

설계안전성 검토 시행에 따른 국내 건설업 주체의 안전개선 연구

지경환* · 최병정*
*경기대학교 건축공학과

A Study on safety improvement of Domestic Construction Industry subject to Design for Safety review

Kyung-Hwan Ji* · Byung-Jung Choi*

*Department of Architecture Engineering, Kyunggi University

Abstract

This thesis provides background information on DFS carried out by the government in an effort to reduce the accident rate, cases of DFS in other advanced countries to study their risk detection, risk assessment, risk control measures, and cases in which application of DFS during the designing phase successfully led to reduction of the accident rate. Till now, the focus has been on incident responses after the occurrence of accidents, it describes the importance of considering safety during the designing process through safety results and cases.

Keywords : DFS, Safety Management, design stages, Safety Consulting, Risk Assessment System

1. 서론

1.1.1 연구의 배경 및 목적

건설업 특성상 제조업과는 달리 다양한 발주자, 여러 종류의 건축물, SOC사업, 각종 시설물 등을 각프로젝트별로 서로 다른 위치와 대지조건 하에 작업하여 목적물을 완성하는 사업이다. 더우기 목적물 완성에 필요한 공사기간 및 작업환경이 대부분 외부작업으로 인해 계절, 온도 등 환경의 영향도 다른 산업에 비해 많은 영향을 받는 분야이다. 최근에는 기술인들의 고령화 외국인고용의 증가로 인해 정부의 산업재해 감소 노력에도 불구하고 건설업에서의 재해는 더욱 증가하는 추세이다.

고용노동부에서 발표한 최근 5년간 건설업 재해자수는 26,570명, 재해율은 0.84% 수준으로 전체산업 재해율 0.49%보다 높으며 사망자수는 554명으로 전산업 사망자의 27.6%를 차지하고 있다. 사망자수는 전체 재해자수 대비 2.08%이다. 또한, 사망만인율은

전산업이 0.96%인데 비해 건설업은 1.76%이다. 2014년 2월에 발생한 경주마우나리조트 붕괴사고로 10명 사망, 124명이 부상, 2014년 5월에 장성 요양병원 화재사고로 22명이 사망하고 6명이 부상당하는 사고가 발생하였다. 또한, 2014. 10월 분당판교 환기구 추락사고로 16명사망 11명 부상을 입는 사고가 발생하였다. 이에 국토부에서는 2016년부터 건설현장 안전관리를 대응형에서 예방형으로 전환하여 설계 단계부터 건설사고 위험요소를 선제적으로 관리하고 시공중의 안전 모니터링을 강화하며, 건설사고를 초래한 건설기술자의 역량지수를 감점조치 함으로써 생애주기형 건설공사 안전관리체계를 구현 하고자 하는 내용으로 건설기술진흥법시행령을 개정되어 시행하게 되었다. 하지만 발주자 및 설계사에서는 설계안전 매뉴얼내용 부족 및 실제적용사례부족 대가산정 미흡 등으로 적용 하는데 난항을 겪고 있다. 향후 정책이 정착되기 위해서는 세부내용에 대한 구체적 내용들이 정해져야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 국토부

†Corresponding Author : Kyung-Hwan Ji, Architecture Engineering, Kyunggi University, 154-2, kyunggyosan-ro, Youngtong-gu, Suwon-si, kyunggi-do, korea

Received October 20, 2017; Revision Received November 11, 2017; Accepted December 11, 2017.

에서 제시한 설계안전의 매뉴얼을 검토하여 개선할 부분과 실적용 부족한 사례에 대한 실적용 사례를 제시하고자 한다.

1.1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 최근 발생한 사고유형에 대한 설계 안전 문제점을 제시하고 발주자, 설계자 주도의 안전 관리 체계가 제대로 이행되는지에 대해 사례를 통해 고찰토록 하였다. 분석의 첫 단계로 상기 거론된 세 가지 안전사고의 세부내용에 대해서 살펴보면 2014년 안전사고의 경우에도 경주마우나리조트 지붕붕괴 사고도 원인은 당시 ‘건축구조기준’ 이 습설에 관한 규정을 두지 않았고, 시공자는 설계도서에 기재된 제품에 미달되는 강재(SS400)를 사용하였으며 건축주는 운동시설을 집회시설로 무단용도변경 하였다. 분당관교 환기구 추락사고도 환기구가 노출된 위치에 있었으나 접근금지 난간대 등 차단시설이 없었고 추락을 방지하기 위한 설계하중 등 구조계산 및 설계도서가 부실하고 실제 시공에서도 환기구 덮개의 걸침턱 용접도 부실 하였다. 두번째 단계로 선행 연구에 대한 문헌고찰을 통하여 발주자, 설계자의 안전관리 실태를 분석하여 시사점을 도출 하였다. 국내에서도 2016년5월부터 건설기술진흥법을 개정하여 설계안전 제도를 도입하여 적용중이나 실제 발주자, 설계사에서 적용하는데 많은 어려움이 있을 것으로 전망된다. 이에 대해 첫째, 법적으로 발주자의 안전책무는 어떻게 변화되고 있는지? 둘째, 선진국 설계안전 사례는 어떠한지? 셋째, 설계안전 분석도출의 주요 내용에 대한 문제점 및 개선방향은 무엇인지? 넷째, 실제 현장 적용사례가 있다면 어떻게 진행이 되고 있는지에 대한 연구를 추진한다.

2. 설계안전을 위한 고찰

2.1.1 설계안전 도입배경과 진행현황

정부는 ‘2014년 7월 기존 시공자 및 감리자 중심의 안전관리체계에서 건설사업의 최상위 결정자인 발주자와 사전에 위험요소를 포착할 수 있는 설계자까지 모든 건설주체가 참여하는 안전관리체계를 도입하였다 2014년 12월 국무조정회의에서 ‘건축물안전강화종합대책’의 일환으로DFS (Design for Safety) 방식의 ‘설계사전안전성 평가’ 제도 도입으로 전환하게 되었다. 이후 2016년 5월 건설기술진흥법 시행령 제75조의 2항 설계의 안전성검토 및 제40조 설계도서의 작성을 법제화 하였다. 이를 토대로 향후 설

계단계 오류로 안전사고 발생 시는 발주자, 설계자도 책임을 묻게 될 수 있게 되었고 그동안 안전관리의 사각지대였던 발주자, 설계사도 안전관리의 공동 파트너임을 인식시키는 전환점이 되었다.

2.1.2 발주자 역할과 외국의 제도

2014년 2월 경주마우나리조트 붕괴사고로 시공사 및 감리사만 책임을 묻고 발주자와 설계는 책임을 묻지 않아 형평성이 어긋나기도 했다. 설계안전에 문제가 된 것을 시공시 문제만으로 시공사, 감리사 책임을 묻는 것은 현행법에도 문제가 있음을 지적하지 않을 수 없다. 무엇보다도 건축물의 주인인 발주자가 안전에 대한 의식이 없고 설계사도 단순히 설계만 하면 된다는 인식으로는 현장에서의 안전 및 건축물 완공 후 유지관리 상태에 발생하는 안전관리에 대해서 안전을 담보할 수 없는 상황이다. 건설재해 예방에도 건설사업의 설계, 시공, 유지관리, 해체라는 생애주기에 걸쳐 발주자, 설계자, 건설사업관리자, 수급인 및 하수급인 등 다양한 공사참여자의 역할에 따른 책임의 합리적 분담과 상호협력이 기본이다.

선진국에서 가장 낮은 재해율을 기록하고 있는 나라는 영국으로 1994년부터 CDM (Construction Design Management Regulations 1994)라는 제도를 도입하여 발주자, 주설계자 주도로 설계단계부터 안전관리를 운영하고 있어 1994년 이전에 비해 1.5배 공사물량이 증가하여도 CDM 적용이후 6년간에는 사망만인율이 이전보다 40% 감소하였다.

2.1.3 선행연구를 통한 설계안전 고찰

안전관리 분야뿐만 아니라 건설사업 전반에 걸쳐 프로젝트의 성패는 발주자의 역할에 달려있음은 주지의 사실로서, 공사 전반에 의사결정 권한을 행사하는 발주자의 책임은 막중하다 이에 국토교통부에서는 2015년 5월부터 설계안전을 법적으로 시행토록 법제화 하였다. 홍성호(2003)는 건설사고의 원인분석, 선진 외국의 안전관리제도 동향분석 및 모범현장의 사례조사를 통해 시공사 선도의 안전관리 제도를 개선해서 안전관리 사이클의 개선과 발주자 선도의 총체적 안전관리를 지향해야 한다고 주장하였다. 안홍섭(2010)은 설문조사와 면담조사를 통해 파악된 발주자의 안전관리 실태를 근거로 발주자에 대한 법적 안전책무의 부여를 통해 발주자 주도의 안전관리 활성화를 제안하였다. 또한, 안홍섭(2011)은 CDM에 내재된 발주자 주도의 안전관리 메카니즘 연구에서 산업재해 방지를 위해 설계, 시공, 유지관리, 해체 생애주기에 걸

처 발주자, 설계자, 건설사업관리자, 수급인 및 하수급인 등 프로젝트 참여자의 상호협력이 필요하며 프로젝트 전체의 의사결정 권한이 있는 발주자의 역할이 중요하다고 하였다. 송도흠(2014)은 건설 주체별

안전관리 체크리스트를 토대로 안전관리활동 역할 참여 인지도를 조사하여 기획, 설계단계부터 안전설계가 필요하고 발주자, 설계자의 전문성 부족은 건설안전전문가 참여를 주장하였다.

<Table 1> Client-Initiative Construction Safety Management in DFS

Year	Research	Research Title
1996	Korea Labor Institute	Basic Study on Rationalization of Safety Related System
1996	Ahn Hong seob	Limitations of existing safety organization and necessity of client-centered safety management system
1997	Yun Jo Duck	A safety coordinator that supervises the safety of construction projects comprehensively Suggested introduction of system
1999	Kim Se Young	A Study on Improvement of Construction Safety Management System
2000	Ministry of Labor	Review the need to introduce a safety coordinator system for the role of stakeholders and share responsibility
2001	Ministry of Construction and Transportation	A Study on Construction Information Classification System
2003	Hong Sung Ho	The Development of a Construction Safety Management Information Model using the Concept of Design for Safety
2005	Ahn Hong seob	Provide safety responsibility to the client and present the role and the method of appointment of the safety manager for its implementation
2005	Hong Sung Ho	Total Safety Management System by Owner's Leading for the Effective Prevention of Construction Accidents
2005	Park Tea Myung	Owner-Leading Total Safety Management Process
2009	Song Do Hum	Safety Management Priority Classified by Participants in Planning & Design Stages
2010	Ahn Hong seob	Promotion of Client-Initiative Construction Safety and Health Management

2.1.4 선행연구 설문분석 및 시사점

송도흠외(2010)의 건설공사 초기단계에서의 참여 주체별 중점 안전관리 항목조사 연구에 의하면 2002년 설계단계에서부터 발주자의 안전관리가 필요하다는데 동의자가 78% 응답 하였으며, 2007년에 조사된 설문에서는 공공공사 48% 일부동의를 포함하면 93%가 발주자의 안전관리 책임에 동의하였고 2009년 건설공사 주체별 안전관리활동 인지정도 조사결과 7점 척도에 평균 5.6으로 나타나 기준치인 4점보다 높게 나타났다. 2010년 연구결과에서 78%가 발주자 안전관리가 필요하다고 동의 하였다. 2014년 설문에서는 82%가 발주자 안전관리 책임이 있다고 응답 하였다.

기성호(2016)의 공사참여자의 안전활동 개선을 위한 위험성평가 모델 적용에 관한 연구에 의하면, 2015년 조사에서는 발주자 설문에서는 13% 안전관리자 설문에서는 45% 시공사설문에서는 19% 감리자 설문에서는 46%가 발주자가 안전관리 책임이 있다고 응답하였다.

선행 연구결과 70%이상이 설계단계부터 안전관리가 필요하다는 의견을 피력하고 있으나 발주자 및 설계자의 안전설계 및 안전관리에 대한 무관심은 첫째, 법적책임이 거의 없기 때문이고 둘째, 안전관리는 수급인 즉 시공사의 역할로 인지하고 있기 때문이다. 이에따라 국내에서도 1996년 안전보건공단 한국노동연구원에서 영국 CDM규정 도입을 주장하였고, 2014년 마우나리조트 체육관 붕괴, 아산 오피스텔 전도, 고양종합터미널 화재사고, 판교 환풍구 추락으로 인한 인명사고, 담양펜션 화재사고, 장성 정신요양병원 화재사고가 끊이지 않았다. 사고원인을 분석해 보면 대부분 사전 예방보다는 사후 대응식의 안전관리가 되고 있으며 현행법상 초기 기획, 설계단계에서의 위험요소 제거노력이 부재하고 수급인인 시공단계 위주의 안전관리가 되고 있어 사후대응식의 안전관리가 될 수밖에 없는 상황이다.

3. 해외설계 안전성 사례

3.1.1 해외설계 안전성검토

1) 영국

(1) 영국의 CDM (Construction Design and Management regulation) 규정

영국은 1994년부터 CDM(Construction Design and Management regulation) 규정을 통해 설계자와 발주자의 업무로 설계 안전성 검토가 의무화 되어 있

다. 현재의 CDM 2015 규정의 대상작업장은 공사기간이 30일을 이상, 동시 작업자 참여자가 20명이상 연인원 500인.일을 초과하는 경우 해당된다. CDM 2015 규정은 설계자, 주설계자, 주도급업자 및 도급업자가 위험요소 도출 및 위험성평가를 실시하고 위험요소를 저감하기 위한 안전관리를 위한 수단을 마련해야하도록 하고 있다. 안전사고 발생 후 대응보다는 사전 예방을 위한 기본원칙을 적용하고 있다.

(2) 참여자별 역할

설계단계부터 주설계자, 주도급업자는 적절한 시기에 선임이 되어야 하고 선임 전에는 반드시 안전보건유지를 위한 충분한 지식, 기술, 경험이 있는지를 확인해야 한다. 개인이 아닌 기관을 선임하게 될 경우에는 조직적 능력을 가지고 있는지 여부도 확인해야 한다. 또한, 공사참여자 각 주체에 대한 역할 및 주요의무를 규정하였다.

아래 <Table 2>는 각 주체별로 수행해야 할 주요의무에 대하여 서술하였다.

<Table 2> Summary of duties under CDM 2015

CDM Dutyholders	Main duties-What they need to do
Commercial clients	Make suitable arrangements for managing a project, including making sure: other dutyholders are appointed as appropriate sufficient time and resources are allocated
Designers	When preparing or modifying designers, eliminate, reduce or control foreseeable risks that may arise during: - construction the maintenance and use of a building once it is built
Principal designers	Plan, manage, monitor and coordinate health and safety in the pre-construction phase of a project. This includes: identifying, eliminating or controlling foreseeable risks ensuring designers carry out their duties
Principal contractors	Plan, manage, monitor and coordinate health and safety in the pre-construction phase of a project. This includes: liaising with the client and principal designer preparing the construction phase plan organising cooperation between contractors and coordinating their work

2) 호주

(1) 설계안전의 원칙

호주에서는 설계안전시 5가지원칙을 수행토록 하였다. 첫째, 사람들에 대한 보호 목적물을 설계할 때 사람들의 안전과 보건을 고려한 설계 둘째, 목적물 수명이 다할 때까지 초기부터 위험요소를 제거하거나 위험을 최소화 해야 한다. 셋째, 체계적인 위험관리로 위험요소 도출평가 위험제어 등의 프로세스를 적용하여 안전하게 설계 해야 한다. 넷째, 안전설계 지식과 기능에 대해서 설계자들이 정보공유 해야 한다. 다섯째, 목적물 전단계에서 설계단계부터 위험요소를 제거할 정보를 공유하고 문서화 한다.

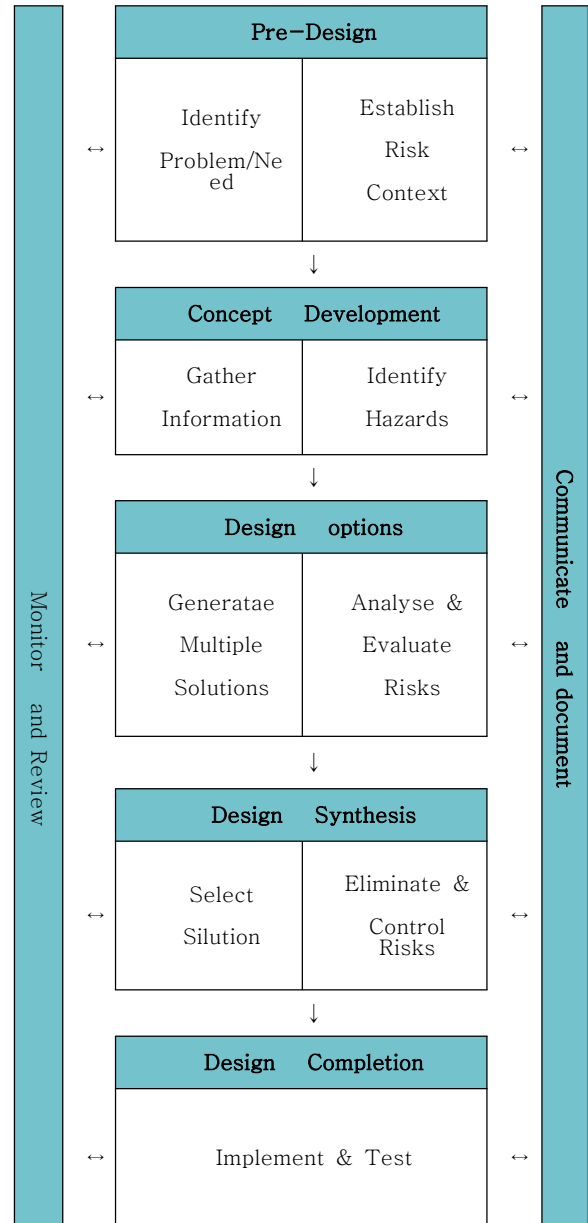
(2) 설계안전의 책임

설계안전의 책임으로는 설계단계에서 프로젝트 관련자들이 효율적인 안전 설계를 위해 함께 참여하여 안전을 보다 더 효과적으로 확보할 수 있도록 진행해야 한다. 안전설계와 관련된 호주의 규정은 “건물이나 구조물 또는 그 일부를 설계하는 사람들, 특히 설계되는 건물 및 구조물이 작업장으로 사용될 것임을 인지하거나 인지해야 하는 사람들은 그 구조물을 작업장으로 사용하는 사람들이 안전과 보건상 위험이 없도록 합리적으로 실행 가능한 범위 내에서 구조물이 설계될 수 있도록 해야 한다” 고 규정하고 있다. 호주의 안전설계 모델은 다음[Figure 1]과 같다.

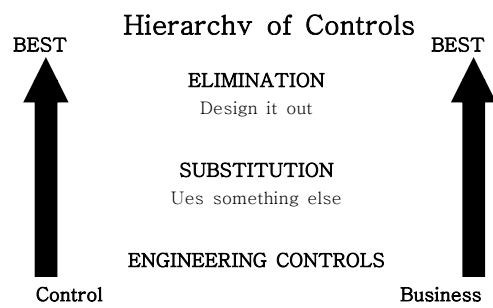
3) 미국

(1) 설계안전의 적용 배경

2000~2002년 동안 오레곤, 위성턴, 캘리포니아의 사망자의 22%가 설계안전의 오류와 관련이 있고 1990~2003년간 미국 건설 사망자의 42%가 설계안전과 관련이 있다고 한다. 1991년 유럽에서 조사된 사망자 60%는 설계안전 오류와 관련이 있다고 한다. 이러한 연구 및 통계에 따르면 초기 설계단계에서의 안전을 고려한 설계업무가 안전사고에 중대한 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다. 위험성평가를 활용하여 위험요소 도출, 위험평가 저감대책을 설계자 주도로 시행해야 한다. 설계자는 위험요소를 최우선 해결 과제로 하여 설계하고 건물이 영구적으로 안전하게 사용하고 유지 될 수 있도록 해야 한다. 설계안전에서 위험관리등급(Hierarchy of Control)에 따라 위험요소를 모두 제거(Elimination)하거나 낙하 및 추락위험을 최소화 할 수 있는 대체방법(Substitution)을 사용하는 것이 최선이다.



[Figure 1] DFS Model of Australian

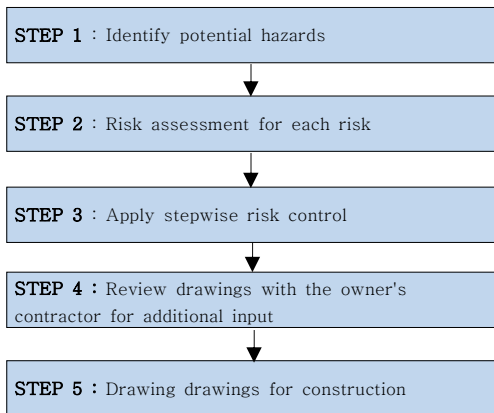


[Figure 3] Hierarchy of Controls

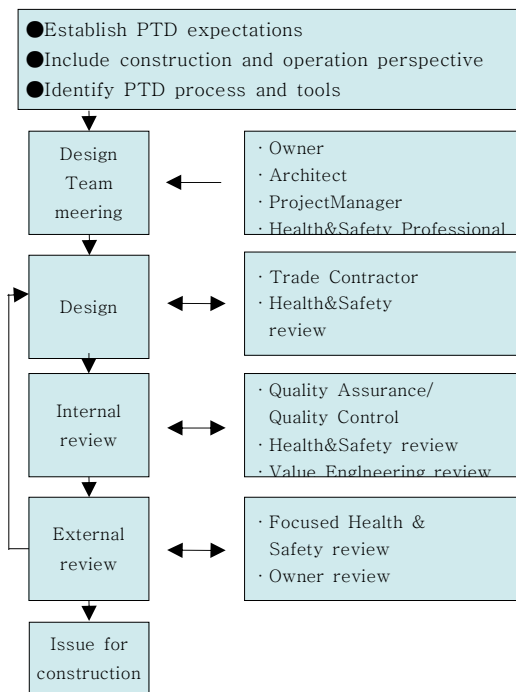
예를들면 추락의 위험이 있는 곳은 유지고려를 위해서 휴대용 사다리가 필요 없도록 영구적인 사다리를 설치도록 설계에 반영하고 소음이 장기간 노출되어 사람의 청력이 상실이 예상되는 곳은 소음을 제거할 수 있는 사운드패널 등을 영구적으로 설치되어 청력손실이 발생되지 않도록 설계에 반영해야 한다.

(2) 참여자별 역할

미국 OSHA(Occupational Safety and Health Administration)에서 제시하는 설계 안전성 검토 절차는 [Figure 4]와 같으며, 발주자, 설계자, 시공사, 건설안전 전문가의 역할과 협력을 통한 과정을 중요시 하고 있다.



[Figure 4] DFS review of OSHA



[Figure 5] DFS review process

일반적인 바닥 개구부 한쪽 면이 개방된 바닥, 기계적인 위험 등과 같이 많은 위험요소는 명확하거나 인식이 가능하다. 이들 위험요소들은 유사한 건설현장이나 프로젝트 현장을 방문하고, 발주자, 시공자와 대화를 나누어 발생 가능한 위험요소에 대한 리스트를 작성하는 것이 가능하다. 반면, 매립된 전선과 가스관, 드러나지 않은 석면, 작업순서의 변경에 따른 예상치 못한 위험요소와 같이 감춰진 위험요소는 파악하기 어려우며, 감춰진 위험요소를 밝히기 위해서는 What If 분석, 결합수 분석 FTA (Fault Tree Analysis), 작업안전분석 JSA (Job Hazard Analysis), 작업위험분석 JHA (Job Safety Analysis) 등의 다양한 이론적인 기법들은 활용할 수 있다.

4) 싱가포르

(1) 2015 WSH 규정

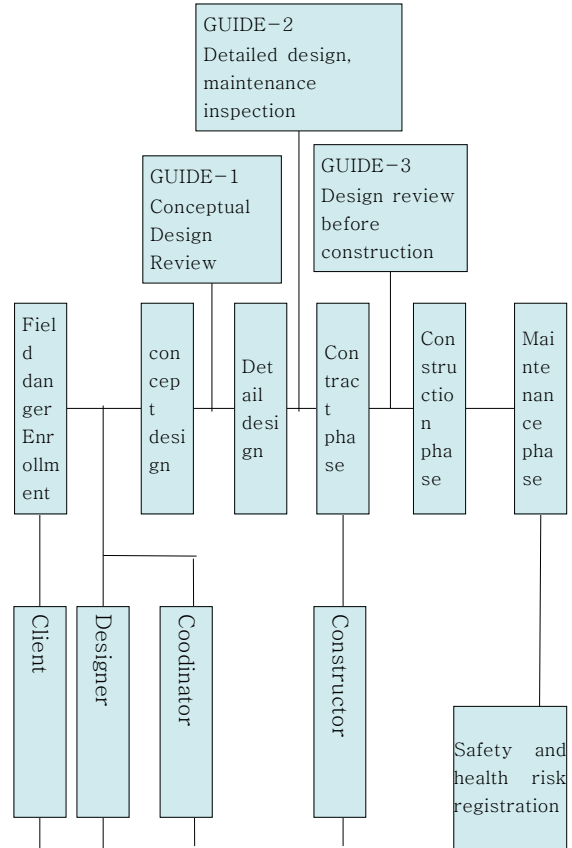
싱가포르에서는 2015 WSH 규정이 7월 발표 후 2016년 8월부터 적용되고 있다. 새규정에는 발주자와 설계자는 설계단계부터 프로젝트 전반에 걸쳐서 예상되는 예측 가능한 위험요소를 파악하고 저감시킬 수 있는 설계를 진행해야 하고 위험 저감이 어려울 경우 프로젝트 참여자들에게 그 위험요소를 알려야 한다. 설계단계부터 시간과 정보를 투입하여 설계안을 적용하면 위험을 체계적이고 저감된 대안으로 관리하는 FTN이 있다. 또한, 설계안전 위험목록을 적절히 기록하여 관리해야 한다. 위험목록에는 첫째, 설계검토 시 발굴된 위험요소 저감대책을 기록하고 둘째, 설계 변경을 통해 제거할 수 없는 위험은 확인 및 저감이 되도록 지속적인 관리가 되어야 한다.

(2) 위험성평가 방법

위험성평가를 시행할 때는 미국의 OSHA 규정의 DfCS와 같이 Hierarchy of Control을 활용해야 한다. 설계 안전성을 보장하기 위해 DFS GUIDE라고 부르는 설계검토 과정을 도입하여 사용하고 있다. GUIDE는 설계 안전성 검토 코디네이터(조정자)가 주도하여 이끌어 나가며, 주요 이해 당사자인 발주자, 설계자, 건축가, 시공사(이미 도급을 받아 참여하는 경우)가 참여한다. 또한, 설계 안전성 검토 코디네이터가 위험요소를 파악하고 관리하면서 GUIDE를 이끌어 간다. GUIDE 설계검토 과정에 대한 개략적인 설명은 <Table 3>을 참고할 수 있다

<Table 3> Design Review Process

Step	Division	Explanation
Step 1	G (Group together)	Construct a design safety review team composed of stakeholders
Step 2	U (Understand)	Understand the entire design concept
Step 3	I (Identify)	Understand the hazards caused by design or construction methods
Step 4	D (Design)	Lead to designs that can eliminate or reduce risk
Step 5	E (Enter)	Record all information in the safety and health documentation, including safety health, or critical design changes that may be reduced, but affect existing risks



[Figure 6] DFS Process of Singapore

(Source: Guidelines on design for safety in building and structures)

GUIDE 설계검토 절차에서 Step 3과 Step 4는 반드시 반복적으로 이루어져야 하며

모든 위험요소를 제거하기 위해 설계검토 팀이 설계를 더 이상 바꿀 필요가 없다고 판단할 때까지 계속반복해야 한다. 싱가포르 설계 안전성 검토 사례에서는 설계에 영향을 주고 위험요소를 가능한 한 신속하게 파악하기 위해 GUIDE 절차를 GUIDE 1: 개념(기본)설계 검토단계 GUIDE 2: 상세(실시)설계, 유지관리 및 보수 검토 단계 GUIDE 3: 시공 전 검토와 같이 세단계로 진행할 것을 권장하고 있다. 싱가포르에서는 설계 안전성 검토 제도의 실행을 위해 발주자가 공사관련 정보가 연속적으로 전달 될 수 있도록 적절한 자격을 갖춘 코디네이터를 임명하도록 하고 있다. 설계 안전성 검토 코디네이터는 유지관리를 위해 시공 결과물을 발주자에게 인계할 때까지 프로젝트의 설계 단계에서부터 시공단계까지 업무가 일관되게 진행되도록 하며, 개념설계 단계부터 가능한 일찍 합류하는 것을 권장하고 있다. 코디네이터는 독립적인 개인의 자격으로 프로젝트 팀에 참여하거나 프로젝트 팀 내에서 코디네이터의 역할을 부여받아 업무를 수행할 수도 있다.

<Table 4> DFS Review Comparison Table

Division		England	Australia	USA	Singapore
Subjectivity	Client	○	○	○	○
	Designer	○	○	○	○
	Safety coordinator	○		○	○
process	TOOL	CDM	DFSM	OSHA DFS	DFS GUIDE
Judgment	Risk assessment	○	○	○	○

4. 설계안전 위험성평가

건축설계안전을 확인하는 절차는 위험성 평가의 과정이다. 위험성 평가란 위험요소에 의한 부상, 사망 또는 질병의 발생가능성(빈도)과 심각성(강도)을 평가 및 결정하고 저감대책을 수립하여 실행하는 일련의 과정을 의미한다. 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. 비계, 작업발판, 계단, 슬라브 단부, 철골 작업 등이 주요 사고 발생 장소로 나타났다.

5. 설계안전성검토 분석도출

5.1.1 설계안전성검토 분석도출

1) 설계안전성검토 분석도출 업무

국토부에서 시설공단에 의뢰하여 2017년 5월 설계안전성검토 매뉴얼을 작성하여 참조하도록 게시하였다. 설계안전성검토 매뉴얼의 목차는 제1장 일반사항, 제2장 설계안전성검토 및 참여자별 업무절차, 제3장은 발주자(발주청)업무, 제4장은 설계자업무, 제5장은 시공자업무, 제6장은 건설사업관리기술자업무, 제7장은 자문수행전문가 업무, 제8장은 검토자 및 검토기관 업무, 제9장은 설계안전검토보고서 작성방법으로 구성되어 있다. 부록에는 설계안전검토보고서 서식, 위험성 평가 및 해외설계 안전성 검토제도, 해외설계 안전성 검토사례, 설계 안전성검토 사례, 설계안전검토보고서 목차(안), 건설공사 안전관리 업무수행 지침을 수록 했다.

2) 설계안전 위험성평가 도입

이번 설계안전성검토에서는 그동안 시공단계에서의 수급인 하수급인 주도의 공사 위험성평가제도를 설계단계에서도 적용하도록 하여 설계단계에서 공종별 위험요소를 도출하고, 도출된 위험요소에 대해 위험성평가를 실시하여 위험등급을 정하고 기준을 초과하는 위험요소에 대해서는 위험저감대안을 수립하고, 대안에 대한 위험등급이 기준치 내로 저감될 경우 대안을 설계안에 반영하는 제도로 운영되도록 하였다. 이미 기획 및 설계단계에서부터 위험성평가를 실시하여 재해율을 낮춘 선진사례를 기본으로 하여 국내에 맞게 위험성평가표를 수립하였다. 최근 2017년 9월 행정

예고 된 건설공사 안전관리 업무수행 지침에서도 발주자(발주청)주도의 '건설안전 파트너링' 제도를 도입하고자 하므로 향후에는 건설프로젝트 참여자 전원이 초기기획, 설계단계부터 안전을 고려한 설계가 되어 안전사고를 줄이는 인식의 전환이 필요하게 되었다.

5.1.2 설계안전성검토 분석도출 문제점

설계안전성검토를 주도적으로 추진하는 설계자의 업무지원을 위해 설계안전성검토 매뉴얼을 작성하였으나 내용이 설계단계에서의 공종별 위험성평가가 기본이 되었다. 이를 검토한 결과 몇가지 문제점이 있는데 첫째, 그동안 주로 수급인 하수급인 위주로 진행되어온 위험성평가에 대해서 설계자들은 생소하므로 이에 대한 교육이 선행되어 할 것이다. 둘째, 공종별 위험요소 도출을 현장에서 직접 경험하지 않으면 설계도서 작성 시 도출이 어렵다는 것이다. 설사 도출을 하더라도 대안수립이 힘들어 진행이 안될 것으로 예상된다. 이는 프로젝트의 노하우와 경험이 많은 건설안전기술자(필요시 시공전문가)가 참여해야 위험성평가가 가능할 것으로 보이므로 이에대한 구체적 내용이 필요하다. 셋째, 설계안전성검토팀을 구성하는 시기 및 프로세스에 대한 내용이 부족하여 설계자들이 어느 단계에서 어떠한 프로세스로 진행해야할지 어려움이 있다. 넷째, 설계안전성 검토 사례를 부록에 일부 내용을 담았으나 실제 현장에서 초기부터 위험요소도출 저감대책 수립을 직접 시행한 사례가 부족하여 검토사례 결과를 참조해서 설계안전성검토를 작성하고 설계를 추진하는데 애로사항이 있다. 다섯 번째 설계안전성검토를 적용함에 있어 설계검토팀을 구성하고 활동하게 될 경우 비용이 발생되므로 기준이 되는 대가 작성이 필요하다. 대가없이 기존 설계비에 포함되어 진행하라고 할 경우 진행이 안될 것이 예상되므로 적절한 대가를 작성하여 적용해야 제대로 된 설계안전성검토가 가능하다.

5.1.3 설계안전성검토 개선사항

상기 몇가지 문제점에 대한 개선사항으로는 첫째, 그동안 주로 수급인 하수급인 위주로 진행되어온 위험성평가에 대해서 설계자들이 쉽게 이해할 수 있는 교육프로그램의 개발 및 교육이 필요하다. 구체적인 교육프로그램 및 교육기준에 대해서도 연구를 하여 제시하여야 한다. 둘째, 공종별 위험요소 도출 시부터 현장에서의 노하우와 경험이 많은 건설안전기술자(필요시 시공전문가)가 참여하는 것을 수립해야 한다.

이에 대해 구체적인 참여자 기준도 정립해야 한다. 셋째, 설계안전성검토팀 구성에 포함되어야 할 주체들과 활동시기 공사규모에 따른 참여자 기준을 정해야 하고 단계별 업무범위에 대한 프로세스도 정립해야 한다. 넷째, 설계안전성 검토 사례가 부족하므로 실제 프로젝트에 적용한 사례들을 내용에 실어 설계자들이 작성 및 작성된 내용을 설계도서에 반영이 용이하도록 해야 한다. 정부에서는 몇몇 프로젝트에 시범 적용하고 있으므로 그 결과를 추가로 매뉴얼에 담아 지속적인 개정을 해야 한다. 다섯번째 설계안전성 검토를 적용함에 있어 대가 산정이다. 설계자들은 대가없이 진행할 경우 거의 불가능하다는 입장이므로 제도의 근본취지인 설계단계부터 안전성검토를 위해서는 적절한 대가 산정 및 반영이 필수적이라고 본다. 향후 이에 대한 기준도 정립하여 전파하도록 해야 한다.

6. 설계안전성 위험성평가 적용사례

6.1.1 구조체공사시 적용사례

1) 프로젝트 개요

공사명: GAS공급건축물공사, 공사비: 500억원
공사기간: 2016.07 ~2017.05(10개월) 공사종류:
플랜트 건축물공사
설계자: 이승범외, 회사명: M사
발주자: P사
시공자: K사
사업관리: H사

2) 설계안전성검토

(1) 설계안전성검토 적용 배경

발주자는 제품 생산 조기 출하를 위한 건축물 공사 완료를 당초 10개월에서 9개월로 단축해 달라고 요구 사항이 발생하였다. 단, 공기를 1개월 단축시키면서도 무재해로 공사를 완료하기를 요구하였다. 전체 공기 10개월 중 공기단축이 가능한 공종은 구조체공사에서 1개월 단축하는 것으로 계획을 수립하였으며 이를 위한 초기설계단계부터 공기단축과 함께 설계안전성을 주안점으로 검토하여 진행을 하였다. 설계안전의 주안점은 공기단축을 함으로 인해 발생할 수 있는 위험요소를 도출하고 각각 위험성을 평가한 후 저감대책 대안을 제시하여 발주자, 설계자, 건설안전전문가와 토론을 거쳐 설계안전 적정 대안을 수립 후 설계

공사에 적용하였다.

(2) 위험요소도출

구조체공사가 철근콘크리트 공사로 설계되어 있어 이에대한 설계안전보고서중 위험성평가 항목에서 위험요소를 도출하고 위험성평가 후 위험 저감대책을 수립하고 대안을 제시하면서 진행 하였다. 철근콘크리트 공사는 기둥철근 및 거푸집공사를 위한 비계설치 공사, 기둥 철근조립공사, 기둥거푸집공사, 슬라브설치 철근거푸집공사를 위한 비계설치공사, 슬라브거푸집공사, 슬라브철근공사, 콘크리트타설공사의 순서로 진행이 된다. 공중단계별 위험요소 및 위험항목별 물적피해(사고유발원인), 인적피해, 발생빈도, 심각성, 위험등급을 발굴, 측정하며 위험요소 저감 대책을 수립하고 저감 대책 적용 후 위험등급을 측정하고 위험요소 관리주체 및 위험요소 저감 대책가정 제3자에 의한 저감대책 등을 제시하였다. 잔여 위험요소 유무 및 위험요소 보유자, 안전관리문서 반영 여부를 결정하였다. 건축구조물 첫번째 단계인 철근,거푸집공사를 위한 비계설치공사에 대한 설계안전성검토 사례를 제시하도록 하였다.

공중명: 철근, 거푸집공사를 위한 비계설치공사, 기둥철근조립공사, 기둥거푸집공사, 슬라브거푸집공사, 슬라브하부 동바리(시스템비계)공사, 슬라브철근배근공사, 콘크리트타설공사, 동바리(시스템비계)해체공사
위험요소: 기둥철근,거푸집 설치를 위한 비계작업이 선행되어야 한다. 위험요소를 도출하기위해 발주자, 설계자, 수급인(시공자), 하수급인(협력사) 참여자들과 국내 전문가의 브레인스토밍을 통하여 각 공종별 위험요소를 도출하고 위험요소에 대해 위험성평가를 실시하였다. 위험평가 시 위험빈도와 위험강도의 등급을 5점 척도로 정하였으며 위험기준은 3.5점을 기준으로 정하였다. 위험요소평가에 대해서는 비계설치, 해체 시 위험요소는 [Table 5]과 같은 위험요소가 도출되었다. 기둥 및 슬라브 철근공사는 [Table 6]과 같은 위험요소가 도출되었다. 기둥, 슬라브 거푸집설치, 해체공사 시는 [Table 7]과 같은 위험요소가 도출되었다. 콘크리트 타설 시는 [Table 8]과 같은 위험요소가 도출 되었다.

(3) 저감대책

설계단계에서 시행, 저감 대책단계는 제거, 대체, 기술적 제어, 관리적 통제, 개인보호구 중 제거단계를 적용하여 안전설계를 실시한다는 Hierarchy of Controls을 따라 저감대책 개선안을 수립하였다. 저감대책 개선안으로는 기둥높이가 5미터의 고소작업 시

추락, 낙하, 비재 등 위험요소를 제거하기 위해 비계 설치 필요 없는 공장제작 공법인 CFT (Concrete filled Steel Tube 이하 CFT) 공법을 적용하였다. CFT 공법은 기둥설치 시 현장에서 작업이 진행되는 비계, 철근, 거푸집공종을 현장에서 이루어지는 작업을 제거하기 위해 공장제작 하는 공법으로 기둥의 압축력을 철골기둥으로 변경하고 인장력 띠철근을 공장에서 철골기둥 주변에 동시 제작하였다. 거푸집은 콘크리트 양생 후 거푸집 해체 하는 단계를 제거하기 위해 재래식 합판거푸집을 철판거푸집으로 개선하였다. 이러한 저감 대책으로 현장에서의 비계설치 해체, 철근가공조립, 거푸집설치 해체, 콘크리트타설, 거푸집해체, 동바리비계해체 등의 6단계를 CFT설치, 데크시공, 콘크리트 타설 3단계로 축소하여 적용하였다. 초기 설계단계에서부터 발주자, 설계자, 시공사가 설계안에 대한 정보공유를 하고 기존 재래식 공법에서 발생할 잠재위험요소를 도출하여 각공종별 위험성평가를 실시하여 위험등급을 측정하고 이를 저감시킬 수 있는 설계대안을 수립하여 설계안전이 반영된 설계안으로 설계도서에 반영하여 적용하게 되었다. 저감 대책을 적용하여 사례 프로젝트를 공사한 결과 공사기간은 약 당초 10개월에서 9개월로 1개월 단축시키고 인원투입은 약 20% 절감되는 효과가 있었다. 9개월간 약 30만명이 투입되었으나 재해율은 0%로 무재해로 공사를 완료하였다.

(4) 공종별 설계안전 위험성평가 실시

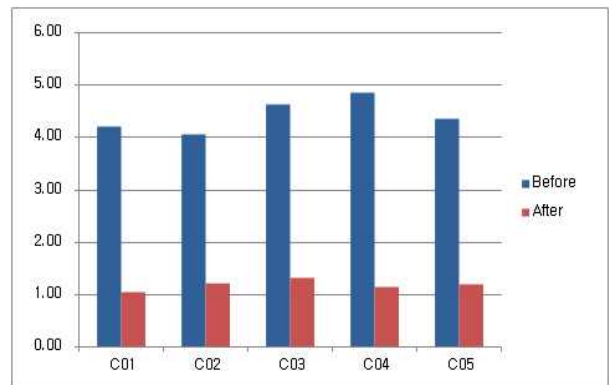
a) 비계공사 위험평가 및 평가 결과

아래 [Table 5]는 비계공종의 위험요소를 도출하고 위험성을 평가한 표이다. 비계공사를 시행할 경우 위험성은 모두 기준치 3.5점보다 높게 조사되었다. 비계공사는 철근콘크리트공사 수행에서는 항상 먼저 진행되는 작업임에도 비계 이동시 충돌, 비계 설치, 해체시 추락, 발판위에서의 잔재물 낙하 등으로 인한 재해 발생 등 크고 작은 안전사고가 다반사로 발생하는 공종이다.

이에 저감대책 중 가장 효과가 높은 제거를 목표로 설계단계에서부터 비계공종을 제거하는 것으로 설계를 시행하여 위험요소 등급을 1.19로 대폭 저감시켰다.

<Table 5> Scaffold construction risk assessment table

Work	code	Risk rating		Risk factor
		Before	After	
Scaffold	A01	4.20	1.05	Crash when scaffolding
	A02	4.05	1.22	During scaffolding Musculoskeletal Occur
	A03	4.63	1.33	Scaffolding by subsidence Fall and Collapse
	A04	4.85	1.15	Scaffolds fall when installed and dismantled
	A05	4.35	1.20	Remnants on scaffolds fall
계		22.08	5.95	



[Figure 8] Scaffolding risk assessment

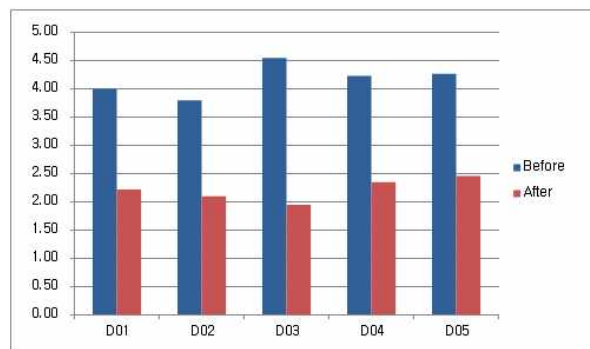
b) 철근공사 위험성평가 및 평가결과

아래 <Table 6>는 철근공종의 위험요소를 도출하고 위험성을 평가한 표이다. 철근공사를 시행할 경우 위험성은 모두 기준치 3.5점보다 높게 조사되었다. 저감대책 중 철근공사를 기둥철근공사는 공장에서 CFT 제작 시 기둥 철판 거푸집에 철근 배근을 시행하는 것으로 현장에서의 철근운반, 가공, 비계상부위에서의 철근배근 등 현장시공을 제거하여 위험요소를 저감 시켰으며, 슬라브위 철근배근공사에서는 기존 합판거푸집 위 상, 하부 철근배근공사를 슬라브는 기존 합판거푸집을 Deck Plate로 변경하고 철근배근은 상

부철근만 배근하는 것으로 변경하여 현장시공을 최소화 하여 위험요소 등급을 2.21로 저감시켰다.

<Table 6> Rebar construction risk assessment table

Work	Code	Risk rating		Risk factor
		Before	After	
Rebar column and slab	D01	4.00	2.22	Collision during rebar transport
	D02	3.80	2.10	During rebar transport Musculoskeletal Occur
	D03	4.55	1.95	When working above the scaffold top fall
	D04	4.23	2.35	Finger Stenosis in Reinforcement
	D05	4.27	2.46	When transporting steel bars Falling to fall
계		20.85	11.08	



[Figure 9] Rebar construction risk assessment

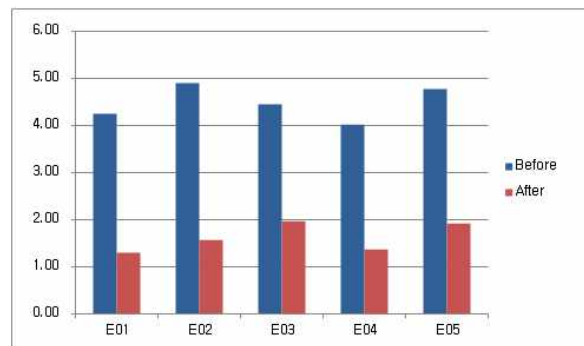
c) 거푸집공사 위험성평가 및 평가결과

아래 <Table 7>는 거푸집공중의 위험요소를 도출하고 위험성을 평가한 표이다. 거푸집공사를 시행할 경우 위험성은 모두 기준치 3.5점보다 높게 조사되었다. 저감대책 중 철근공사를 기동철근공사는 공장에서 CFT 제작 시 기동 철관 거푸집에 철근 배근을 시행하는 것으로 현장시공을 제거하여 위험요소를 대폭 저감 시켰으며 슬라브공사에서는 기존 합판거푸집을

철근배근공사를 슬라브는 데크로 변경하여 위험요소 등급을 저감시켰다. 층고가 높은 건축물의 경우 거푸집 설치, 해체시 비계상부작업으로 인해 효율도 저하되고 특히나 추락, 잔재물 낙하 등의 안전사고가 빈번하고 콘크리트 타설시 측압이 높아 거푸집이 터져 하부 작업자들의 재해도 자주 발생한다. 저감대책에서는 위험등급이 1.62로 저감시켜 안전한 설계체제가 되었다.

<Table 7> Formwork construction risk assessment table

Work	Code	Risk rating		Risk factor
		Before	After	
form column slab	E01	4.25	1.30	Tool accident during the molding process
	E02	4.90	1.57	Crashed while working on a scaffold
	E03	4.45	1.97	Falling material on slab
	E04	4.02	1.37	Collision, slip during movement on scaffold
	E05	4.78	1.92	Crashed at slab ends and openings
계		22.40	8.13	



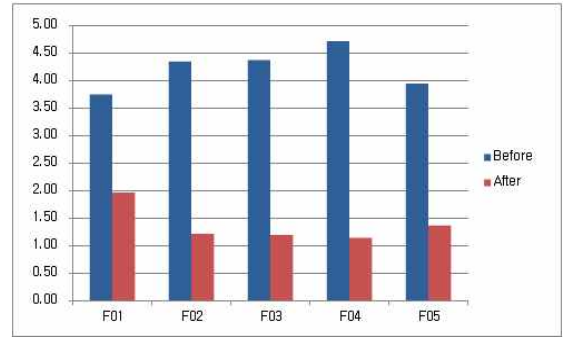
[Figure 10] Formwork risk assessment

d) 콘크리트타설공사 위험성평가 및 평가결과

아래 <Table 8>은 콘크리트타설 공중의 위험요소를 도출하고 위험성을 평가한 표이다. 콘크리트 타설 공사를 시행할 경우 위험성은 모두 기준치 3.5점보다 높게 조사 되었다. 저감대책은 기둥을 CFT로 변경하여 타설시 거푸집 터짐을 제거하였고 슬라브 거푸집에 합판대신 데크로 설계함으로써 동바리붕괴 및 슬라브 붕괴를 저감 시켰다. 층고가 높은 건축물의 경우 콘크리 타설중 하부 동바리 시스템비계 등의 구조 및 시공결함으로 인해 안전사고가 다반사로 발생한다. 이를 설계단계에서부터 근본적으로 제거하는 설계안을 제시하고 적용하여 저감대책에서는 위험등급이 1.38로 저감시켜 매우 안전한 설계 제시가 되었다.

<Table 8> Concrete pouring construction risk assessment

Work	Code	Risk rating		Risk factor
		Before	After	
concrete	F01	3.75	1.97	Collision with equipment
pouring	F02	4.35	1.22	With side pressure, column form release
	F03	4.38	1.20	With side pressure, girder form release
	F04	4.72	1.15	support (system Scaffold) collapse
	F05	3.95	1.37	Column and retaining wall pierced by rebar
계		21.15	6.91	



[Figure 11] Concrete casting construction risk assessment

7. 설계안전 개선안의 적용 사례

7.1.1 기둥 설계안전을 위한 CFT 적용



[Figure 12] CFT Reinforcement and formwork installation

공장에서 철골기둥 주변에 철근배근을 조립한 후 철판을 절곡하여 거푸집형태로 가공하여 제작한다. 철골, 철근, 거푸집을 공장에서 동시에 가공하여 완제품 형태로 현장에 반입한다.



[Figure 13] CFT Transportation and field installation

공장에서 제작된 CFT를 차량으로 현장까지 운반한 후 현장에서 양중장비를 이용하여 설치하므로 기존 현장에서의 인력을 투입하여 실시한 비계설치 해체, 기둥철근배근 및 거푸집설치 해체가 제거되어 위험요소를 대폭 저감시켰다.



[Figure 14] Deck plate installation after CFT assembly

현장에서 CFT 조립 후 슬라브는 Deck plate로 시공하여 하부 동바리 시스템이 필요없이 시공되어 슬라브 하부 동바리 시스템이 설치 해체공사를 제거하여 위험요소를 대폭 저감 시켰다.

8. 결론

본 논문은 정부 및 민간기업에서 다각도로 건설업에서 발생하는 재해를 절감시키려 꾸준히 노력하고 있으나 해마다 건설업의 재해는 좀처럼 줄어들지 않고 있다. 이에 선진국 사례를 분석한 결과 영국에서는 설계안전단계에서의 참여자별 역할을 명확히 제시하였고, 호주에서는 설계안전시 5가지 원칙으로 생애 주기를 고려한 설계안전을 도입하였고, 미국의 경우는 설계안전 위험성평가를 통한 위험제어를 진행하였다. 싱가포르의 DFS GUIDE 절차를 통해 설계안전성 검토를 추진하고 있다. 선진국에서는 공통적으로 건설업에 참여하는 모든 주체들이 함께 초기 설계단계부터 안전을 고려한 설계안전을 도입하고 안전사고도 함께 고민하고 책임지는 제도를 도입하고 있다. 하지만 국내에서는 여전히 건설업의 안전관리 주체는 수급인인 시공사로 간주하고 있어 설계단계에서의 설계안전 미반영으로 2012년 사망만인율이 영국대비 12배, 호주대비 3.2배이상 높게 발생하고 있다. 이에 설계단계부터 발주자, 설계자를 참여시켜 설계안전을 통한 안전재해를 줄이려는 제도를 살펴 보았다. 또한, 설계안전을 실제 적용한 사례를 통해 다음과 같은 개선대책을 요약 제시 하였다.

첫째, 설계안전제도 도입 배경을 설명하였고 최근 정부의 안전재해율을 낮추기 위한 제도 도입에 대해 건설사업 주체들이 함께 참여해야 함을 제시 하였고,

둘째, 선진국 사례를 통해 설계초기단계부터 설계안전을 도입하여 초기부터 위험성요소를 도출하고 이를 평가하고 저감시켜 설계안에 반영하는 사례를 통해 국내에서도 이를 기반으로 하는 설계안전이 시행됨을

설명 하였다.

셋째, 국내 설계안전이 적용된 사례가 부족한 상황에서 실제 수행 프로젝트에 설계안전을 적용한 결과 착공 시부터 준공 시까지 재해율이 대폭 저감 되었고, 현장투입 인력도 최소화 하여 성력화 되었다. 본 연구에서 다루지 못한 내용으로는 향후 설계안전성 검토를 위한 검토팀 구성 배치기준, 설계안전성 검토 프로세스, 실제 적용사례의 확대, 설계안전성 검토 기준대가 설정 등은 추가로 연구되어야 할 과제로 남아 있다 하겠다.

9. References

- [1] Jung J. W, "A Study on the Implementation of Risk Assessment System at Workplace in Korea". Journal of the KOSOS. Vol.29 No.3. 2014 pp121~128
- [2] Song D. H, "Safety Management Priority Classified by Participants in Planning & Design Stages". Journal of the KOSOS. Vol.25, No.1. 2010, pp55~56
- [3] LEE H. B, "A Study on Improvement of Domestic Construction Safety Management Process using the Concept of Design for Safety", Chung-Ang University, 2004
- [4] Hong S. H, "The Development of a Construction Safety Management Information Model using the Concept of Design for Safety", Chung-Ang University, 2003
- [5] Ahn H. S, "Built in Mechanisms of Client-Initiative Construction Safety Management in CDM", Journal of the AIOK Vol 23. No.4. 2011.12, pp297~394
- [6] Ahn H. S, "Promotion of Client-Initiative Construction Safety and Health Management", Journal of the AIOK Vol 12. No.4.. 2010.12, pp353~360
- [7] Hong S. H, "Total Safety Management System by Owner's Leading for the Effective Prevention of Construction Accidents, Journal of the KOSOS. Vol.20 No.3. 2005, pp164~173
- [8] Won J. H, "Investigation of Construction Work Participants' Recognition for Assigning Safety and Health Management

Responsibility to Client, Journal of the KOSOS, Vol.30 No.5. 2015, pp59~66

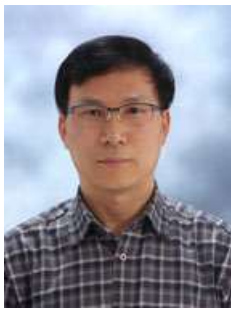
[9] Park T. M, "Owner-Leading Total Safety Management Process", Chung-Ang University, 2005

[10] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Manual of Design for Safety", 2017.5

[11] Kyunggi University. kosha. "Advancement of Construction Safety and Health in the Age of the Fourth Industrial Revolution". 2017.9

저 자 소개

지 경 환



울산대학교 건축학과 학사. 건국대 부동산 건설개발석사. 경기대학교 건축공학과 박사과정. 현재 건설사 28년째 근무 중 . 건설안전기술사, 건축시공기술사, 건축사 관심분야 : DFS, CDM, 위험성평가, 모듈러공법

최 병 정



중앙대학교 건축공학과 학사. 석사. 일리노이드대학교 건축공학과 공학박사 현재 경기대학교 플랜트·건축공학과 교수/이공대학장 관심분야 : 강구조설계, 내진설계 합성보, 건설안전