시설물의 생애주기별 안전제고 방안; 설계단계를 중심으로

안홍섭 (사)한국건설안전학회장(군산대학교 교수)
(hsahn@kunsan.ac.kr)

Ⅰ. 설계단계에서 안전확보의 중요성
Ⅱ. 설계단계의 안전확보를 위한 주요 제도
Ⅲ. 해외 사례와 시사점
Ⅳ. 설계단계에서 안전확보 방안
Ⅴ. 맺음말

1

▌국문요약▐

시설물의 안전은 미관이나 성능 이전에 갖추어야 할 기본 조건으로서 생애주기 전 단계에 걸쳐 확보되어야 하며, 각 단계 중 설계단계에서 관리가 가장 효과적이다. 본고에서는 설계단계에서 안전확보의 중요성을 바탕으로 현행 제도인 설계안전성검토(DfS) 제도를 중심으로 이행 실태의 개선점을 해외 사례를 통해서 검토하여 실효적 이행방안을 제시하였다.

주제어 : 설계안전성검토(DfS; Design for Safety), 안전법제, 발주자, 설계자

Ⅰ. 설계단계에서 안전확보의 중요성

건설사업에서 기획 등 상류 단계일수록 비용은 적게 소요되지만 이후 프로젝트의 성패를 좌우하는 영향력이 크다는 것은 주지의 사실이며, 안전 측면에서도 동일하다. 설계단계에서의 오류는 사고나 부실의 중요한 요인으로서 점유 비중이 높으며, 이후 시공단계에서 바로잡기가 어렵기 때문에 설계단계에서 관리는 더욱 중요하다, 최근 인천 검단 아파트를 비롯한 무량판구조에서 구조설계의 오류가 발생하여 사회적 물의를 일으키고 있는데, 이 역시 설계단계에서 안전확보의 중요성을 재인식하는 계기가 될 수 있다.

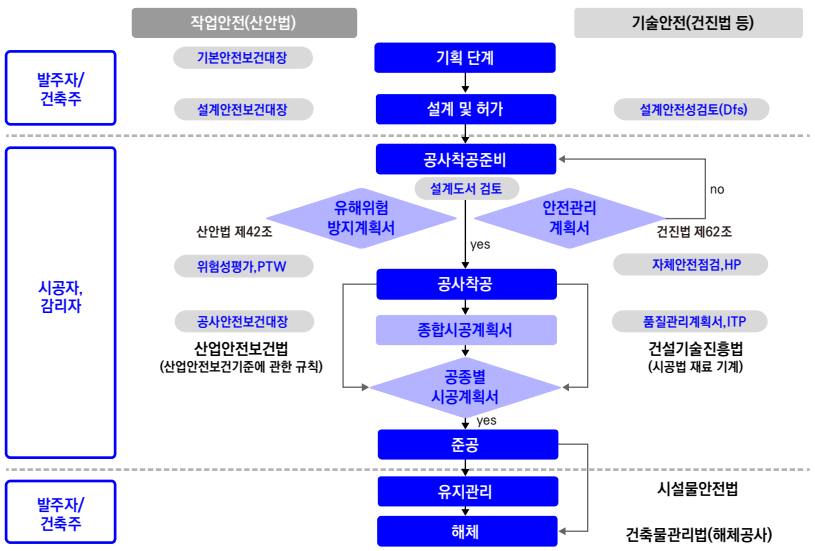
Ⅱ. 설계단계의 안전확보를 위한 주요 제도

본 고에서는 국내의 설계단계에서 안전확보 방안을 설계안전성검토 제도(Design for Safety, 이하 DfS라 함)를 중심으로 현황과 개선점을 살펴보고, 해외 사례의 시사점을 통해서 실효성을 높이는 방안을 제안하고자 한다.

1. 국내 건설사업 안전관리체계

우리나라의 건설사업 안전관리체계는 그림 1에 정리한 바와 같이 건설기술진흥법, 건축물관리법 등에 의한 기술안전과 산업안전보건법에 의한 작업안전(산업안전)으로 이원화되어 있다. 국내에서는 아직 공공공사 중 위험성이 높은 안전관리계획서 작성 대상 공사를 DfS 대상으로 하고 있어 대상이 제한적이다. 설계단계에서는 DfS가 핵심 활동으로 그 결과는 산업안전보건법의 설계안전보건대장과 건설기술진흥법의 안전관리계획서에 반영된다.

그림 1 국내 건설사업 안전관리체계



2. 국내 DfS 제도 현황

DfS는 시설물의 건조 단계 중 이후 단계인 공사 중이나 사용 중 단계의 유해위험요인을 사전에 제거함으로써 안전을 확보하기 위한 근원적 안전관리 활동이다. 현행 국내 DfS 제도에서는 실시설계를 할 때 시공과정의 안전성

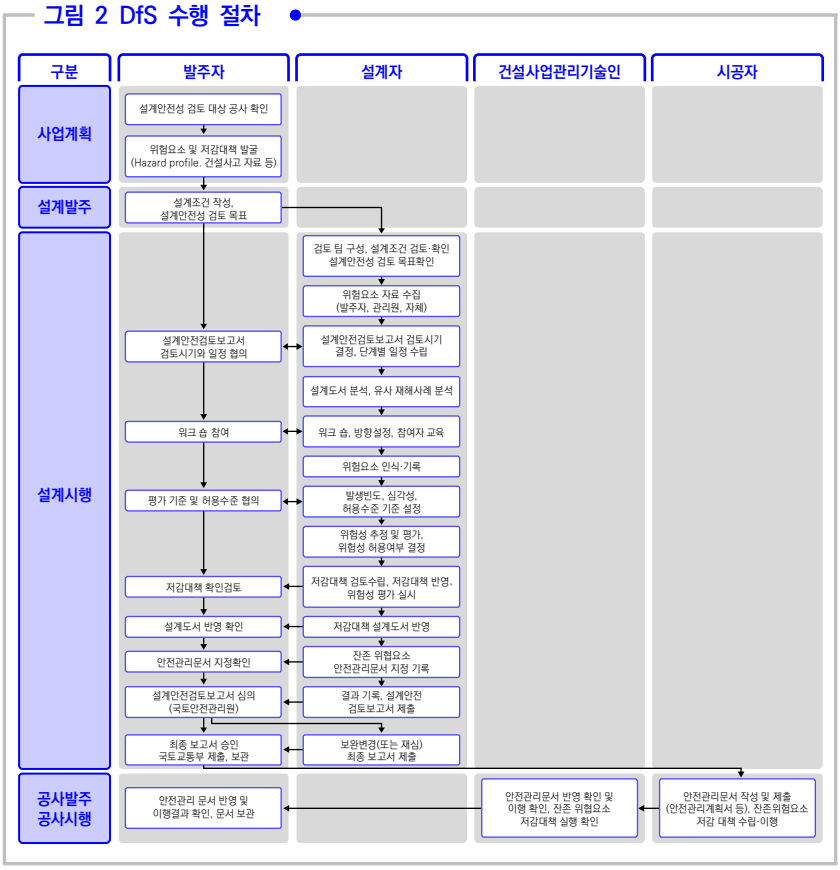
확보를 목적으로 하고 있으며, 작성된 설계안전검토보고서를 국토안전관리원에 제출하여 적정성 검토를 받아야 한다.

이 제도는 2016년에 건설기술진흥법 시행령(제67조)에 처음 도입되었으며, 2018년에 건설기술진흥법(제62조)으로 격상되었다. 현재 건설기술진흥법(46조제1항, 제62조제18항, 제91조제2항 및 제3항), 동법 시행령(제67조제1항제9의2호, 제75조의2), 건설공사 안전관리 업무수행 지침(제2장)에서 규정하고 있으며, 실무용으로 '설계안전성검토업무 매뉴얼'이 마련되어 있는데, 상위 법령의 개정에 따라 매뉴얼의 현행화 작업이 진행 중이다.

(1) DfS 수행 절차

건설사업 참여자별 DfS 수행 절차는 그림 2와 같은데 발주자의 역할이 관건이다. 실효적 이행을 위해서는 기획단계부터 고려가 필요하며 발주자가 설계자에게 과업지시를 명확하고 구체적으로 할 필요가 있다.

그림 2 DfS 수행 절차



(2) DfS 상세 수행 방법

DfS 수행절차는 준비단계와 실시단계로 구분되며, 단계별 구체적 내용은 그림 3과 같다. 다양한 분야의 실무 경험이 있는 전문가가 참여하여야 하며, 시작 전에 워크숍을 통해서 DfS와 해당 건설사업에 대한 이해도를 높일 필요가 있다. 시작 초기에 공사특성을 구체적으로 파악할 필요가 있으며, 검토가 완료되면 보고서에 설계에 반영된 도면과 잔여 위험을 기록하여 시공자에게 전달해야 한다.

그림 3 DfS 상세 수행 방법

준비단계	① 설계 안전성 검토 대상 목적물 확인 및 목표설정	• 건설기술진흥법 시행령 제98조에 근거 • 건설기술진흥법 시행령 제75조의2에 근거 • 설계 안전성 검토 목표 설정
	② 검토팀 구성 및 발주자(청) 협의 (일정 수립 등)	• 대표 설계자 및 공종별 설계자 검토 팀 구성 • 단계별 일정수립 • 설계안전검토보고서 검토 시기 협의 (실시설계 진행율 80% 정도 또는 발주자(청) 협의)
	③ 설계도서 및 사례 분석	• 재해사례 작업절차서 등 입수 • 설계도서 등(실시설계도면, 관련 시방서, 내역서, 수량산출서, 각종 계산서 등)
	④ 워크숍	• 워크숍 실시 • 설계 안전성 검토 진행에 대한 방향 설정 및 검토 참여자 교육
실시단계	① 위험요소 인식	• 대표 설계자와 공종별 설계자가 위험요소 파악 (전문가 포함 브레인스토밍 등) • 위험요소 도출 및 기록(설계도서 검토 및 사례 참조)
	② 위험성 추정 및 평가	• 위험성 추정 및 평가 • 위험성 허용 여부 결정
	③ 위험성 저감대책 수립	• 위험성 저감대책의 검토 및 수립 • 저감대책 반영한 위험성 평가
	④ 위험성 저감대책 이행	• 도출된 저감대책 이행 • 잔존 위험요소 파악 • 사용할 안전관리 문서 지정 기록
	⑤ 기록, 검토 및 수정	• 실시과정 및 결과를 기록 • 위험성 평가 검토 및 수정

(3) DfS 이행 실태 및 개선점

DfS의 이행 현황을 살펴보면 아직 전반적으로 발주자의 인식이 미흡한 편으로 설계자가 직접 작성하지 못하고 외주화하여 작성하는 경우가 많다. 작성 내용도 공사단계에 수행이 필요한 산업안전보건법상 안전조치 수준으로 대부분 조건부 적정으로 평가되고 있어 개선의 여지가 매우 크다고 할 수 있다. 주요한 개선점은 다음과 같다.

(1) DfS 이행 의무가 공공공사 발주자로 한정되고, 토목과 건축분야 위주(기계, 전기 등 제외)로 관련 전문가의 참여에 한계가 있어, 공종별, 분야별 전문가(건설안전, 시공, 구조, 건설장비 전문가) 참여가 제한적이다.

(2) 발주청 및 설계사의 DfS 제도 이해 및 수행 전문성 부족으로 전반적인 DfS 수행관리가 미흡하여 실질적인 미래 위험요소 발굴보다는 보고서 작성 위주로 이마저 외주화로 보고서가 작성되어 안전책무가 수급인에게 전가되거나 약해지고 있다.

(3) 국토안전관리원과 안전보건공단에서 제공하는 기초자료인 위험요소 프로파일 등에 의존하여 설계안전성검토보고서 내용이 해당 공사의 실질적 위험요소 발굴에 한계가 있다.

(4) 기술안전보다 작업안전(근로자를 위한 산업안전)에 편중되고, 안전설계 개념에 대한 이해가 부족하여 발주자가 자체 DfS 기술자문을 받을 수 있는 자문회의가 활성화되지 않고 있어 건설안전전문가의 적극적 참여가 어렵다.

(5) 설계도서에 필요한 내용의 반영을 통한 시공단계 이행 개선 및 예방대책이 안전보건대장, 안전관리계획서 및 위험성평가 등과 연계되지 않아 제도의 작동성과 실효성이 부족하다.

(6) 검토보고서 심사 시 평가방식이나 평가항목, 평가자의 전문성 미확보로 질적 검토에 어려움이 있다.

결국 발주자 중심으로 설계안전성검토를 이행할 수 있도록 이행 체제의 개선과 이행이 가능한 환경 조성이 필요한 것으로 사료된다.

Ⅲ. 해외 사례와 시사점

1. 개요

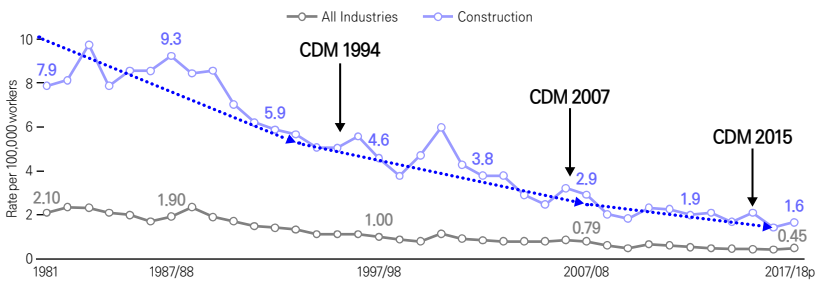
설계단계에서 생애주기에 걸친 시설물의 안전확보에 있어 다른 국가보다 건설업에서 탁월하게 낮은 사고사망십만인율을 기록하고 있는 영국과 싱가폴의 사례를 소개하고자 한다.

2. 영국의 설계 중심 안전관리체제

영국에서는 EU의 지침에 따라 1994년부터 건설사업에만 적용되는 CDM (Construction Design Management Regulations) 제도를 도입하였는데, 법령의 제목에서 보는 바와 같이 설계단계에서 안전확보를 목적으로 하고 있다. 그림 4와 같이 제정 이후 10년을 주기로 두 번의 전면 개정이 있었는데 주목할 것은 개정 때마다 안전의 중심으로서 안전전문가의 역할이 진화했다는 것이다. 초기 제정 시에는 발주자를 보좌하는 안전전문가의 명칭이 안전계획 감독(Safety Planning Supervisor)으로 계획 기능에 치중하였으며, 2007년 첫 번째 개정에서는 안전전문가의 명칭을 안전조정자(Safety Coordinator)라 하여 건설사업 다수 이해당사자의 통합과 조정에 무게를 두었으며, 2015년 2차 개정에서는 안전전문가의 역할을 주설계자(Principal Designer)로 지정하여 설계자가 안전을 확보하는 것으로 진화하였다.

영국에서 제도적으로 이러한 발전이 가능했던 이유는 계획 기능, 조정 기능, 안전설계 기능의 순으로 역량이 꾸준히 향상되었기 때문으로 해석된다. 하지만 국내의 안전역량은 DfS 제도의 도입에도 불구하고 공사현장에서는 안전관리계획서나 유해위험방지계획서를 자체적으로 작성하지 못하고 있어 영국의 1994년 이전 수준으로 평가된다.

그림 4 영국의 CDM 개정 이력과 안전지표 개선 추이



3. 싱가폴의 DfS 이행 사례

싱가폴에서는 공사금액 SGD 1,000만(약 100억원) 이상의 공사가 DfS 대상으로 DfS GUIDE(Workplce Safety and Health Guidelines; Design for Safety)에 따라 수행된다. 역량을 갖춘 전문가(DfS Professional)를 중심으로 촉진자(Facilitator)가 지원하여 내실있고 깊이 있게 DfS가 이행되고 있는데, 주요한 시사점은 다음과 같다.

(1) 전문성 확보 측면에서 DfS 전문가는 2일간의 필수교육을 이수해야 하며, 기술사 또는 건축사로서 10년 이상의 설계나 감리 경력을 가진 자라야 교육을 받을 수 있게 하여 엄격하게 역량을 관리하고 있다.

(2) 이행 방식은 발주자가 주관하여 기획단계에서 DfS 전문가를 선임하고, DfS 전문가는 위험요소 목록을 작성한 후 기본설계 단계부터 참여해 실시설계가 끝날 때 모든 설계 대안을 검토한 후 설계에서 해결하지 못하는 부분에 대해서는 시공자가 대안을 제시하게 한다.

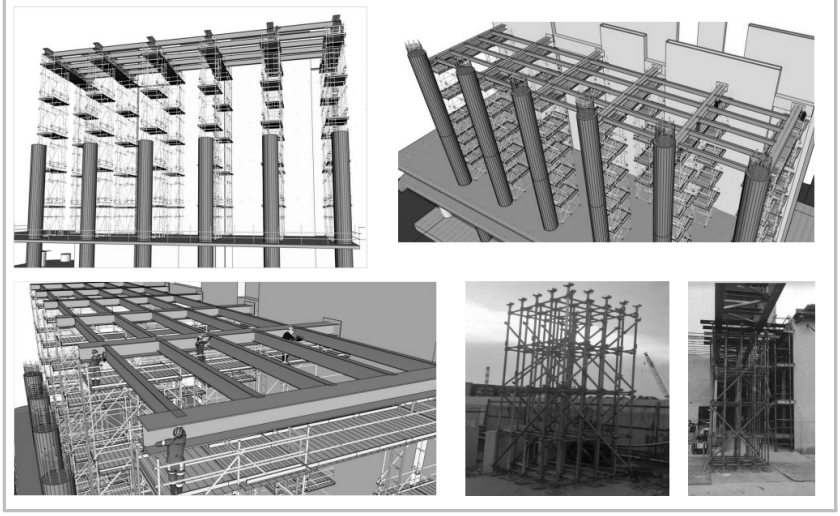
(3) DfS는 DfS GUIDE에 따라 다음 3단계로 이행된다.

- GUIDE 1 기획설계단계: 자재 및 구조시스템의 선정 등 기획설계 단계에서 검토 가능한 사항 평가
- GUIDE 2 실시설계 단계: 시스템, 공법 및 준공 후 유지관리 단계의 위험성과 같은 세부적 위험성과 설계단계에서 제거하지 못한 잔존 위험을 평가
- GUIDE 3 시공 전 검토: 시공자 주도로 설계단계에서 다루지 못한 가시설과 전문공종 검토

(4) 단계별 평가결과는 DfS 기록부(Register)로 관리하며 보고서는 발주자가 보관해야 한다. 이 보고서는 검토 절차가 적절하게 수행되었다는 기록과 증거 역할을 하며 이후 구조물의 시공, 유지보수, 보수 또는 철거 중에 해결해야 하는 식별된 위험과 통제 조치 등을 알 수 있게 한다.

그림 5는 건축물의 부위 중 층고가 높은 스카이 테라스의 가설계획을 보여주는 것으로 구체적인 가시설계획을 수립하였음을 알 수 있다.

그림 5 싱가폴의 DfS 이행 사례



4. 해외 설계단계 안전확보 제도의 시사점

이상에서 살펴본 영국과 싱가폴의 설계단계에서 안전확보의 시사점은 다음과 같다.

(1) 우리나라의 경우 실시 시기를 상세설계가 80% 정도 완료된 때로 하고 있으나 해외의 경우는 발주자가 프로젝트의 기획단계에 DfS 전문가(Professional)를 선임하게 하여 시작하며 공사단계에도 실시한다.

(2) DfS 전문가는 일정 경력 이상의 자로 2일간의 의무교육을 통하여 전문성을 확보하고 있다.

(3) 워크숍부터 시작하여 참석자의 이해도를 높이고 회의록 관리를 통하여 실질적 이행을 담보하고 있다.

(4) 위험성 기록부 양식은 핵심 내용은 동일하나 업체마다 다른 양식을 사용할 수 있다.

(5) DfS 보고서는 조치사항과 함께 공사 특성에 대한 분석을 중요시하며 내용이 구체적이다.

(6) 심사 등 과정에 외부자의 개입이 없이 발주자가 참여하여 프로젝트 이해당사자의 자율적 참여로 이행된다.

Ⅳ. 설계단계에서 안전확보 방안

DfS는 발주자의 책무이기 이전에 발주자의 안전책무 이행과 편익을 위한 것으로 이해되어야 하며, 발주자로 하여금 최소의 비용으로 자신의 이익을 지키는 방법임을 인식시킬 필요가 있다. 발주자의 주도적 역학을 자각하게 하는 장치로는 영국의 사례처럼 설계자/감리자/SC 등을 통하여 고지시키는 장치를 상위 규정에 마련하고 세부사항을 매뉴얼 등 하위 규정에 반영하는 방안이 있다. 실효성 있는 이행 방안으로 다음과 같은 사항에 대한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

(1) 실행력은 발주자가 설계자에게 명확하게 주문하게 하고 이행여부를 확인하는 체제를 스스로 구축하게-영국처럼 주설계자(Principle Designer) 선임 등 CDM 방식의 이행체제-하는 데 있다.

(2) 설계자(작성자)의 핵심 의무로서 외주화가 불가능함을 주지시킬 필요가 있으며, 이를 위해서는 검토자로서 국가기관의 책임과 역할, 개입 수준 등에 대한 조정이 필요하다.

(3) 건설기술진흥법와 산업안전보건법의 선후행 안전활동과 연계가 필요하다.

(4) 다양한 유자격 전문가의 참여(Group together)가 관건으로 적정한 대가가 수반되어야 하며 참여자의 역량관리 방안이 마련되어야 한다. 설계자(작성자), 검토자, 참여자(자문위원) 등은 비용 영향 요소로 적정한 비용의 계상이 필요하다.

(5) 타법령과 시너지를 고려하여 실시시기와 참여자의 적정화가 필요하며, 선후행 안전관리활동과 연계되어야 한다.

V. 맺음말

설계단계에서 DfS를 통하여 공사중 및 시설물의 사용자와 유지관리자의 안전을 확보하는 것은 가장 근원적 대책이자 비용측면에서도 효율적인 전략이다. 국내에서도 아직 위험공종을 포함한 일부 공공공사에 국한하여 DfS 실시를 의무화하여 시행하고 있다.

하지만 시행된 지 수년이 지났음에도 실효성을 거두지 못하는 경우가 많아서 제도 개선이 필요한 실정이다. DfS 제도의 실효적 이행을 위해서는 발주자 주도로 설계자가 외주화하지 않고 직접 수행하게 하여야 한다. 이러한 측면에서 DfS 검토서의 적정성을 공공기관이 직접 검토하기보다는 품질관리로 역할을 전환하는 방안이 검토되어야 한다. 유해위험방지계획서 제도가 공공기관이 개입하여 검토하게 함으로써 외주화를 촉발시켜 공사팀의 실질적인 안전계획 역량의 개선이 지체되는 전례가 반복되지 않도록 이행의무자의 실효적 반복 이행을 통한 역량 강화를 도모할 필요가 있다. 실효적 이행을 위해서는 전문성을 높일 필요가 있는데, 싱가폴의 사례와 같이 설계나 시공분야에서 10년 이상 경력을 가진 자를 대상으로 전문교육을 통하여 DfS 전문가의 기본 역량을 확보할 필요가 있다. 핵심적인 DfS 제도 개선을 통하여 적용대상을 민간공사까지 확대함으로써 시설물의 생애주기에 걸친 실질적인 안전확보라는 본연의 취지를 달성할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. 건설공사 안전관리 업무수행 지침, 국토교통부, 2022.
2. 설계안전성검토 업무 매뉴얼, 한국시설안전공단, 2017.
3. 안홍섭, 전문가를 위한 건설안전혁신론, 안전정보, 2021.
4. 한국시설안전공단, 설계안전성검토 적용 매뉴얼 개선방안 연구, 2017.
5. WSH Council, Workplce Safety and Health Guidelines; Design for Safety
6. 국가법령정보센터(https://www.law.go.kr/)