Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 20, No. 4 pp. 56-68, 2019

https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.4.56
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

설계안전성검토를 통한 지하외벽공사의 안전개선 연구

지경환, 최병정*
경기대학교 건축공학과

A Study on safety improvement of Underground wall construction to Design for Safety

Kyung-Hwan Ji, Byong-Jeong Choi*
Department of Architecture Engineering, Kyunggi University

요 약 설계안전성검토 제도 도입으로 현장공사수행 시 안전을 고려한 설계를 도입해야하나 실제 현장에서 설계안전성검토를 적용하여 수행하기에는 아직 미흡한 점이 많다. 본 연구에서는 설계안전성검토를 적용하지 않은 현장과 적용을 한 현장을 비교연구하였다. 적용공종은 건축물공사의 뼈대에 해당되는 골조공사 중 지하외벽공사에 대하여 연구하였다. 지하외벽공사는 대부분 작업 조건이 외부 환경에 노출되어 작업조건이 열악하고 작업단계도 비계공사, 거푸집공사, 철근공사, 콘크리트타설공사 등을 거쳐야 완성되므로 안전사고 위험요소가 매우 높은 공종이다. 이에 각단계별 위험요소를 도출하고 위험성평가를 실시하여 이를 저감하기 위한 대안공법을 선정하였다. 대안으로 선정된 공법의 위험요소를 도출하고 위험성평가를 실시하여 설계안전성검토 미적용현장과 적용현장을 비교하여 위험성평가 가중치를 산출하고 저감효과를 연구하여 설계안전성검토가 필요한 사유를 설명하였다. 또한, 대안으로 수립된 공법을 실제 적용한 사례를 연구하여설계안전성검토 필요성을 제시하였다.

Abstract Safety-conscious design on site is required for site constructions because of the introduction of the design for safety, but it still leaves much to be desired. This study compared the site where the design was applied and the site where it was not applied. The applied case examined the underground wall construction during frame construction, which corresponds to the skeleton of the building construction. The underground wall construction is quite risky due to the exposure to exterior environments and involvement of various stages, such as scaffolding, formwork, reinforcing work, and concrete casting work. Therefore, the risk factors for each stage were identified and a risk assessment was carried out to select an alternative method to reduce the risk. The risk factors of the selected alternative construction method were also identified and a risk assessment was conducted. The risk assessment weight was calculated by comparing the site where the construction method was applied and the site where it was not, explaining the necessity of the design for safety in reducing the risk. In addition, an actual case where an alternative construction method was used was studied to highlight the necessity for a design for safety.

Keywords : Design for Safety, Underground Wall Construction, MDW, Risk Assessment, Risk Reduction Measures

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업은 국가기간산업으로서 제조업 등 타 산업과 달리 일품수주 생산, 옥외이동 생산, 인력의존 생산, 경기의존 생산등과 같은 특수성을 가지고 있다[1]. 최근에는 개인의 소득수준이 증대됨에 따라 국내의 근로자들이 3D 직종 취업 기피 현상이 심각하게 되고, 일이 고되거나 상대적으로 위험도 요소가 높은 중소기업과 건설현장 등 3D 직종을 중심으로 기피현상이 더욱 발생하여 인력

*Corresponding author : Byong-Jeong Choi(Kyunggi Univ.)
Tel: +82-031-249-9702 e-mail: bjchoi@kgu.ac.kr
Received October 8, 2018 Revised February 7, 2019
Accepted April 5, 2019 Published April 30, 2019

부족현상이 문제점으로 대두되고 있다[2]. 사회환경적으로 근로자 복지를 추구하는 추세로 주 52시간 근무제 적용, 레미콘회사 8.5제 준수 등으로 인해 노동력을 투입하는 공종의 경우는 더욱 수행하기가 어려워 지고 있다. 그 중에서도 건축물의 뼈대라 할 수 있는 구조체공사는 더욱 어려운 상황에 직면해 있다. 구조체공사라 함은 건축물공사에서 건축물을 자립하게 하는 골조공사로서 건축물공사에서 주요구조물공사에 해당된다. 최근에는 대지활용성을 높이기위해 지하층 개발이 확대되고 있다. 하지만, 지하층공사는 환경이 열악하고 흙막이 붕괴, 지하수유입, 감전위험 등 작업수행 중 많은 위험요인을 포함하고 있다. 그러나, 지하층공사의 위험성을 평가하여 저감대책을 수립하고 안전사고를 줄이려는 노력은 거의 진행되지 않고 있는 실정이다. 고용노동부에서 발표한 2012년부터 2016년까지 5년간 건설업 재해자수는 평균 24,464명, 재해율은 0.82% 수준으로 전체산업 재해율 0.54%보다 높으며 사망자수는 519명으로 전체산업 사망자의 27.6%를 차지하고 있다[3]. 2018년 6월말 기준으로도 건설업에서 발생하는 재해자수가 12,289명으로 전체 산업에서 25.5%, 사망자수는 전체 사망자수의 25.2%인 270명을 차지하고 있다[4]. 지금까지의 연구들은 대부분 재해요인 분석, 건설 근로자 안전의식 및 행동, 현장 안전관리 실태 등을 분석 및 관리 방안을 제시하는 연구들이었다[5]. 이에 국토부에서는 2016년부터 건설현장 안전관리를 대응형에서 예방형으로 전환하여 설계단계부터 건설사고 위험요소를 선제적으로 관리하는 설계안전성검토인 Design for Safety(이하 “DFS”)를 구현 하고자 하는 내용으로 건설기술진흥법시행령이 개정되어 시행하게 되었다[6].

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 설계안전성검토 대상 건설공사 중 건설기술 진흥법에 따른 안전관리계획서 작성대상공사 중 시설물의 안전관리에 관한 특별법에 의한 10m이상 굴착공사로 지하층의 뼈대에 해당되는 구조체공사 중에서 지하층외벽공사를 대상으로 연구를 수행하였다. 세부적인 연구 수행방법은 다음과 같다.

첫째로 기술기술 진흥법에 따른 DFS 제도적 도입배경 및 선행연구를 고찰한다.

둘째로 지하층외벽공사의 시 DFS 미적용사례의 위험성평가를 각각 비계, 거푸집, 철근, 콘크리트타설 공종으로 분석하고 이를 개선하기위해 DFS관점에서 위험저감을 위한 대안공법을 제시하고 제시된 대안공법의 위험성 평가를 실시한다.

셋째로 DFS미적용, 적용사례를 비교검토하여 DFS의 필요성을 연구하고, 대안으로 제시된 공법을 적용한 실제 사례를 살펴보고자 한다.

2. 설계안전성검토를위한 선행고찰

2.1 설계안전성검토 도입배경

건설현장에서 중대재해가 빈번히 발생하여도 그에 대한 책임은 시공자가 최우선이라는 인식이 팽배하다. 건설현장 사고원인을 건설단계별로 보면, 계획과 설계단계의 원인이 약 45%, 시공단계의 원인이 37.6%를 보이고 있어 시공단계뿐만아니라 계획과 설계단계에서의 안전관리가 얼마나 중요한지를 알 수 있다[7]. Gibb et al.(2004)의 연구에 따르면 설계변경에 따라 사고 저감이 확인된 것이 47%이며[8], Behm(2005)의 연구에서는 224명의 사망자를 조사하여, 이 중에서 47%는 설계안전성검토를 적용했다면 피할 수 있는 사고였음을 밝혔다[9]. 그동안 정부는 DFS 방식의 ‘설계사전안전성 평가’ 제도를 2016년 5월 건설기술진흥법 시행령 제75조의 2항 설계의 안전성검토 및 제40조 설계도서의 작성을 법제화하였다. 이를 근거로 설계단계 오류로 인한 안전사고 발생 시 발주자, 설계자에게도 책임을 묻게 될 수 있게 되었고, 2017년 5월 국토부에서는 설계안정성 검토 제도의 안정적인 정착을 위해 설계 안전성검토 업무 매뉴얼을 제시하였다. 그동안 안전관리는 시공사의 책임이라는 인식에서 벗어나 발주자, 설계사도 안전관리의 공동 파트너라는 것을 일깨우는 인식의 전환이 시작되게 되었다. 2014년 산업안전보건공단 재해율 분석에 의하면 주요 선진국대비 우리나라 사고사망만인율을 보면 한국은 0.58, 일본은 0.19, 독일은 0.16, 미국은 0.36이다. 재해자 대비사고사망자수 비율도 한국은 1.1, 일본은 0.8, 독일은 0.1이다[10]. 선진국에서 가장 낮은 재해율을 기록하고 있는 나라는 영국으로 영국안전보건청 (HSE: Health and Safety Executive)은 1994년부터 CDM (Construction Design Management Regulations 1994)라는 제도를 도입하여 발주자, 주설계자 주도로 설계단계부터 안전관리를 운영하고 있다. 1981년부터 2002년

까지 약 20년간 중대안전사고(사고자가 4일 이상의 요양을 원하는 사고) 만인율이 1994년 이전에 비해 1.5배의 공사물량이 증가 하여도 CDM 적용이후 6년간에는 사망만인율이 이전보다 40% 감소하였다. CDM규정의 시행으로 발주자 중심의 안전관리가 건설공사 산업재해 예방에 많은 영향을 끼쳤다는 것을 간접적으로 보여주는 결과이다[11]. 싱가포르의 경우도 2016년 싱가포르 통계부(Department of statistic Singapore 2016) 에 의하면 DFS 제도를 도입하기 시작한 2008년의 경우 사망만인율이 0.29였으나, DFS를 도입한 이후 8년간 평균 사망만인율은 0.23으로 20%가량 감소하였다[12].

2.2 설계안전성검토 업무 절차

설계안전성검토를 진행하는 과정은 사전 준비단계와 실시단계로 구분된다. 사전 준비단계에서는 첫째로 설계안전성 검토 대상 프로젝트를 선정한다. 둘째로는 설계안전성검토팀을 구성한다. 셋째로 설계도서 및 재해사례 등을 검토한다. 넷째로 설계안전성검토의 워크숍을 진행하며 업무 프로세스를 정한다. 실시단계에서는 첫째로 위험요소인식을 위해 대표 설계자와 공종별 설계자가 위험요소를 건설안전 전문가 및 시공전문가 등의 도움을 받아 수행한다. 둘째로 위험성 추정 및 평가를 실시하고 위험성 허용여부를 결정한다. 셋째로 위험성 저감대책의 검토 및 수립 및 저감대책에 반영할 위험성평가를 실시한다. 넷째로 도출된 저감대책을 이행하고 잔존 위험요소를 파악하여 기록한다. 다섯째로 실시과정 및 결과를 기록하고 위험성평가에 대한 검토 및 수정을 실시한다[13].

3. 설계안전성검토 위험성평가

설계안전성검토 위험성평가란 유해, 위험요소에 의한 부상, 사망 또는 질병의 발생가능성(빈도)과 심각성(강도)을 추정 및 결정하고 저감대책을 수립하여 실행하는 일련의 과정을 의미한다[14]. 위험성평가의 가장 중요한 목적은 현장 내 위험요소를 사전에 찾아내어 위험성의 크기에 따라 저감대책을 세워 사고를 사전에 방지하는 것으로, 평가 과정을 체계적으로 문서화하고 지속적으로 수정 및 보완함으로써 평가의 효과를 극대화할 수 있다. (Table 1)은 국토교통부의 설계안전성 검토 업무 매뉴얼에 의한 위험성평가 매트릭스를 나타내고 있다. 이를 활용하여 위험요소의 허용여부를 결정하고 저감대책 수립을 위한 대안 평가를 수행한다. 발생빈도와 심각성을 곱하여 산출된 값을 위험성으로 나타내는 표로써, 산출된 위험성이 1~3인 경우는 허용, 4~6인 경우는 조건부 허용, 7이상의 경우는 허용불가로 평가하여 표로 나타낸 것이다. 허용불가에 대해서는 위험을 저감할 수 있는 대안을 제시하여 저감대책을 수립하여야 한다[14].

Table 1. Risk Evaluation(4x4 Matrix)

Severity(S) \ Likelihood(L)	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16

저감대책을 수립 할 경우, 대안이 복수일 경우에는 최적대안에 대하여 평가를 진행한다. 최적 대안은 안전관리, 미관, 기능, 기술, 비용, 시간, 환경 항목에 대한 가중치를 설정하고 각 항목별 평가 값에 가중치를 곱하여 항목별 평가를 수행하고 이들을 총합하여 평가하여, 총점이 가장 높은 대안을 선정하도록 하고 있다[14].

3.1 설계안전성 미적용사례

Table 2. Project Description (Projcet No. 1)

Project	K Building construction
Cost	About 300 billion won
Period	2018.1 ~ 2019.8 (20month)
Type	Office
Designer	I. B. Lee and others
Design company	G company
Owner	H company
Constructor	L company
Supervisor	P company

프로젝트1의 공사개요는 공사비는 약 3천억원이며, 공사기간은 20개월로 지하층이 있는 오피스 신축건물이다. 상기 프로젝트를 선정한 사유는 설계출도와 동시에 긴급하게 구조체 지하층공사를 수행하게 되었고 설계안전성검토를 수행할 조건이 되지않은 상황에서 프로젝트를 수행하였다. 이 경우에 예상되는 위험성평가를 실시하여 그 위험도를 측정하였다.

3.2 위험요소도출

구조체공사 중 지하외벽공사의 기존 재래식거푸집공법은 현장에서 기둥철근 및 거푸집공사를 위한 비계설치공사, 기둥 철근조립공사, 기둥거푸집공사, 콘크리트타설공사, 거푸집해체, 비계해체 순서로 진행이 된다. 우선 공종단계별 위험요소 및 위험항목별 물적피해(사고유발원인), 인적피해, 발생빈도, 심각성, 위험등급을 발굴, 측정하며 위험요소 저감 대책을 수립하고 이를 설계안전에 반영하여 저감 대책 적용 후 위험등급을 측정하여 위험도의 저감 정도를 제시하였다.

공종명은 비계설치공사, 철근조립공사, 거푸집공사, 콘크리트타설공사이다.

Table 3. Risk Evaluation(risk by score)

Step	Score
Low risk	1~4
Usually risk	4~8
Risk	8~12
High risk	12~16

위험요소는 위험평가 시 위험빈도와 위험강도의 등급을 1~4점 척도로 정하였으며, 위험성평가 기준은 빈도와 심각성을 고려하여 1~4점미만을 낮은 단계, 4점이상~8점미만을 보통단계, 8점이상~12점 미만을 위험단계, 12점이상~16점을 고위험단계로 정하였다. 위험평가 시는 (Table 1)의 Risk Evaluation(4x4 Matrix) 다중위험성평가모델을 활용하여 산정하였다. 심각성(Severity)과 발생빈도수(Likelihood) 등급을 각각 4점 척도로 산정한 후 이를 곱하여 산정한 위험성평가는 다음 식과 같다.

$$R = S \times L \quad (1)$$

여기서 R은 Risk Assessment로 위험성평가 척도를 S는 심각성(Severity)을 L은 발생빈도수(Likelihood)를 나타낸 것이다. 비계, 거푸집, 철근, 콘크리트타설 공종별 위험성평가는 각 공종의 작업순서별 작업내용에 대한 위험지수를 산정하였다.

Savr은 심각성의 평균값으로써 작업순서별 작업내용에 대한 심각성에 대한 각 CODE 값인 Xi의 합을 전체 CODE 갯수인 N으로 나누어 평균값을 산정하였으며 식은 다음과 같다.

$$Savr = \sum Xi/N \quad (2)$$

Lavr은 발생빈도수의 평균값으로써 작업순서별 작업내용에 대한 발생빈도에 대한 각 CODE 값인 Xj 합을 전체 CODE 갯수인 N으로 나누어 평균값을 산정하였으며 식은 다음과 같다.

$$Lavr = \sum Xj/N \quad (3)$$

Ravr은 각공종별 위험성평가 척도로서 작업순서별 작업내용에 대한 심각성의 평균값인 Savr과 발생빈도수의 평균값인 Lavr을 곱한 값으로 식은 다음과 같다.

$$Ravr = Savr \times Lavr \quad (4)$$

3.3 설계안전성검토 위험성평가

3.3.1 비계공사 위험성평가

아래 (Table 4)는 비계공종의 위험요소를 도출하고 위험성을 평가한 표이다. 기존 재래식 형태의 지하층외벽공사는 철근, 기둥거푸집 설치 전 비계공사를 시행하게 된다. 비계공사는 비계 이동시 충돌, 비계 설치, 해체 시 추락, 발판위에서의 잔재물 낙하 등으로 인한 재해 발생이 다반사로 발생하는 공종이다. 위험평가등급은 비계설치, 해체 시는 6.34로 평가 되었다.

Table 4. Scaffold construction risk assessment table

Action steps and content	CODE	Hazardous. risk factors and risk	Grade		
			S	L	R
Installation disassembly	B01	Scaffold subsidence, collapse	2	4	8
	B02	Pan pipes carrying: crash, fall, non-Rae	2	4	8
	B03	Installation of the gap not compliant: collapse, evangelism	2	4	8
	B04	Installation, disassembly of the materials fall	2	3	6
Installationd isassembly (Safety footrest safety railing safety footrest moving path	B05	Not a niche foothold interval: material falling	2	3	6
	B06	The balance of the work lost chocks installed, dismantled, crash	1	4	4
	B07	Scaffolding dismantling, crashed when working	2	4	8
	B08	Scaffolding crashed through and fall	2	3	6

safety facility	B09	At the dissolution of the ascent installation to install: crash	1	4	4
	B10	In the upper part of the on-the-go safety first signed: crash	1	4	4
	B11	The walls are well outside the scaffold falling and collapse the regulatory mijunsuro	3	4	12
	B12	Now loads and wind loads of a scaffold collapse	1	4	4
	B13	Scaffold improves balance, go on crash	2	3	6
	B14	Scaffolding crashed through a railing	1	4	4
	Avr		1.71	3.71	6.34

비계 설치단계에서는 초기 비계 기둥 및 띠장 설치 시 각각 단독으로 설치되므로 전도, 충돌, 추락위험이 높게 평가되었고, 안전난간, 통로 설치시는 비계가 고정된 상태이므로 위험성평가는 다소 낮은 단계로 평가되었다. 비계설치가 완성된 이후 벽이음을 준수하지 않을 경우 비계전체가 도괴, 붕괴되는 사례가 많고 발생 시 심각성이 매우 크므로 위험성평가 중 가장 높게 평가 되었다. 전체적으로 비계설치, 해체 시 위험성평가 평균은 6.34로 보통수준으로 평가되었다.

3.3.2 거푸집공사 위험성평가

아래 (Table 5)는 거푸집공종의 위험요소를 도출하고 위험성을 평가한 표이다. 지하외벽 거푸집 설치, 해체 단계에서는 6.12로 보통 수준으로 평가 되었다.

Table 5. Installation of retaining wall formwork, dismantling risk assessment

Action steps and content	CODE	Hazardous. risk factors and risk	Grade		
			S	L	R
Formwork assembly	D01	Retaining wall dies when assembling equipment collision, stenosis	2	4	8
	D02	The amount of water falling in excess of the spec	2	3	6
	D03	Sling belt broken: volume of water fall	1	4	4
	D04	Vertical and lower part of the control of concurrent operations, rogue, fall	2	3	6
	D05	Line-bending exceeds the safe working load	2	3	6
	D06	The dice fell short of dismantling the State-in-a-row hook fixed: Evangelism, fall	2	4	8
	D07	Table lift (T/L) at the same time by manipulating the evangelism	1	4	4
	D08	Table lift the ball dropped into the upper tool away from the collision	2	3	6
	Avr		1.75	3.50	6.12

지하외벽 거푸집 설치, 해체 단계에서는 거푸집 조립 시 장비 충돌, 협착과 장비제원 초과로 인한 거푸집낙하, 슬링벨트 파단으로 거푸집 낙하, 상하 동시작업으로 낙하물과 충돌, 줄걸이 안전사용하중 초과, 줄걸이 해체 시 거푸집 전도 낙하 등이 있으며, 거푸집 상부 후크 해체 시 테이블리프트 조작 미숙으로 전도 위험이 있다. 거푸집 설치, 해체에서는 위험성평가 항목 평균 점수가 6.12로 보통 수준을 나타내고 있다.

3.3.3 철근배근공사 위험성평가

아래 (Table 6)은 철근배근 공종의 위험요소를 도출하고 위험성을 평가한 표이다. 사례의 철근배근 높이는 13m이다. 철근 하역, 양중 시는 10.57점으로 위험수준으로 평가 되었고 철근 배근 시에는 6.54로 보통 수준으로 평가 되었다.

Table 6. Rebar installation risk assessment

Action steps and content	CODE	Hazardous. risk factors and risk	Grade		
			S	L	R
Unloading and Moving up the Reinforcement	L01	Unplanned work, enforcement: fall, crash	3	4	12
	L02	Crane overload device is non-functional: Evangelism	2	4	8
	L03	Weather conditions (strong wind), etc., equipment falling	3	3	9
	L04	Does not control the work area: stenosis	3	4	12
	L05	Outrigger does not fully extended: Evangelism	3	4	12
	L06	Line-bending exceeds the safe working load: dropping	3	4	12
	L07	And weight carrying cows and the workforce: Evangelism, conflict	3	3	9
	Avr		2.85	3.71	10.57
Rebar Assembly	M01	Hang up-stroke joints reinforced by prodding	2	3	6
	M02	He slipped and fell during the move reinforced convicted	2	3	6
	M03	pierced on dowel bar	2	3	6
	M04	The building end crashed when assembling the end HOOP reinforcement	2	4	8

	M05	Materials distributed load fell short: the meltdown	1	4	4
	M06	Salvage, openings, fell short of the protective measures; crash	2	3	6
	M07	Hand cutting machine in use, reinforced this flop	1	3	3
	M08	Rebar caps do not pass: prodding crowned	2	3	6
	M09	The gang forms on the upper reinforced neglect: the downfall	2	4	8
	M10	Inadequate control of the navigator when moving the table lift: stenosis, collision	4	3	12
	M11	Walls reinforced support bad: Evangelism, stenosis	2	3	6
	Avr		2.0	3.27	6.54

철근 하역, 양중 시 위험성 요인으로는 화물차 정차 중 미끄러짐으로 인한 협착, 자재 전도가 있으며, 지게차 등 장비로 하역 시 충돌, 협착이 있다. 또한, 계획되지 않은 작업 시행으로 자재 낙하, 충돌이 있다. 크레인으로 하역 시 과부하 장치 미작동으로 인한 낙하, 줄걸이 안전율 초과로 인한 낙하, 철근을 인력운반 시 과중량으로 충돌 등의 위험성평가가 있었고, 평균 10.57을 나타내어 저감대책이 필요한 수준으로 평가 되었다.

철근 배근 시에는 철근사이로 발빠짐으로 인한 골절, 전선거치 불량으로 인한 감전이 있다. 콘크리트 끊어치기면 이음철근 노출 시 끝단 보양 미흡으로 인한 찔림, 철근 조립 위로 이동시 전도, DOWEL BAR 에 의한 찔림, 단부쪽 HOOP근 배근 시 외부로 추락 , 자재보관 시 분산적재 미흡으로 붕괴가 있다. 또한, 인양구, 개구부 방호조치 미흡으로 인한 추락, 철근을 절단하기위해 핸드컷킹기 사용 중 철근 비래, 갱폼 상부에 철근 방치로 인한 낙하, 근로자들 이동 시 유도원 통제 미흡으로 충돌, 협착 등이 평가 되었으며 평균 6.54로 평가되어 보통 수준을 나타내고 있다.

3.3.4 콘크리트타설공사 위험성평가

아래 (Table 7)는 콘크리트타설 공종의 위험요소를 도출하고 위험성을 평가한 표이다. 타설 전 장비설치 시 위험성평가는 6.66점으로 평가되었다. 타설 중 위험성평가는 8.93로 위험수준으로 평가되었다.

Table 7. When pouring concrete Risk assessment

Action steps and content	CODE	Hazardous, risk factors and risk	Grade		
			S	L	R
2. Equipment Installation	B01	Geotechnical ground subsidence caused by the lack of history: the equipment falling	2	3	6
	B02	The use of access control equipment fell short: collision, stenosis	2	3	6
	B03	100% of the unexpanded Outrigger: Evangelism	2	4	8
	B04	Equipment spec overtime: Evangelism	2	3	6
	B05	At the same time: structures damaged, crash for the boom, evangelism	2	3	6
	B06	Boom after expansion by Outrigger: Evangelism	2	4	8
	Avr		2.00	3.33	6.66
3. pouring	C01	Luck narrowing the mismatch between workers power signal:	3	4	12
	C02	Installation installation of the piping is eliminated: fall, non-Rae	3	2	6
	C03	Installation: plumbing-Jim in danger: non-Rae	3	3	9
	C04	After a stop at the teleportation: crash remicon, stenosis	3	4	12
	C05	The remnants of the water installation of DAP to: non-Rae	3	3	9
	C06	Boom vs. Java LAGAN release: fall, non-Rae	2	3	6
	Avr		2.83	3.16	8.93

타설 전 장비설치 시 위험성평가는 지반의 지내력 부족으로 인해 침하 시 장비 전도, 장비 사용 시 기술인 출입통제 미흡으로 펌프카, 레미콘차량과의 충돌, 협착, 펌프카 아웃트리거 100% 확장하지 않을 경우 전도, 펌프카 붐대를 과도하게 펼칠 경우 전도가 있다.펌프카 붐대를 확장한 상태로 이동 시 기존 구조물과의 충돌 전도, 붐 확장 후 회전에 의한 아웃크리거 전도가 있다. 타설 주름관 연결 후 붐 인상 시 낙하물 발생하여 낙하위험 등이 있으며 위험성평가는 평균 6.66점으로 나타났다. 펌프카 설치에서는 일반적으로 보통 수준의 위험성평가가 되었다.

타설 중 위험성평가는 운전원과 작업자 간의 신호 불일치로 인한 펌프카 및 레미콘차량과의 협착, 타설 중 타설배관 탈락으로 골재 등의 잔재물 등이 튀어 비래, 펌프카 붐대와 타설호스 이탈로 인한 낙하, 비래 위험이 있으며, 폭염 등 기후조건이 열악한 상황에서 타설시 근로자들의 호흡기 질환발생 등의 위험성평가가 되었고 위험

성평가 점수는 평균 8.93으로 높게 평가되었다.

3.4 설계안전성검토 적용사례

Table 8. Project Description (Projcet No. 2)

Project	J Building construction
Cost	About 600 billion won
Period	2018.1 ~ 2019.10 (22month)
Type	Plant
Designer	I. C. Kim and others
Design company	G company
Owner	H company
Constructor	L company
Supervisor	P company

프로젝트2의 공사비는 약6천억원이며, 공사기간 22개월이 소요된다. 공사종류는 지하층이 있는 대규모 플랜트 건축물공사이다. 설계자는 김인철외 다수이며, 설계회사는 G사이다. 발주자는 H사, 시공자는 L사, 사업관리는 P사이다. 프로젝트2는 발주자 및 시공자가 초기부터 안전을 최우선으로 하여 공사수행을 해야한다는 공동의 목표를 갖고 프로젝트를 수행하게 되었으며, 이를 위해서 공사초기 설계단계부터 DFS를 통한 설계안전성검토를 수행토록 하였다. 초기부터 설계자, 발주자, 시공자가 참여하는 위험성평가회의를 거쳐 구조체공사의 중공종별로 분류하고 중공종별 세부 작업단계절차 항목을 분석하여 각 항목별 위험성평가를 실시하고 저감대책 수립을 통하여 대안을 수립 제안하였다. 또한, 도출된 대안공법을 실제 현장에 적용하기 위해 대안공법을 적용할 수 있는 제품 생산 협력사를 발굴하고 발주자, 시공자, 협력사와 협업하여 대안공법을 적용하여 수행하였다. 상기 프로젝트 2는 설계안전 개선안 도출을 위해서 프로젝트 설계단계부터 설계안전성검토팀을 구성하였다. 구성인원은 발주자5명, 설계사5명, 시공사10명, 건설안전전문가 5으로 구성하였으며 팀원들 대상으로 토론 및 인터뷰를 거쳐 위험요소를 도출하고 저감대안을 수립하여 대안을 선정하였다. 설계안전성검토의 주안점은 현장에서의 노동력투입을 최소화하는 것으로 현장작업을 줄이고 공장에서 선제작 후 현장에서는 조립, 설치만 가능할 수 있는 설계안전성검토를 적용하였다. 또한, 현장에서의 비계, 거푸집, 철근, 콘크리트타설 등, 공종별 작업을 제거하여 공종별 작업단계에서 발생할 수 있는 위험요소를 저감시켰다. 이후 선정된 공법에 대하여 위험성평가를 거쳐 설계에 반영하였다. 시공단계에서도 설계안전에서 발굴하지 못한 시공상 위험요인에 대해서는 지속 발굴하여 개선안을 지속적으로 수립 적용하여 수행하였다. (Fig. 1)에는 설계안전성검토팀 참여 주체별 경력을 표시하였으며, 발주자는 22.8년, 설계자는 20년, 시공자는 26년, 건설안전전문가는 27.2년을 갖추고 있다.

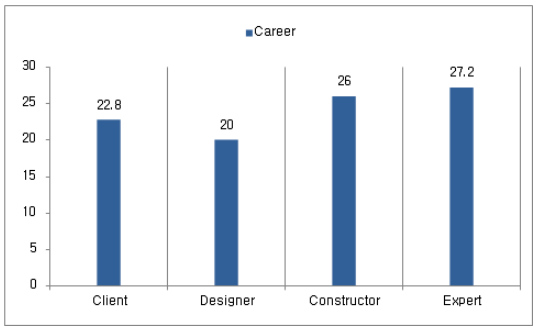


Fig. 1. Group Interview career

3.4.1 설계단계 저감대책

Table 9. Evaluation for Alternatives

Item	Weight	Alt 1		Alt 2	
Safety Mng.	1	A	3	C	1
Aesthetics	1	B	2	B	2
Function	1	A	3	B	2
Technology	1	A	3	A	3
Cost	1	B	2	B	2
Time	1	A	3	B	2
Environment	1	A	3	B	2
Total		19		14	

프로젝트 2는 프로젝트 1의 지하층 구조체공사에서 평가된 위험성평가를 토대로 대안 평가를 수행하였으며 프로젝트 1의 평가 결과는 다음과 같다.

비계공사에서의 위험성평가는 비계전도 및 붕괴로 인한 작업자 깔림, 추락으로 인한 사망이며 발생빈도는 1.71, 심각성은 3.71, 위험등급은 6.34이다. 거푸집공사에서의 위험성평가는 거푸집 붕괴로 인한 작업자 추락으로 인한 사망이며 발생빈도는 1.75, 심각성은 3.5, 위험등급은 6.12이다. 철근공사에서의 위험성평가는 철근전도 및 붕괴로 인한 작업자 깔림, 협착으로 인한 사망이며 발생빈도는2.85, 심각성은 3.71, 위험등급은 10.57이다. 콘크리트타설공사에서의 위험성평가는 거푸집붕괴로 인한 작업자 깔림, 추락으로 인한 사망이며 발생빈도는 2,83, 심각성은 3.16, 위험등급은 8.93이다.

상기 위험요소에 대한 저감대책으로 다음과 같이 2개의 대안을 제시하였다.

- 대안1: PC형 부재인 Mega Double Wall (이하 'MDW')공법으로 변경
- 대안2: 대형갱폼 공법으로 변경

대안1과 대안2의 복수안에 대한 최적대안 선정평가 시 국토교통부의 "설계안전성검토업무 매뉴얼"의 다중 위험성평가 모델을 활용하여 대안 평가를 실시한다. 평가항목으로는 안전관리, 미관, 기능, 기술, 비용, 시간, 환경 항목으로 평가 실시한다. 평가에 대한 가중치를 설정하여 총점이 높은 대안으로 Alt 1인 PC형 부재인 MDW 공법으로 변경하는 것을 선정하였다. 대안으로 선정된 MDW공법은 기존 지하층 외벽공사 시 재래형태의 거푸집 공사를 개선하기 위해 Precast Concrete(이하 'PC') 형태의 공장제작으로 생산되는 제품이다. MDW 두께는 300~400mm Double Wall 공법을 기초로 하여 메가프로젝트의 지하외벽 및 공장의 폐수처리장과 같은 대형공간 적용을 목적으로 개발하였다. MDW는 두께 1,000mm이상, 높이 10m이상의 대형부재로서, 약 150mm 두께의 PC 패널을 일정크기의 스틸거푸집에 철근배근한 후 상부 Wall 및 하부 Wall 연결 Beam을 선 타설 후 하부 Wall을 타설하는 공법이다. 내부에 형성된 중공부는 현장타설 콘크리트로 충전하고 양생시켜 외벽을 형성한다. 기존 재래식 현장타설 콘크리트 공법과 동등한 수준의 구조성능을 만족함과 동시에 PC공법의 장점인 공기단축 및 공장생산을 통한 품질확보 등의 장점을 보유한 공법이다[15] [16]. 토목교량 부문에서도 MDW공법과 유사한 조립식 중공슬래브교(Prefabricated Voided-Slab Bridge)가 개발되고 있다[17]. 대안공법을 적용하므로서 현장에서의 비계설치 해체, 철근가공조립, 거푸집설치 해체, 콘크리트타설, 거푸집해체 등의 5단계를 MDW설치, MDW부재간 판판 보강근 시공, 콘크리트 타설의 3단계로 작업단계별 위험요소를 저감시켜 적용하였다.

3.5 대안제시 후 MDW공법 위험성평가

3.5.1 MDW 자재반입 및 하역 시 위험성평가

아래 (Table 10)은 MDW자재하역 시 위험성평가는 5점으로 MDW부재 설치 시 위험성평가는 6점으로 평가되었다.

Table 10. Risk assessment during MDW member entry and installation

Action steps and content	CODE	Hazardous, risk factors and risk	Grade		
			S	L	R
Unloading material	B01	Quantity of absence caused by dropping a tool connected	2	3	6
	B02	The standoff between the neck and the absence of finger occlusion	2	2	4
	Avr		2.00	2.50	5.00
Material Installation	C01	With the belt hole in the corner of the sling falling friction	2	4	8
	C02	The absence of rotation caused by technology and narrowing the conflict	2	3	6
	C03	The absence of liver or fixed peulreng trail between finger cocclusion	2	2	4
	C04	When working with the upper Sling belt off: sky falling	2	3	6
	C05	Before the dissolution of the complete equipment Sainsbury belt caused by stenosis	2	3	6
	Avr		2.00	3.00	6.00

MDW자재하역 시 위험성평가는 타워크레인으로 하역 시 과부하장치 미작동으로 낙하, 슬링벨트 또는 와이어 등 양중도구 체결 불량으로 인한 부재 낙하, 자재를 하역 후 바닥에 내려놓을 경우 MDW하부 받침목과 부재사이에 손가락 협착, 슬링벨트 또는 와이어 등 줄걸이 안전사용하중 초과 등으로 인한 부재낙하 등의 위험성평가가 되었으며 평균 5점으로 보통수준으로 평가되었다. MDW부재 설치 시 위험성평가는 슬링벨트를 MDW 체결구멍에 넣어 인양 시 체결구멍 모서리가 날카로워 슬링벨트가 끊겨 낙하, 인양 중 줄걸이가 꼬여 부재 회전으로 인한 근로자와의 충돌, 협착이 있으며, 부재를 수직으로 바닥에 설치 시 부재와 부재사이 또는 하부 고정플레이트 사이에 손가락이 협착, 상부 슬링벨트 해제 시 스카이를 타고 작업할 경우 스카이 전도, 슬링벨트 완전 해체 전에 장비 작동으로 인한 협착 등의 위험성평가가 되었고 평균 6점으로 보통 수준으로 평가되었다.

3.5.2 MDW 판판 보강근 위험성평가

아래 (Table 11)는 MDW 판판 보강근 설치 시 위험성평가는 5점으로 평가되었다.

Table 11. Risk Assessment of MDW Plate Reinforcement

Action steps and content	CODE	Hazard,risk factors and risk	Grade		
			S	L	R
Between member and member Installation of reinforcing bars	C01	Quantity of absence caused by a hook connected to give the downfall	2	3	6
	C02	When working with the technology crash at sky heights	1	4	4
	Avr		1.50	3.50	5.25

MDW 판판 보강근 설치 시 위험성평가는 타워크레인으로 보강근 양중 시 기술인과의 충돌, 양중 줄걸이 체결 불량으로 인한 부재 낙하, 스카이를 타고 MDW 상부에서 작업 시 기술인 추락, 보강근 설치 시 손가락 끼임 등의 위험성평가가 되었으며 평균 5.25점으로 보통 수준으로 평가되었다.

3.5.3 MDW 콘크리트 타설 위험성평가

아래 (Table 12)는 MDW 콘크리트 타설전 위험성평가는 6.07로 보통수준으로 평가되었다. MDW 콘크리트 타설 시 위험성평가는 7.50으로 평가되어 위험수준으로 평가되었다.

Table 12. Risk assessment for MDW concrete pouring

Action steps and content	CODE	Hazardous, risk factors and risk	Grade		
			S	L	R
2. pumpcar installation	01	Pump kata installation technology, access control fell short: collision, stenosis	2	3	6
	B02	Pump 100% car Outrigger unexpanded: Evangelism	1	4	4
	B03	Peok Petit Ka boom after expansion by: Evangelism	2	4	8
	Avr		1.66	3.66	6.07
3. concrete pouring	C01	Installation of the footrest installation, demolition: crash crash	2	4	8
	C02	Installation of the footrest upper fixed finger occlusion MDW	2	3	6
	C03	Installation of scaffolding crashed at the same time	2	4	8
	C04	Pump car crashed as a result of the bumps on the boom	2	4	8
	Avr		2.00	3.75	7.50

MDW 콘크리트 타설 전 펌프카 장비 설치 시 위험성평가는 타설장비가 지반의 지내력 부족으로 인해 침하할 경우 장비 전도, 펌프카 장비 타설 시 근로자 출입통제 미흡으로 인한 충돌, 협착, 펌프카 아웃트리거 100% 미확장 시 전도, 펌프카 붐 확장 후 회전에 의한 전도 등의 위험성평가가 되었으며 평균 6.07점의 보통 수준의 위험성평가가 되었다.

MDW 콘크리트 타설 시 위험성평가는 타설발판을 MDW 상부로 인양 시 줄걸이, 샤클불량으로 낙하 발생이 있으며, 발판 설치 및 해체시 근로자 추락, 발판 MDW 상부 고정 시 근로자 손가락 협착, 타설을 위해 발판 이동 시 추락, 타설 중 펌프카 붐대 요동으로 인한 추락 등의 위험성평가가 있으며 평균 7.5점으로 보통 수준으로 평가되었다.

3.5.4 개선전, 후 공법 비교

아래 (Table 13)은 개선전 재래식 거푸집외벽공사 와 개선후 MDW 공법과의 위험성평가 비교를 하였다. 기존재래식 공법에서의 위험성평가 전체 평균은 7.37점으로 평가 되었고, MDW로 변경 시 평가는 전체평균 5.75점으로 평가되었다. 위험성평가 항목은 기존재래식 공법의 경우 전체평균 8.83개이고 MDW공법으로 변경 시 전체평균은 3.0으로 저감되었다.

Table 13. Comparison of risk assessment when existing quay exterior wall formwork and MDW improvement

The risk assessment before an improvement			After conducting a risk assessment to improve		
Work step	score	items	Work step	Score	items
Installation of scaffold and form			MDW		
Scaffolding and dismantling	6.28	14.0	Material unloading	5.00	2.0
			Material installation	6.00	5.0
Formwork assembly	6.00	8.0			
Avr	6.14	11.0	Avr	5.50	3.5
Rebar Assembly			MDW Plate reinforcement		
Material pick-up and transportation	10.17	7.0			
Rebar Assembly	6.80	10.0			
Avr	8.68	8.5	Avr	5.00	2.0
Concrete pouring			Concrete pouring		
Equipment Installation	6.29	7.0	Equipmnet installation	6.00	3.0
Concrete pouring	8.29	7.0	Concrete pouring	7.50	4.0
Avr	7.29	7.0	Avr	6.75	3.5
Total avr	7.37	8.83	Total avr	5.75	3.0

프로젝트1에서는 지하층외벽공사를 기존 재래식거푸집 공법으로 수행하였고, 이에 대한 위험성평가를 실시하였다. 그 결과 위험성평가가 공종별로 높게 나타났다. 이에 프로젝트2에서는 DFS 관점에서 이를 개선하기 위해 위험저감대책을 수립 후 대안을 제시하여 각 대안에 대한 평가를 실시한 후 최적대안으로 PC부재 형태인 MDW공법을 선정하였다. 이에 대한 위험성평가를 실시하여 기존 재래식거푸집 공법과 위험성평가를 비교하였다.

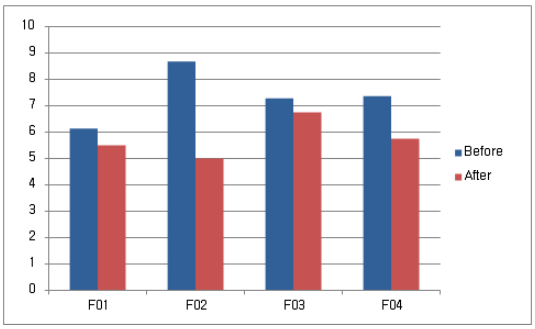


Fig. 2. Risk assessment comparison before and after improvement

(Fig. 2)의 F01은 비계공사, F02는 거푸집공사, F03은 철근배근공자, F04는 콘크리트타설공사이다. 비교결과 프로젝트 1에서 위험성평가는 비계설치, 해체 및 거푸집 조립단계에서 평균 6.14로 평가되었다. 이를 MDW로 개선하여 적용할 경우 위험성평가는 5.50로 0.64가 저감되었다. 철근배근에서의 위험성평가는 기존 재래식에서는 8.68로 평가 되었으며, 개선후에는 MDW에는 철근배근 항목대신 MDW와 MDW 부재사이를 보강하는 와이어메쉬 판판보강근 설치가 있어 이에 대한 위험성평가 점수는 5.0으로 평가 되어 3.68이 저감되었다. 콘크리트 타설 시 위험성평가는 재래식에서의 위험성평가는 7.29로 평가 되었으며, 개선후 MDW 타설 시는 기존 비계상부 위에서의 작업이 공장제작 작업발판으로 개선되어 6.75점으로 0.54가 저감되었다.

공종별 작업절차가 많을수록 위험요소가 많이 나타나고 이는 안전사고로 기인될 확률도 높다. 따라서 위험요소 저감을 위해서는 작업절차 단계를 최소화 하는게 필요하다. (Fig. 3)의 G01은 비계공사, G02는 거푸집공사, G03은 철근배근공사, G04는 콘크리트타설공사이다. 기존 재래식거푸집공사 시 위험성평가와 이를 개선하여 저감대책을 수립한 MDW 위험성평가를 비교한 결과 기존

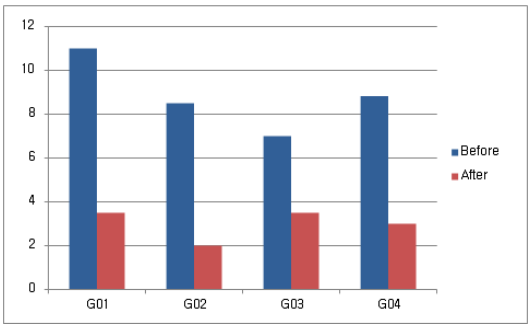


Fig. 3. Comparison of work steps before and after improvement

재래식거푸집공사 시 작업절차 단계인 비계설치, 해체 및 거푸집 작업절차 수행 항목은 총 22항목이며 이를 중공종인 2단계로 분배할 경우 평균 11단계로 평가되었다. 이를 MDW로 개선하여 적용할 경우 작업절차 수행 항목은 총 7항목이며 이를 중공종인 2단계로 분배할 경우 평균 3.5단계로 평가되었다. 재래식공법의 경우 비계설치, 해체, 거푸집조립을 MDW로 공장제작할 경우 수행항목은 7.5단계가 저감되었다. 철근배근에서의 작업절차 수행 항목은 총 17단계이며 이를 중공종 2단계로 분배할 경우 평균 8.5단계이다. 이를 MDW로 변경한 결과 MDW와 MDW간 판판보강근 수행단계인 2단계만 수행하게 되므로 6.5단계가 저감되었다. 콘크리트 타설 작업절차 수행단계에서는 기존방식은 총 14단계가 수행되며 이를 중공종으로 분배할 경우 7단계가 수행되며 개선 후에는 7단계로 이를 중공종으로 분배한 경우 3.5 단계를 수행하여 평균 3.5단계가 저감되었다. 기존 방식에서는 작업절차수행 단계가 전체평균 8.8 단계를 수행해야 하나 개선안에서는 작업수행절차 항목이 전체평균 3.0단계로 수행하여 5.8단계 저감되었다. 현장에서의 작업수행절차를 줄여 위험요소가 저감되므로 DSF를 통한 안전개선이 현장에서의 위험요소을 줄이고 안전사고를 줄이는데 기여하고 있음을 알 수 있다.

3.6 설계안전성검토 대안 적용 현장 사례

3.6.1 지하외벽공사 설계안전을 위한 MDW적용

대안으로 선정된 MDW공법은 벽체의 내, 외부를 PC 패널형태로 제작하고 내부는 속이 빈 중공형태로 제작하여 현장으로 운반, 설치 후 내부를 채움콘크리트로 타설하여 벽체를 구성하는 공법이다. 구조체 폭과 높이가 높은 지하층에 적합한 공법이다.

Fig. 4. MDW Reinforcement and formwork installation

대안수립 시 가장 중점을 두어 검토한 사항은 현장에서의 비계공사, 거푸집공사, 철근배근공사를 제거함으로써 현장에서 발생할 수 있는 위험요소를 대폭 저감시킨 것이다. 지하층벽체를 PC형태로 공장제작함으로서 작업절차 및 위험요소가 대폭 저감되었다. (Fig 4)는 MDW 제작시 몰드를 제작한 후 몰드내 철근배근 후 콘크리트를 타설하고 이를 증기양생으로 양생하면 MDW 부재가 완성된다. 완성된 부재는 차량을 이용하여 현장으로 운반한다. 현장내 하차 시는 MDW에 매립된 인서트에 줄걸이를 균등하게 걸쳐서 수평을 맞춘 후 (Fig. 5)와 같이 밸런스 디바이스를 이용하여 하역한다. 부재를 현장에서 부재 설치 시는 하역된 부재를 타워크레인을 이용하여 서서히 한쪽부터 인양하여 수직으로 세워 설치할 위치로 이동하여 수직으로 설치를 한다.

Fig. 5. MDW unloading and installation

현장에서 MDW 설치 전 자립을 위한 하부 기초 앵커를 미리 시공한 후 MDW 설치 시 앵커와 MDW 결속을 위해 앵커에 볼트를 체결하고 전도방지를 위해 벽체에 서포트로 지지대를 설치한다(Fig. 6).

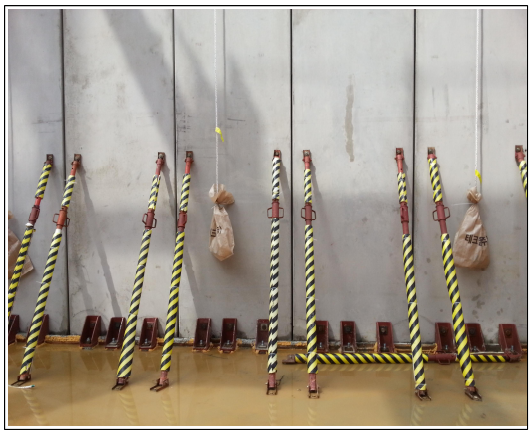


Fig. 6. MDW support and base anchor installation after MDW assembly

MDW부재를 연속적으로 설치하면 지하외벽형태의 패널이 구성된다. 패널 내부에 현장 콘크리트 타설하여 채우면 지하층외벽이 완성되게 된다. 기존재래식거푸집공법에서는 콘크리트 타설 시 비계상부에 올라가 작업을 수행하므로 콘크리트 측압으로 인해 거푸집터짐이 발생할 경우 거푸집 및 비계붕괴 위험요소가 높다. 대안으로 선정된 MDW공법의 경우 구조적으로 콘크리트측압을 견딜 수 있게 제작되어, 붕괴 위험요소를 저감시켰다. MDW내부 콘크리트 타설은 타설 전에 공장에서 제작된 작업발판을 MDW 상부에 선설치 후 스카이 장비를 이용하여 근로자들이 올라가 작업발판위에서 타설을 함으로 인해 기존 재래식 비계발판 이용시 보다 충돌, 협착 등의 위험요소가 저감된다. 벽체 타설은 측압을 고려하여 구조적검토를 거쳐 10m 높이를 5회 분할하여 타설 진행한다. 1회 타설 후 90분 후 순차적으로 타설을 진행한다.

Fig. 7. MDW concrete pouring

4. 결론

본 연구에서는 건설산업에서 안전사고를 줄이기위해 도입한 설계안전성검토에 대한 기본개념과 선행연구를 고찰하였다. 설계안전성검토 적용이 실제 건설산업의 안전사고 저감에 도움이 되는지를 연구하기위해 공사수행중인 두현장을 선정하여 적용하였다. 첫번째 현장은 설계안전성검토를 적용하지 않은 사례이며 두번째 현장은 적용한 사례를 살펴보았다. 연구를 통해서설계안전성검토를 적용하지 않은 사례에서의 공종별 작업단계에 따른 위험요소 및 위험성평가 사례를 살펴보았고, 설계안전성검토를 적용한 사례에서는 DFS관점에서 공종별 작업단계에 따른 위험성 저감을 위한 대안을 수립하고 선정된 대안을 적용한 사례를 살펴보았다. 두사례를 각각 비교한 결과 각프로젝트의 위험요소 및 위험성평가의 가중치를 알 수 있었다. 대안수립 후 선정된 공법으로 적용한 결과 위험요소 및 위험성평가 가중치가 전반적으로 낮아졌음을 알 수 있었다. DFS제도 도입으로 안전사고 저감을 위해 공사 수행중인 현장에 적용을 해야하나, 실제 적용하는 사례는 부족한 상황이다. 본 연구에서는 설계안전성검토를 통해 실제 공사수행을 한 현장에 적용하여 다음과 같은 결론을 도출하였다. 첫째로 기존 재래식공법으로 시공 중인 프로젝트1현장과 DFS를 적용한 프로젝트2현장의 위험성평가 및 저감대책을 비교 해 본 결과 위험성평가표 평균은 개선전 7.37에서 개선후 5.75로 위험요인 저감이 21.9% 개선되었고, 둘째로 위험성평가시 작업단계별 위험항목은 개선 전에는 평균 8.83개 이었으나 개선후는 3.0 항목으로 작업단계별 위험항목이 66%로 저감되었다. 셋째로는 발주자 제안으로 현장개설전부터 설계안전성검토팀을 구성하여 현장에 적용함으로써 공사기간 중에 발생할 위험요소를 최소화하고 안전사고를 저감시켰다. 설계안전성검토를 통한 안전사고 예방을 위해서는 발주자 및 프로젝트 참여자들의 의식전환이 무엇보다도 중요하다는 것을 인지하게 되었다. 이렇게 초기설계단계에서부터 위험요인이 많은 공종인 지하층외벽공사에 DSF를 적용하여 위험요소를 도출하고 저감대책을 수립 후 대안공법을 제시함으로써 위험요소가 감소되는 것을 살펴보았다. 이는 DFS적용이 건설현장 안전사고 저감에 상당부분 기여한다는 것을 제시하였다. 다만, 구체적인 위험요소감소 및 노동력절감 등의 정량적근거 및 여러 다양한 공종에서의 설계안전성검토 적용사례는 차후 추가적으로 연구 진행되어야 한다.

References

[1] S. H. Lee, Impact of Fluctuations in Construction Business on Insolvency of Construction Company by Size, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 17, No. 8, pp. 147-156, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.8.147

[2] N. K. Baek, J. P. Hong, H. C. Lim, Survey on the Actual Condition and the Improvement Factors of Foreign Workers at the Construction Site, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 19, No. 1, pp. 136-145, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.1.136

[3] Korea Occupational Safety & Health Agency, KOSHA DATA, Industrial Disaster Statistics, 2016.

[4] Ministry of Employment and Labor, Occurrence of Industrial Accident at the end of June 2018.

[5] S. W. Shin, C. B. Son, An Analysis on the Relationship between Occurrence Type and Influence Factor of Construction Safety Accident using SNA Method, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, Vol. 33, No. 4, Serial No. 342, pp. 47-54, 2017.

[6] Ministry of Land, Infrastructure and Transport Conversion of construction site safety management from countermeasure to prevention, Press Releases Jan 2016.

[7] J. Y. Shin, Development Plan of Design for Safety in Construction, Tunnel & Underground Space, Vol. 27, No. 6, pp. 351-356, 2017.

[8] A. Gibb, R. Haslam, S. Hide and D. Gyi, The role of design in accident causality, In Hecker S, Gambatese J & Weinstein M(Eds), Designing for Safety and Health in Construction: Proc., Research and Practice Symposium, UO Press, Eugene, pp. 11-21, 2004.

[9] M. Behm, Linking construction fatalities to the design for construction safety concept, Safety Science, 43, pp. 589-611, 2005.

[10] Korea Occupational Safety & Health Agency, KOSHA DATA, Industrial Disaster Statistics, 2014.

[11] S. H. Hong. "Total Safety Management System by Owner's Leading for the Effective Prevention of Construction Accidents, Journal of the KOSOS, Vol.20 No.3. pp164~173, 2005.

[12] Korea Occupational Safety & Health Agency, KOSHA DATA, Disaster Prevent Activities by

[13] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Design of Safety Task Manual, 2017. Country, Department of statistic Singapore, 2016.

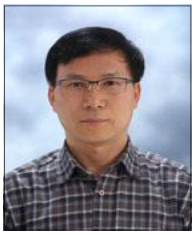
[14] Korea Workers' Compensation & Welfare Service. Guidance on risk assessment of workplace, Dec 2014.

[15] J. H. Moon. Choi H. C, MDW Structural Performance Test Report, Hannam University, pp. 1~11, 2016.

[16] Y. H. Oh, Evaluation Study on the integral of the PC and the RC of the MDW method, Korea Concrete Institute, pp. 1~36, 2017.

[17] H. G. Kim, Development of Prefabricated Voided-Slab Bridge Using PSC-I Girders, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 18, No. 6, pp. 742-752, 2017
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.6.742

지 경 환(Kyung Hwan Ji) [정회원]



- 1991년 2월 : 울산대학교 건축학과 (학사)
- 2004년 8월 : 건국대 부동산대학원 건설개발(석사)
- 2017년 8월 : 경기대학교 건축공학과 (박사수료)
- 현재 건설사 29년째 근무 중, 건설안전기술사, 건축시공기술사, 건축사

<관심분야>
DFS, CDM, 위험성평가, 모듈러공법

최 병 정(Byong-Jeong Choi) [정회원]

- 1989년 2월 : 중앙대학교 건축공학과 (학사)
- 1991년 2월 : 중앙대학교 건축공학과 (석사)
- 1995년 2월 : 일리노이 공과대학교 토목공학과 공학박사
- 2019년 현재 : 경기대학교 건축공학과 교수/창의공대학장

<관심분야>
강구조설계, 내진설계, 합성보, 건설안전