	Case-4	14,681,566,100
RE-06	69,881,000	Case-5	12,555,270,320
RE-07	50,616,800	Building Work Direct Costs	
RE-08	65,822,250	Case-1	5,179,125,000
RE-09	55,110,900	Case-2	5,075,542,500
RE-10	70,897,690	Case-3	4,868,377,500
RE-11	138,072,867	Case-4	6,422,115,000
RE-12	68,894,000	Case-5	5,697,037,500
Total	719,660,422		

(비용의 규모)를 지수로 산정하는 것이다. 이에 따라 사례별로 발생한 위험사건을 조치하기 위해서 추가로 지출된 위험비용을 최초 계약된 직접공사비로 나누어 지수를 산정하는 것으로 구체적인 계산 방법은 <Table 11>에서 설명한다.

Table 11. Cost Impact Index [Unit : KRW]

Item	Cost Item	Average Risk Costs	Cost Impact Index
RE-01	Civil work cost	63,346,090 <sup>1)</sup>	0.523
RE-02	Civil work cost	27,225,200	0.225
RE-03	Civil work cost	61,100,325	0.505
RE-04	Civil work cost	36,851,100	0.304
RE-05	Building work cost	11,842,200 <sup>2)</sup>	0.217
RE-06	Building work cost	69,881,000	1.283
RE-07	Civil work cost	50,616,800	0.418
RE-08	Civil work cost	65,822,250	0.544
RE-09	Building work cost	55,110,900	1.011
RE-10	Civil work cost	70,897,690	0.585
RE-11	Civil work cost	138,072,867	1.140
RE-12	Building work cost	68,894,000	1.264
Total	-	719,660,422	-

1) Re-01 Average Risk Costs / Average Direct Costs of Civil Work × 100

2) Re-05 Average Risk Costs / Average Direct Costs of Building Work × 100

상기와 같이 비용영향지수를 산정할 시에는 공사종류별로 구분하여 토목공종에 해당하는 위험사건은 토목공사의 직접공사비로 나누어 지수를 산정하고 건축공종에 해당하는 위험사건은 건축공사의 직접공사비로 나누어 지수를 산정하여야 한다.

⑤ 위험영향지수 도출(Risk Impact Index)

위험영향지수는 위험사건별로 산정된 발생확률과 비용영



향지수를 반영한 영향강도를 의미한다. 즉, 위험사건별로 발생건수는 높지만 비용의 변동에 미치는 영향이 낮은 경우와 발생건수는 낮지만 비용의 변동에 미치는 영향이 높은 경우가 있으므로 발생확률과 비용영향지수를 곱하여 종합된 위험영향지수(위험영향지수 = 발생확률 × 비용영향지수)를 산정하는 것이다.

Table 12. Risk Impact Index

Item	Occurrence Probability	Cost Impact Index	Risk Impact Index	Rank
RE-01	100%	0.523	52.310	5
RE-02	60%	0.225	13.489	10
RE-03	40%	0.505	20.182	9
RE-04	40%	0.304	12.172	11
RE-05	40%	0.217	8.694	12
RE-06	20%	1.283	25.652	6
RE-07	60%	0.418	25.079	8
RE-08	100%	0.544	54.355	4
RE-09	80%	1.011	80.920	1
RE-10	100%	0.585	58.546	3
RE-11	60%	1.140	68.411	2
RE-12	20%	1.264	25.289	7

상기와 같이 위험사건별로 산정된 위험영향지수를 비교하면 다음 <Fig. 6>과 같다.

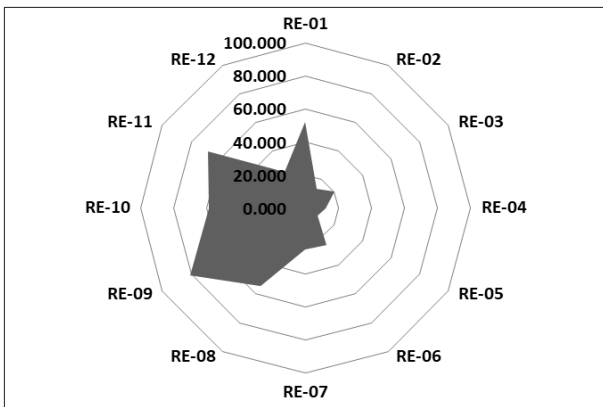


Fig. 6. Comparison of Risk Impact Index

Step-2. 위험사건별로 도출된 위험영향지수를 기준으로 예정된 건설공사의 특성(현장조건 및 사업규모) 등과 같은 사업환경 조건을 고려하여 반영하고자 하는 위험사건을 선별하는 단계이다. 본 예시에서는 12건의 위험사건 중에서 위험영향지수가 상대적으로 낮은 RE-2 ~ RE-3을 제외하고 반영하는 것으로 가정하였다.

Step-3. 상기의 Step-2에서 향후 진행 예정인 건설공사에서 반영하고자 선정한 위험사건별 비용영향지수를 활용하여 예비비를 추정하는 단계이다.

Table 13. Classification of Risk Events

Item	Risk Impact Index	Rank	Determination
RE-01	52.310	5	Reflected
RE-02	13.489	10	Not Reflected
RE-03	20.182	9	Not Reflected
RE-04	12.172	11	Not Reflected
RE-05	8.694	12	Not Reflected
RE-06	25.652	6	Reflected
RE-07	25.079	8	Reflected
RE-08	54.355	4	Reflected
RE-09	80.920	1	Reflected
RE-10	58.546	3	Reflected
RE-11	68.411	2	Reflected
RE-12	25.289	7	Reflected

⑥ 예비비 산정(Reserve Costs)

위험사건을 고려하여 예비비를 산정(추정)하는 방법은 다음과 같다.

먼저, 상기 Step-2에서 선정된 위험사건별 비용영향지수를 향후 진행 예정인 건설공사의 공종별 기초금액(직접공사비) 합계에 곱하여(토목공사에 해당하는 위험사건의 비용영향지수는 토목공사의 기초금액 합계에 곱하며, 건축공사에 해당하는 위험사건의 비용영향지수는 건축공사의 기초금액 합계에 곱하여 산정) 위험사건별로 예비비를 산정한다.

다음으로, 위험사건별로 산정한 예비비를 공종별로 합산하고 향후 진행 예정인 건설공사의 공종별 기초금액을 구성하는 재료비, 노무비, 장비비, 경비가 차지하는 비율을 곱하여 배분한다.

예비비를 추정하기 위해서 필요한 향후 진행 예정인 건설공사의 기초금액은 본 연구대상의 계약금액을 참고하여 임의로 산정하며, 내용은 아래와 같다.

Table 14. Base Cost of New Project

[Unit : KRW]

Cost Item	Base Cost	Rate	
Total cost	20,842,619,000		100%
Prime cost	19,754,380,000	100%	95%
Civil work cost	13,105,479,000	100%	66%
Material cost	5,376,083,000	41%	
Labor cost	5,269,735,000	40%	
Machine cost	1,859,656,000	14%	
Expenses	600,005,000	5%	
Building work cost	6,648,901,000	100%	34%
Material cost	2,407,719,000	36%	
Labor cost	3,205,463,000	48%	
Machine cost	698,588,000	11%	
Expenses	337,131,000	5%	
Overhead	694,126,000		3%
Profit	394,113,000		2%

위험사건별로 산정된 비용영향지수를 상기 <Table 14>의 토목공사와 건축공사의 직접공사비 합계에서 해당되는 공사의 직접공사비 합계에 곱하여 아래와 같이 산정한다.

**Table 15. Estimation of Reserve Costs** [Unit : KRW]

Item	Cost Item	Determination	Costs Impact Index	Reserve Costs
RE-01	Civil work cost	Reflected	0.523	68,554,687 <sup>1)</sup>
RE-06	Building work cost	Reflected	1.283	85,277,968 <sup>2)</sup>
RE-07	Civil work cost	Reflected	0.418	54,778,738
RE-08	Civil work cost	Reflected	0.544	71,234,448
RE-09	Building work cost	Reflected	1.011	67,253,554
RE-10	Civil work cost	Reflected	0.585	76,727,213
RE-11	Civil work cost	Reflected	1.140	149,425,831
RE-12	Building work cost	Reflected	1.264	84,073,501
Sum of Civil Work Reserve Costs				420,720,915
Sum of Building Work Reserve Costs				236,605,023
Total				657,325,939

1) Re-01 Costs Impact Index 0.523×Civil Work Costs of New Project 13,105,479,000  
 2) Re-06 Costs Impact Index 1.283×Building Work Costs of New Project 6,648,901,000

위험사건별로 산정된 예비비를 공종별로 합산하여 상기 <Table 14>의 토목공사비와 건축공사비를 구성하는 재료비, 노무비, 장비비, 경비의 비율을 곱하여 배분하고 기초금액과 합산한 결과는 <Table 16> 및 <Table 17>과 같다.

**Table 16. Distribution of Reserve Costs** [Unit : KRW]

Cost Item	New Project Cost	Rate	Reserve Costs
Total cost	20,842,619,000		657,325,939
Prime cost	19,754,380,000		657,325,939
Civil work cost	13,105,479,000	100%	420,720,915
Material cost	5,376,083,000	41%	172,586,638 <sup>1)</sup>
Labor cost	5,269,735,000	40%	169,172,583
Machine cost	1,859,656,000	14%	59,699,930
Expenses	600,005,000	5%	19,261,765
Building work cost	6,648,901,000	100%	236,605,023
Material cost	2,407,719,000	36%	85,680,086 <sup>2)</sup>
Labor cost	3,205,463,000	48%	114,068,272
Machine cost	698,588,000	11%	24,859,662
Expenses	337,131,000	5%	11,997,003
Overhead	694,126,000		-
Profit	394,113,000		-

1) 172,586,638 = 420,720,915 × 41%  
 2) 85,680,086 = 236,605,023 × 36%

상기와 같이 위험을 고려한 예비비를 포함하여 총 공사금액을 추정하는 방법은 신속한 의사결정이 필요한 입찰단계에서 전문가의 설문조사 등을 근거로 추정하는 방법보다 분

**Table 17. Contracted Price** [Unit : KRW]

Cost Item	New Project Cost	Rate	
Total cost	21,499,944,939		100%
Prime cost	20,411,705,939	100%	95%
Civil work cost	13,526,199,915	100%	66%
Material cost	5,548,669,638 <sup>1)</sup>	41%	
Labor cost	5,438,907,583	40%	
Machine cost	1,919,355,930	14%	
Expenses	619,266,765	5%	
Building work cost	6,885,506,023	100%	34%
Material cost	2,493,399,086 <sup>2)</sup>	36%	
Labor cost	3,319,531,272	48%	
Machine cost	723,447,662	11%	
Expenses	349,128,003	5%	
Overhead	694,126,000		3%
Profit	394,113,000		2%

1) 5,548,669,638 = 5,376,083,000 + 172,586,638  
 2) 2,493,399,086 = 2,407,719,000 + 85,680,086

석하고자 하는 기초자료를 생성하는 기간이 단축되며, 과거의 자료를 적용하므로 명확한 근거에 따른 결과의 도출이 가능한 장점이 있다.

### 5. 결론

본 연구의 목적은 활주로 건설공사에서 수집된 공사비 내역서, 설계변경 자료 등을 근거로 발생한 위험사건(위험항목)으로 인하여 변동된 공사금액을 산정하고 위험사건이 발생하게 된 원인에 따라 사업참여기관별로 손실비용을 분석하는 것이다.

또한, 사례를 통하여 분석된 결과를 기반으로 본 사례대상과 유사한 활주로 또는 도로공사 등에서 발생가능한 위험사건의 영향강도를 평가하고 그 위험사건에 대응하기 위해서 필요한 예비비를 추정하는 방법을 제시하였다.

상기와 같은 목적과 절차에 따라 연구를 수행한 결과, 공사기간 중에 발생한 위험사건은 12건이며, 발주기관의 책임은 5건, 건설사의 책임은 7건으로 확인되었고 증액된 총 공사금액은 726백만원으로 발주기관이 부담하여야 하는 금액은 약 52.57%, 건설사는 약 47.43%로 산정되었다. 그리고 계약금액의 직접공사비 149억원 대비 증액된 공사금액 726백만원은 약 4.86%이며, 토공사로 분류된 위험사건에 따라 증액된 공사금액은 토공사의 직접공사비 대비 약 5.29% 그리고 건축공사로 분류된 위험사건에 따라 증액된 공사금액은 건축공사의 직접공사비 대비 약 4.04%에 해당하는 것으로 도출되었다.

이와 같이 사례연구를 통하여 도출된 결과를 기반으로 위

험사건을 고려한 예비비를 추정하기 위해서 ① 발생빈도 조사, ② 발생확률 산정, ③ 평균 위험비용 산정, ④ 비용영향지수 산정, ⑤ 위험영향지수 도출, ⑥ 예비비 산정하는 방법을 제안하였다.

사례연구를 통하여 도출된 결과를 기반으로 예비비와 총 공사금액을 추정하기 위하여 제시된 방법은 명확한 근거를 기반으로 도출된 결과를 통하여 신속한 의사결정이 필요한 입찰단계 또는 착공이전 단계에서 활용이 용이한 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2022년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음.

## 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.
- California (2012). *Project Risk Management Handbook*, California Department of Transportation.
- 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.
- Kang, H.W., Lee, W.B., Kim, M.J., Kim, Y.S. (2020). "A Case Study on the Risk Impact and Loss Cost of Temporary Aircraft Runway Construction." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 21(1), pp. 32-39.
- 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.
- Kim, K.K. (2007). "A Study for Major Cost Increasing Factors in Skyscraper Construction using FMEA." *Journal of Architectural Institute of Korea*, 23(5), pp. 171-178.
- Lee, M.J. (2016). "The Case Study on Performance Measurement Weighting for Efficient Value Engineering Study of Sewage Treatment Facility." *Korea Journal of Construction Engineering and Management*, 17(3), pp. 125-133.
- Ovidiu, C. (2014). *Risk Management for Design and Construction*, Wiley.
- Park, Y.M., Kim, S.Y., Kim, K.Y. (2005). "An Analysis of Risk Factors of a Construction Project Through Execution Plan." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 6(2), pp. 139-149.
- Sousa, V. (2014). "Risk-Informed Time-Cost Relationship Models for Sanitation Projects." *ASCE Journal of Construction and Engineering Management*, 140(5).
- Texas. (2010). *Risk-Based Construction Cost Estimating Reference Guide*, Texas Department of Transportation.

**요약** : 본 연구의 목적은 활주로 건설공사에서 수집된 공사비 내역서, 설계변경 자료 등을 근거로 발생된 위험사건(위험항목)으로 인하여 변동된 공사금액을 산정하고 위험사건이 발생하게 된 원인에 따라 사업참여기관별로 손실비용을 분석하는 것이다. 본 연구를 수행한 결과, 위험사건은 12건이며, 증액된 총 공사금액은 726백만원으로 발주기관이 부담하여야 하는 금액은 약 52.57%, 건설사는 약 47.43%로 산정되었다. 또한, 계약금액의 직접공사비 149억원 대비 증액된 공사금액은 약 4.86%이며, 토공사로 분류된 위험사건에 따라 증액된 공사금액은 토공사의 직접공사비 대비 약 5.29% 그리고 건축공사로 분류된 위험사건에 따라 증액된 공사금액은 건축공사의 직접공사비 대비 약 4.04%에 해당하는 것으로 도출되었다.

**키워드** : 활주로 건설공사, 위험사건, 공사비 변동금액, 손실비용, 예비비 추정