

건설실패정보 분류체계 구축에 관한 연구

A Study on the Establishment of the Construction Failure Information Classification

박찬식* · 전용석** · 신영환*** · 장내천****

Park, Chan-Sik · Jeon, Yong-Seok · Shin, Young-Hwan · Jang, Nae-Chun

요 약

건설실패에 관련된 정보는 연구문헌, 사례집, 보고서 등에서 제공하고 있지만, 실패정보에 대한 체계적인 분류가 구축되어 있지 않아, 정보의 활용에 많은 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 국내·외의 건설실패연구 관련기관 및 문헌을 조사·분석하여 건설실패정보 분류체계를 제안하였는데, 시설물 일반정보, 실패상황정보, 실패원인정보, 실패대책정보의 4개의 대분류로 구성되어 있다. 그리고 각각의 대분류항목은 중분류항목과 소분류항목으로 구성하였다. 본 연구에서 제시한 건설실패분류체계는 실패사례의 정형화·표준화를 통하여 건설산업 참여주체들이 실패정보를 공유함으로써 실패의 재발을 방지하는 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

키워드 : 건설실패, 건설실패정보, 건설실패정보 분류체계

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업은 타산업과 비교하여 다양한 형태의 불확실성을 가지고 있으며, 이로 인해 초기에 기대되었던 결과를 충족시키지 못하는 다양한 형태의 실패¹⁾가 발생한다. 인명피해를 동반하는 구조적 붕괴사고를 줄이기 위해 시작된 건설산업의 실패관련연구는 실패의 개념이 구조적 실패뿐만 아니라, 요구되는 구조물의 성능 및 기능상의 실패로 개념이 확대되고 있다. 건설실패정보를 이용하여 건설참여 주체들은 실패를 야기하는 기술적·관리적 원인을 분석하여 프로젝트 수행상의 고려사항과 문제점을 사전에 파악할 수 있으며, 향후 유사 프로젝트의 성공적 수행을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

그러나 국내의 건설실패 관련정보는 여러 가지 문헌, 사례집, 보고서 등에 산만하게 분산되거나 중복적으로 기술되어 있어 비효율적으로 활용되고 있다. 일부 건설실패관련 연구기관에서는 건설실패사례를 수집하고 있으나, 정형화된 분류체계가 구

축되어 있지 않거나, 구조적 붕괴 및 하자 등의 물리적 요인에 국한되어 있어, 실패를 야기하는 관리적 요인에 대한 분석은 거의 이루어지지 않고 있다. 실패정보는 실패현상의 특성에 따라 구분하여 조사·관리되어야 하지만, 체계적인 분류 없이 단순한 자료축적에 머무르고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 건설실패의 발생유형 및 발생원인에 대한 정형화·표준화를 통하여 건설산업 참여주체들이 실패정보를 공유할 수 있는 건설실패정보 분류체계를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 대표적인 건설실패연구 관련기관인 국내의 한국시설안전기술공단과 미국의 OSHA 및 ASCE에서 활용하고 있는 건설실패정보체계와 연구문헌을 조사·분석하는 것으로 연구의 범위를 한정하였다. 제시되는 건설실패정보 분류체계는 실패현상의 특성에 따라 대분류, 중분류, 소분류로 구분하였으며, 본 연구의 절차는 다음과 같다.

첫째, 국내·외의 실패연구관련 문헌을 통해 건설실패의 개념과 건설실패 정보의 필요성에 대하여 고찰한다. 둘째, 국내·외 건설실패연구 관련기관 및 연구문헌에서 제시하는 건설실패정보를 조사·분석하여 건설실패의 현상을 구분하고, 이를 근간으로 정형화된 건설실패정보 분류체계를 제시한다. 셋째, 실패사례의 적용을 통하여 제시된 실패정보분류체계의 활용성을 검토한다.

* 종신회원, 중앙대학교 건축학과 교수, 공학박사

** 학생회원, 중앙대학교 건축학과 박사과정

*** 학생회원, 중앙대학교 건축학과 석사과정

**** 일반회원, 중앙대학교 건설대학원 석사과정

1) Leonards(1982)는 실패를 기대성능(expected performance)와 실제성능(observed performance)사이의 용납될 수 없는 차이라고 규정하고 있다.

2. 건설실패의 이론적 고찰

2.1 건설실패의 개념 및 정의

건설산업의 실패(construction failure)관련 초기연구는 일련의 구조적 붕괴사고들에 의해 비롯되었다. 다수의 인명피해를 동반하는 구조적 붕괴를 줄이기 위한 노력의 일환으로 이러한 연구들은 수행·발전되어 왔다. 하지만 건설산업의 실패를 단순히 구조적 붕괴라고 정의한다면, 여타의 건설 관련 실패들은 이 범주에 포함되지 못하는 한계를 갖게 된다.

건설산업의 수행 과정중에는 공사비 부족으로 인한 재설계, 시공과정에서 불가피하게 이루어지는 설계변경, 예기치 못한 상황에서 발생하는 파업과 민원, 공사품질의 확보 미달로 인한 재시공, 열악한 기상조건에 의한 공기지연, 기능 및 성능 장애로 인한 하자 등 구조적 실패뿐 아니라 다양한 형태의 실패가 발생한다.²⁾ 구조적 실패에 초점을 맞추었던 건설산업의 실패관련 연구는 요구되는 구조물의 성능·기능상의 실패, 경제적 실패 등으로 그 개념이 확대되고 있다. 표 1은 건설실패 관련 연구에서 정의된 실패의 개념이다. 본 연구에서는 건축물에서 요구되는 구조적 안정성, 기능 및 성능을 포괄할 수 있는 Leonards (1982)의 정의를 기준으로 한다.

표 1. 실패의 개념 및 정의

구분	정의
Leonards (1982)	· 기대성과(expected performance)와 실제성과 (observed performance)사이의 용납될 수 없는 차이
Hohns (1985)	· 마찰하거나 결함있는 행위 · 목표달성의 실패 · 성능저하, 태만, 누락 · 파산 · 강도의 손실
Janney (1986)	· 구조적실패(structural failure): 의도되었던 목표를 달성할 수 없을 정도로 구조시스템 또는 구성재의 성능저하 · 시공실패(construction failure): 시공단계에 발생하는 실패로, 구조시스템의 붕괴 또는 파괴
Kaminitzky (1991)	· 과실있는 인간의 행위 · 강도의 손실 · 적당한 기능 및 성능의 중단
Russell (1992)	· 발주자에 대한 시공자의 책임 불이행

2.2 건설실패 정보의 필요성

건설산업에서 실패는 계획, 설계, 시공, 유지관리에 이르는

전과정에 걸쳐 다양한 형태로 발생한다. 건설산업에서의 실패는 다수의 인명피해, 심각한 경제적 피해를 야기하므로 사전에 실패를 막기 위한 대책을 수립해야 한다. 또한 실패가 발생했을 경우 가능한 한 피해를 최소화시킬 수 있는 조치사항에 대한 계획도 수립해야 한다. 과거의 실패에 대한 정확한 조사·분석을 통해 밝혀진 실패의 원인은 유사한 실패의 재발을 방지하기 위한 대책을 수립하는 중요한 정보가 된다. 마찬가지로 실패 발생 후 조치사항에 대한 정보는 실패의 피해를 최소화하기 위한 계획 수립 시 유용한 자료로 이용될 수 있다. 그림 1은 건설실패정보의 활용과정을 도식화 한 것이다.

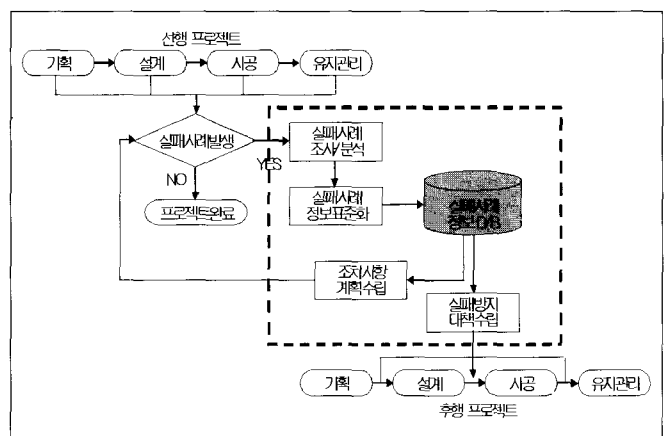


그림 1 건설실패정보의 활용

2.3 건설실패정보 구축현황

건설실패정보는 실패현상을 정확하게 기록하여 과거의 실패 사례를 유추하는데 무리가 없도록 구성되어야 한다. 실패현상은 언제(발생시점), 어디서(발생장소), 무엇이(발생시설물), 왜(발생원인), 어떻게(발생형태) 등의 분류원칙으로 표현될 수 있다. 실패정보분류체계는 유사한 정보를 체계적으로 구성하여야 한다. 즉, 분류체계에서 제시한 체계화된 분류기준을 사용하여 표현되어야 한다.

건설실패정보는 국내의 경우 한국시설안전기술공단(KISTEC), 국외의 경우에는 ASCE(American Society of Civil Engineers), OSHA(Occupational Safety and Health Administration)등의 일부기관에서 제공하고 있으며, 각 기관의 실패정보 분류현황은 표 2와 같다.

(1) 한국시설안전기술공단(KISTEC)

현재까지 국내·외에서 발생된 과거의 실패사례에서 기술적 가치가 있는 정보를 공유하여 유사 실패사례를 미연에 방지하고, 시설물의 효율적 관리를 위해 실패사례정보를 보관·관리한다. 자체적으로 조사·분석한 사례와 국외의 실패사례정보를

1) 김인호, 건설사업의 리스크관리, 기문당, 2001, pp. 34-35

기록·보관하고 있다. 그러나 실패정보의 분류에 대한 표준화된 양식은 존재하지 않는다.

(2) OSHA

OSHA에서는 1984년 이후 발생한 건설실패사례에 대해 자체적으로 조사·분석을 수행하여 보고서를 작성하고 그것들을 보관·관리하고 있다. OSHA에서는 건설산업의 실패사례 뿐만 아니라, 기타 모든 산업에서 발생하는 사고사례에 대한 정보를 기록하고 있다. 정보분류는 조사정보, 피해정보, 사고정보로 구성되어 있으며, 각 정보분류 항목에 대한 세부 항목으로 구성되어 있다.

OSHA의 실패정보분류는 SIC 코드를 사용하여 수집하고 있으며, 실패의 원인보다는 피해상황 및 징계내용에 관련된 사항들이 포함되어 있다. 실패사례 발생시 정부기관인 OSHA에서 위반된 관련 규정들을 파악하여, 위반사항에 대한 징계 조치를 취하고 있다.

(3) ASCE

ASCE는 1989년 발간한 the Guidelines for Failure Investigation에서 실패사례의 조사 프로세스와 실패정보 분류 항목을 제안하고 있다. 또한 TCFE(Technical Council on Forensic Engineering), EPIC(Engineeirting Performance Information Committee) 등의 소위원회를 구성하고, 정기 간행물을 발간하여 실패정보 보급을 위한 노력을 하고 있다. 시설물의 유형 및 실패원인에 대하여 상세히 구분하고 있다.

표 2. 각 기관별 실패정보 분류항목

(○: 포함 x: 미포함)

구성항목		KISTEC	OSHA	ASCE
시설물 일반정보	규모(시간,비용,면적)	x	x	○
	참여주체명	x	x	○
	위치	○	○	○
	시설물유형	○	○	○
	구조형식	x	○	○
	사용재료	x	○	○
	산업분류코드	x	○	x
조사정보	조사기간	x	○	x
	조사내용	x	x	○
	분석방법	x	x	○
실패정보	사고명	○	○	x
	사고발생일시	○	○	x
	사고내용	○	○	○
	피해정도	○	○	○
	위반규정	x	○	x
	실패원인	○	○	○
	조치사항 방지대책	○	○	○

2.4 각 기관의 실패정보 분류의 특성

건설실패연구 관련기관에서 제시하고 있는 건설실패정보의 특성을 구분하면 표 4와 같다. 실패정보의 구성항목은 시설물 일반정보, 실패조사정보 및 실패원인정보로 구분할 수 있다.

(1) 시설물 일반정보

시설물의 분류는 KISTEC의 경우 교량, 건축물, 지하구조물, 수리시설물의 4개로 구분하고 있으나, ASCE에서는 시설물의 유형을 8개로 대분류하고 각 시설물 유형에 대한 세부분류를 제시하고 있다. 또한 시설물을 구조형식 및 사용재료에 의해 분류하여 실패정보의 정형화를 시도하고 있다. OSHA의 경우는 자체의 SIC 코드를 사용하여 시설물을 분류하고 있다.

KISTEC에서 제공하는 실패사례는 국내 사례에 관한 자료가 부족하여 주로 외국의 사례를 인용하여 기록하고 있다. 표 3은 KISTEC의 실패사례정보 구성비율을 나타낸 것이다. 보관하고 있는 자료 중에서, 국내 사례는 3.4%에 그치고 있어, 국내 실패 사례의 수집 및 활용이 매우 미흡함을 알 수 있다.

표 3. KISTEC의 실패사례정보 구성

구분	총계	국내사례		국외사례	
		건수	비율	건수	비율
교량	88	3	3.4%	85	96.6%
건축물	43	3	7.0%	40	93.0%
수리시설물	46	1	2.2%	45	97.8%
지하구조물	26	0	0%	26	100.0%
계	203	7	3.4%	196	96.6%

(2) 실패조사정보

KISTEC에서는 실패의 조사내용 및 분석방법에 대한 내용이 나타나 있지 않으나, OSHA 및 ASCE에서는 이에 대한 내용이 상세하게 기술되어 있다. OSHA의 경우 피해상황 및 징계내용 까지 구체적으로 기록하고 있다. ASCE에서도 실패조사 결과를 통한 법적대응 절차를 제시하고 있다.

(3) 실패원인정보

실패를 야기하는 원인에 대해 KISTEC에서는 단순히 기술적(technical)인 관점에서 설명하고 있는 반면에 ASCE에서는 실패의 원인을 기술적인 원인뿐만 아니라 절차상(procedural)의 원인으로 구분하여 실패현상을 기술하고 있다. 예를 들어, 흙막이가 붕괴되었을 경우, 기술적 원인으로서는 흙막이의 강성부족, 지반침하등으로 구분할 수 있으나, 절차적 원인으로서는 시공자의 태만, 경험 및 능력부족, 구조설계자와의 의사소통에 기인한다.

건설실패의 발생을 예방하고 재발을 방지하기 위해서는, 실

패의 원인에 대한 철저한 규명이 요구된다. 그러나 KISTEC의 실패정보는 실패의 기술적 원인만을 제공하고 있으므로, 절차적 관점에서의 분석을 통한 체계적인 실패정보분류가 이루어져야 한다.

표 4. 각 기관별 실패정보분류의 특성

구성항목	KISTEC	OSHA	ASCE
시설물 일반정보	· 시설물의 유형을 4개로 분류 · 시설물 유형에 대한 세부분류 없음 · 구조형식 및 사용재료에 의한 분류 없음	· 시설물의 유형을 SIC(Standard Industrial Classification)에 의하여 구분	· 시설물의 유형을 8개로 분류 · 시설물 유형에 대한 세부 분류 · 구조형식 및 사용재료에 의해 분류
실패조사정보	· 조사내용 및 분석방법에 대한 내용 없음	· 조사내용 및 분석방법에 대한 내용 없음 · 피해상황 및 징계내용을 상세히 기록	· 조사내용 및 분석방법에 대한 지침제공
실패원인정보	· 단순히 기술적인 원인의 기록	· 기술적인 관점에서 기록	· 기술적인 원인과 절차상의원인으로 구분하여 기록

3. 건설실패정보 분류체계 구축

본 장에서는 상기한 실패조사연구 관련기관 및 연구문헌에서 제시하고 있는 건설실패정보의 구성체계 및 분류기준의 비교·분석을 통하여 건설실패정보 분류체계를 제시한다. 건설실패정보 분류체계는 시설물일반정보, 실패상황정보, 실패원인정보, 실패대책정보로 구성된다. 그림 2는 건설실패정보 분류체계의 개념도를 나타낸 것이다.

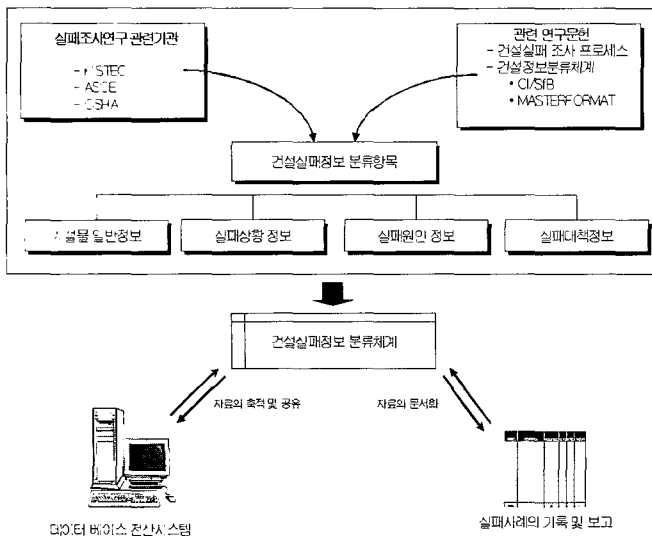


그림 2. 건설실패정보 분류체계의 개념

3.1 건설실패정보 분류항목

건설실패정보 분류항목을 선정하기 위해 국내·외 실패조사연구 관련기관에서 제공하는 건설실패정보의 분류항목을 비교·분석하였다. 국내는 한국시설안전기술공단, 국외는 ASCE, OSHA를 대상으로 하였다.

실패정보는 그림 3과 같이 시설물 일반정보, 실패상황정보, 실패원인정보, 실패대책정보의 4개의 대분류항목으로 구성하였다. 각각의 대분류 항목에는 중분류 항목이 존재하고 있는데, 중분류항목으로 체계화하기 어려운 항목에는 하위 레벨에 소분류 항목을 구성하였다. 소분류항목을 갖는 중분류 항목은 시설물 유형, 부위, 구조 형식, 사용재료, 발생단계, 발생형태, 기술적원인, 외부적원인, 관리적원인 등이 있다.

대분류 항목의 시설물 일반정보는 건설실패가 발생한 시설물의 개요를 나타내고 있으며, 사례번호, 시설물유형, 부위, 구조 형식, 사용재료, 규모, 위치등이 포함된다. 실패상황정보는 실패사태의 발생시점과 발생유형을 나타내는 것으로 발생일시, 발생단계, 발생형태, 피해정도 등으로 구성되어 있다. 실패원인정보는 실패의 발생을 야기한 원인을 나타내는 것으로 기술적원인, 외부적원인, 관리적원인으로 구성되어 있다. 실패대책정보는 실패사태의 조치 및 방지에 관한 것으로 조치사항, 방지대책의 분류항목으로 구분된다.

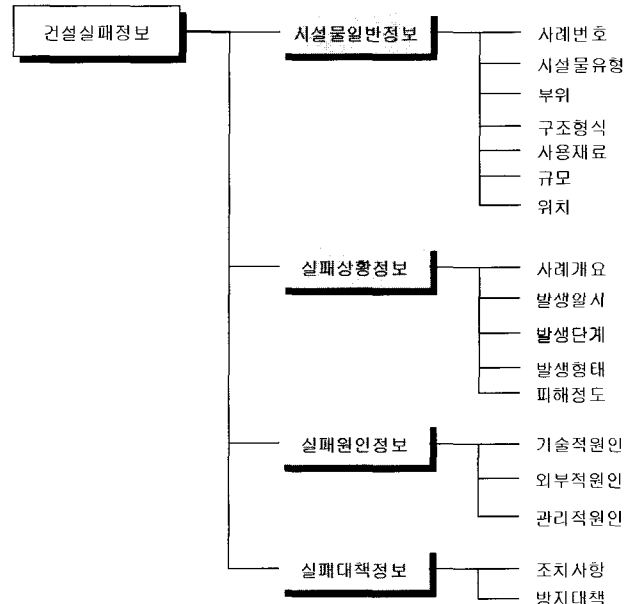


그림 3. 건설실패정보 분류체계의 분류항목

3.2 시설물 일반정보

본 절에서는 건설실패가 발생한 시설물의 개요를 나타내는 시설물 일반정보에 대한 중분류 및 소분류항목을 국내외의 문헌조사를 통하여 도출한다. 시설물유형 및 부위에 대한 소분류

항목은 CI/SfB의 건설정보분류체계를, 구조형식 및 사용재료의 소분류 항목은 ASCE에서 발간한 Guidelines for Failure Investigation을 기초로 하여 구성하였다.

3.2.1 시설물 및 부위분류

건설실패정보 분류체계를 구축하기 위해서는 시설물의 유형과 부위에 따른 표준화가 이루어져야, 실패정보의 입력과 관리가 용이해진다. 건설정보분류체계는 건설공사를 다양한 방식으로 분류하여 분류체계를 제시하고 있으므로, 건설실패의 분류에도 적용이 가능하다. 대표적인 건설정보분류체계로는 미주지역의 MASTERFORMAT체계, 유럽지역의 SfB체계로 나눌 수 있다. MASTERFORMAT은 건설공종 및 재료위주로 분류되어 있으며, SfB체계는 시설물 및 부위를 기준으로 분류하고 있다.

건설실패연구 관련기관 및 문헌의 조사결과 실패상황은 대체로 시설물의 유형 및 부위로 구분하여 조사·기록되고 있으므로, 유럽지역의 SfB체계의 적용이 적합한 것으로 여겨진다. 따라서 SfB체계를 근간으로 하여 건설실패정보의 시설물 유형 및 부위의 소분류항목을 구성하였다. 그림 4는 시설물 유형 및 부위의 분류항목을 나타낸 것이다.

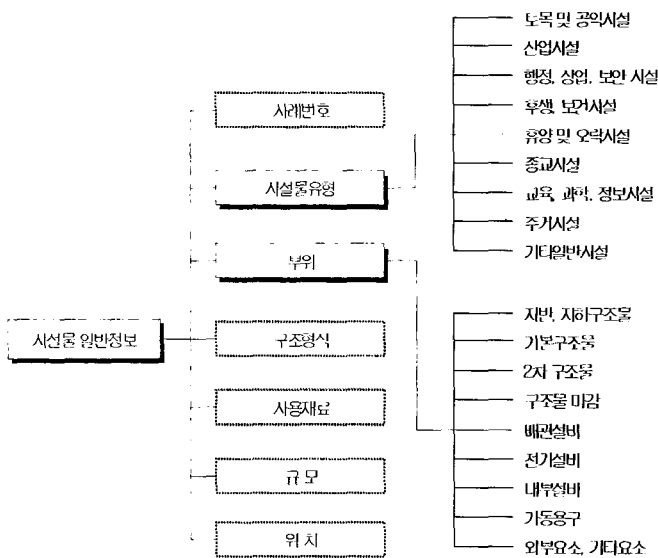


그림 4. 시설물 유형 및 부위 분류항목

3.2.2 구조형식 분류

건설실패의 조사 및 기록이 구조적 붕괴에서 시작된 이유는 구조물³⁾이 제기능을 하지 못할 경우 인명 및 재산피해 등의 심각한 피해를 유발하기 때문이다. 하중은 구조물을 변형시킬 뿐만 아니라 붕괴의 원인이 되기도 한다. 구조는 이러한 변형과 붕괴를 방지하기 위해서 존재하며, 충분한 강도와 강성을 가져야 한다.

3) 구조물의 정의는 '가해진 하중에 저항하는 건물의 일부분이다' 라고 규정할 수 있다.

야 한다.

구조형식에 따라 구조물 전체의 형태가 달라질 수 있고, 또한 설계하중, 시공공법, 사용재료, 접합방법 등이 달라지게 된다. 또한 건설실패는 시설물의 구조형식과 사용재료에 따라 발생단계, 발생형태에 영향을 줄 수 있으므로, 건설실패 정보분류에서 구조형식 및 사용재료에 의한 분류가 요구된다.

ASCE에서는 건설실패정보를 구조형식, 사용재료, 접합방법으로 분류하여 실패사례를 제시하고 있다. 구조형식과 사용재료, 접합방법은 상호 밀접한 관계를 갖고 있는데, 예를 들어 무량판구조(flat slab system)에는 항상 콘크리트가 사용되며, 철제 케이블(steel cable)은 현수구조(suspension structure)에 사용되는 경우이다. 그림 5는 ASCE에서 실패정보를 구조형식 및 사용재료에 따라 분류한 것이다. ASCE의 구조형식은 전단벽구조, 코아구조, 라멘구조, 트러스구조, 아치구조, 현수구조, 셸구조, 막구조, 튜브구조, 기타 및 혼합구조등 10개로 분류하고 있으며, 사용재료는 철근콘크리트, 철골, 철골철근콘크리트, PC, 목재, 조적, 석재, 기타 등 8개로 분류하고 있다. 국내의 경우 실패정보에 관한 구체적인 구조형식 및 사용재료의 분류는 없으나, 국내 건설실무에서는 ASCE에서 규정하고 있는 분류와 거의 동일하므로, ASCE의 구조형식 및 사용재료 분류를 채택하여 건설실패정보 분류체계를 구성한다.

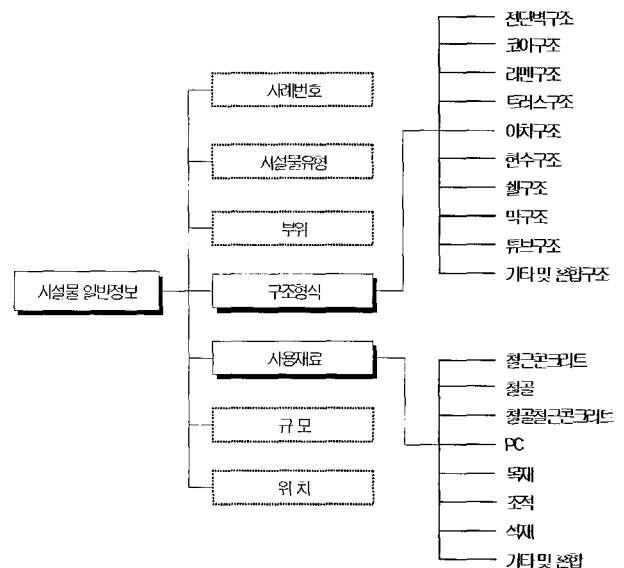


그림 5. 구조형식 및 사용재료의 분류항목

3.3 실패상황정보

3.3.1 발생단계 분류

건설프로젝트는 계획, 설계, 시공, 유지관리, 해체의 전 과정에 걸쳐 각 단계별 수행하는 행위 및 주체들이 다르다. 건설프로젝트의 수행 중 발생하는 실패는 각 단계별로 발생형태, 피해

정도에 영향을 주기 때문에 건설실패정보를 발생단계별로 분류하는 것이 필요하다. ASCE에서는 실패의 발생단계를 시설물의 서비스 수명⁴⁾에 근거하여 분류하고 있다. 발생단계에 의한 실패의 분류는 표 5와 같이 사용전 단계, 사용단계, 사용후 단계의 3단계로 구분하고 있다.

표 5. ASCE의 건설실패 발생단계별 분류

단계	내용
사용전 단계 (pre-service period)	· 공사 시공 도중 혹은 시설물 사용 이전의 모든 단계에서 발생하는 실패
사용 단계 (service period)	· 시설물이 설계에 따라 시공된 후 시설물 서비스 수명동안 발생하는 실패
사용후 단계 (post-service period)	· 시설물의 해체 및 폐기하는 단계에서 발생하는 실패 · 초기의 의도된 기능과 다른 용도로 사용·운영도중 발생하는 실패

서비스 수명을 의도된 기능에 따른 시설물의 사용기간으로 정의한 바에 따라, 시설물 사용 중이라도 초기의 계획⁵⁾의도되지 않은 기능으로 사용되었을 경우, 예를 들어 초기의 구조설계 기준 이상의 하중으로 발생하는 시설물의 붕괴는 사용후 단계에 포함된다.

그러나 ASCE의 발생단계 분류는 시설물의 실패를 간결하고 용이하게 규명할 수는 있는 장점이 있기는 하지만, 건설실패의 대부분이 시설물의 기획·설계 및 시공 단계에 기인하고 있다. 따라서 ASCE에서 제시하는 3단계 중에서 사용전 단계를 기획·설계단계와 시공단계로 구분하여, 그림 6과 같이 4단계로 분류한다.

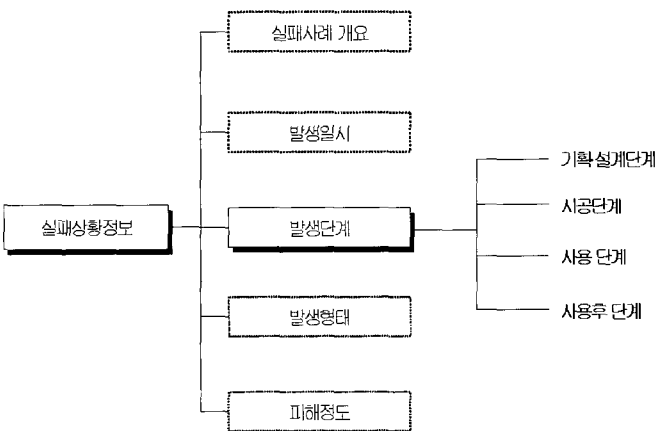


그림 6. 건설실패 발생단계의 분류

4) 시설물의 서비스 수명은 의도된 시설물 기능에 따른 시설물의 사용·운영되는 기간을 말한다. 시설물의 서비스 수명은 공사가 완료된 시점부터 시설물을 해체·폐기할 때까지 존속된다.

3.3.2 발생형태 분류

건설실패는 인명피해를 유발하거나, 시설물의 기능을 저하시키는 등 다양한 형태로 발생하고 있다. 실패의 발생형태는 발생 단계, 발생원인 등에 큰 영향을 미치고 있으므로, 발생형태 분류는 피해유형의 분석 및 재발방지대책 수립등에 효율적으로 사용될 수 있다. FitzSimons[1985]는 건설프로젝트에서 발생하는 실패의 발생형태를 피해의 유형을 기준으로 하여 Safety(Type S), Functional(Type F), Ancillary(Type A)의 세 가지로 구분하였다. 이와 같이 세 가지 유형으로 구분된 실패는 종종 복합적으로 발생하는 경우를 고려하여 각각의 유형을 조합하여 그림 7과 같이 S, F, A, SF, SA, FA, SFA의 일곱개의 유형으로 분류하였다.

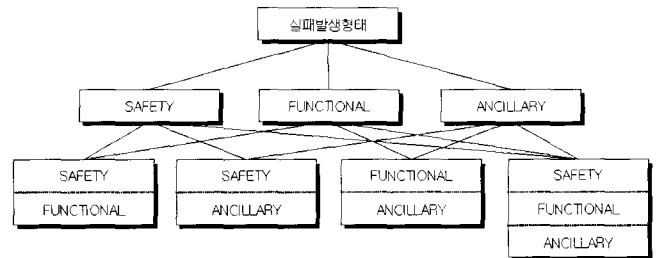


그림 7. Neal FitzSimon의 건설실패 발생형태분류

또한 ASCE에서도 안전상의 실패(safety failure)와 기능상의 실패(functional failure)를 근간으로 하여 표 6과 같이 발생 형태를 분류하였다.

표 6. ASCE의 건설실패 발생형태분류

발생형태	내용
안전상의 실패 (safety failures)	· 실패의 결과로 사망, 상해를 초래하거나 그 가능성이 있는 실패
기능상의 실패 (functional failures)	· 시설물 사용·운영상의 문제를 초래하는 실패
잠재적 실패 (latent failures)	· 아직 시설물의 붕괴 등 실패가 발생하지 않았지만 그 가능성이 있는 상태
기타 (ancillary failures)	· 시설물의 성능 및 기능상의 문제는 없지만 공사기간, 비용의 초과를 유발하는 실패

건설프로젝트는 정해진 공사기간, 비용 범위 내에서 기능상의 요구조건을 확보하고, 구조적 안정성을 유지하여야 한다. 그러한 점에서 ASCE의 실패발생형태 분류는 발생가능한 거의 모든 형태의 실패를 규명할 수 있는 것으로 여겨진다. 본 연구의 건설실패 발생형태 분류는 ASCE의 발생형태를 근간으로 하였다.

그림 8은 발생형태 분류를 나타낸 것이다.

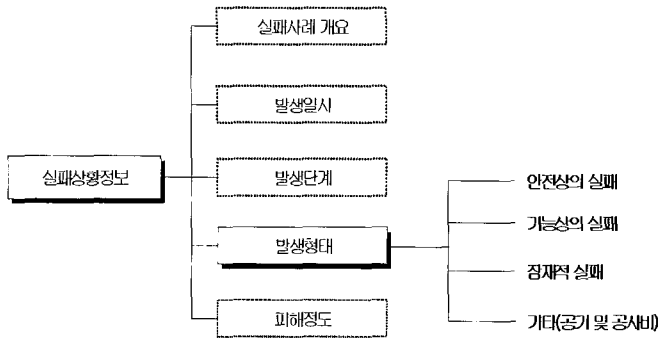


그림 8. 건설실패 발생형태별 분류항목

3.4 실패원인정보

건설실패를 유발하는 사건들의 상호관계, 기술적인 원인 및 실패를 유발하는 의사결정 행위 등을 파악하게 되면 유사 실패의 재발 방지를 위한 대책수립에 유용한 정보가 될 수 있다. 이와 같이 건설실패에서 중요한 역할을 차지하는 건설실패의 원인을 대표성을 갖는 항목으로 그룹화하여 구분할 필요가 있다.

FitzSimons[1985]는 건설실패의 원인을 크게 기술적인 원인(technical cause)과 프로젝트 수행 절차상의 원인(procedural cause)으로 구분하였다. Thornton[1985]는 건설실패의 발생원인을 설계 결함, 시공 오류, 자재 결함, 관리 결함, 유지관리 결함 등의 5개 유형으로 구분하고, 각각의 유형을 다시 무지?무능력, 실수·업무태만, 조직의 관리·감독 결함, 의사소통 부족, 조직간의 협력 부재, 과도한 공기 및 공사비 감축, 경영상의 원인, 유지관리상의 원인으로 구분하였다. 또한 실패의 원인으로 분류하지는 않았지만, 실패의 원인으로서는 부적당한 설계기준 및 관련법규, 정치·경제적 환경의 변화 등이 있다고 기술하고 있다. Thornton의 실패원인 분류의 특징은 기술적인 원인으로 그 유형을 구분하고, 각각의 원인에 대하여 관리·절차상의 원인으로 다시 구분하였다는 것이다.

ASCE에서는 실패의 원인을 실패를 직접적으로 야기하는 특정 사건 및 일련의 사건들로 정의하고 실패의 원인을 특성에 따라 표 7과 같이 구분하였다. 기술적인 원인과 절차상의 원인으로 구분하고 대표성을 갖는 원인으로 소분류 하였다. 기술적인 원인으로서는 설계오류, 시방서 오류, 시공오류, 자재결함 등이고, 절차상의 원인으로서는 계약도서의 불일치, shop drawing 검토 미비, 시공업무 조정미비, 의사소통 부족등으로 구분하였다.

표 7. ASCE의 건설실패 발생형태별 분류

대분류	소분류	대분류	소분류
기술적인원인	설계오류	절차상의 원인	계약도서의 불일치
	시방서오류		현장시공도 검토미비
	시공오류		시공업무조정 미비
	자재결함		의사소통부족

Sower[1985]는 실패의 기술적인 원인은 다시 기술적 원인을 유발하는 실수·태만, 무지·무능력, 의사소통 결함, 시간적·경제적 제한, 문서 위주의 현장 검사제도 등의 절차상의 원인이 존재한다고 주장하였다. U.S DOT[1980]에서는 실패의 원인에 따른 분류는 존재하지 않으나, 프로젝트 유형, 구조형식에 따라 건설실패를 분류하고, 각각의 원인들에 대한 기술적인 원인들을 설명하고 있다. 기술적인 오류를 설계오류, 시공오류, 자재 결함, 유지관리결함, 지진·태풍 등의 천재지변 등으로 구분하고 있다.

이상에서 기술한 실패원인을 연구한 관련 문헌을 근간으로 하여, 본 연구에서는 실패의 원인을 기술적 원인, 관리적 원인, 외부적 원인으로 중분류 하였으며, 각각의 중분류에 대한 소분류 항목을 그림 9와 같이 구성하였다. 기술적 원인은 설계오류, 시공오류, 자재결함, 유지관리결함 등으로 소분류되고, 외부적 원인에는 정치·경제적환경, 제도·법규적원인, 천재지변, 기타로 분류된다. 그리고 관리적 원인에는 업무태만, 경험·능력 부족, 의사소통미흡, 협력관계결함, 관라감독결함, 공사바 공기절감, 책임 및 역할 불명확으로 구분된다.

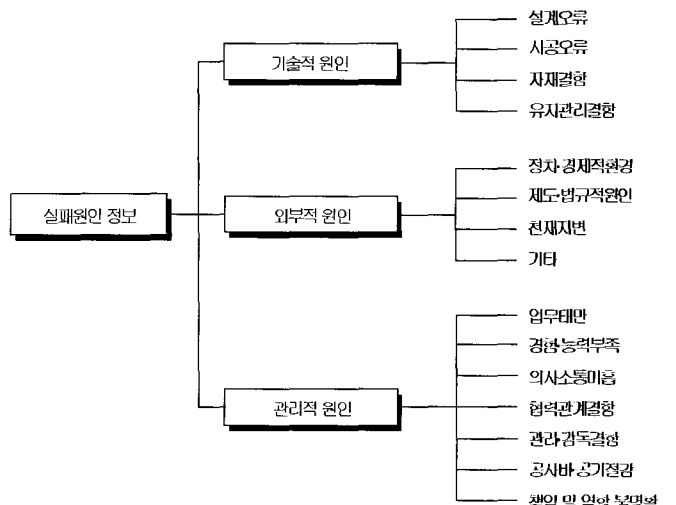


그림 9. 건설실패원인의 분류항목

4. 사례연구

제시한 건설실패정보 분류체계를 근간으로 실제 실패 사례에 적용하였다. 대상사례의 시설물 일반정보는 표 8에서 보는 바와 같이 시설물의 유형은 교육·과학·정보시설로서 구조형식은 Half PC + RC조의 혼합구조형식으로 구성되며 사용재료는 철근콘크리트 및 PC이다. 실패 현상이 발생한 부위는 기본구조물의 기둥 및 슬래브임을 알 수 있다. 실패의 발생단계는 시공 단계이며 발생형태는 기타(공사바 및 공기증가)실패이며, 피해

정도는 약 20,000,000원 이었다. 그리고 실패가 발생하게 기술적 원인으로는 건축구조 설계시 타공중에 대한 고려가 없었고, shop drawing의 검토가 부족하였다. 외부적 원인으로는 시공회사 계열의 PC공장의 가동율을 높이기 위한 무리한 설계변경이었다. 관리적 원인으로는 엔지니어의 Half PC 공법의 경험부족과 PC공장과의 협력관계가 부족했다. 이에 대한 방지대책으로는 설계변경시 전공종의 도면이 완성된 후 충분한 설계 검토가 이루어진 상태에서 제작·시공되어야 한다. 제안된 건설실패정보 분류체계를 활용하여 실패사례를 수집한 결과, 건축구조물의 물리적 특성, 실패의 발생단계와 발생형태에 따른 정형화된 구분이 가능하였다. 또한 실패를 야기하는 기술적, 외부적, 관리적 원인에 대한 분류가 가능하였다.

5. 결론

본 연구에서는 건설실패연구 관련기관 및 문헌을 조사·분석하여 실패현상을 정형화할 수 있는 실패정보분류체계를 제시하였다. 시설물 일반정보, 실패상황정보, 실패원인정보, 실패대책정보의 4개의 대분류로 구성된다. 그리고 각각의 대분류항목들은 중분류항목과 소분류항목으로 구성되어 있다. 시설물 일반정보에서는 시설물 유형, 부위, 구조형식, 사용재료 등으로 분류하

여 실패정보입력의 표준화를 도모하였다. 그리고 실패의 발생을 건축물의 수명주기상의 단계와 발생형태로 구분하였다. 또한 실패원인정보는 기술적 원인, 외부적 원인, 관리적 원인으로 구분하였다. 기존의 실패연구기관에서는 실패의 기술적 원인에 대한 정보수집에 치중하였으나, 본 연구에서는 관리적요인과 외부적요인을 포함시킴으로써, 실패를 야기하는 근원적인 요인을 추출할 수 있게 하였다.

본 연구에서 제시한 건설실패분류체계는 실패현상의 정형화·표준화를 통하여 건설산업 참여주체들이 실패정보를 공유함으로써 실패의 재발을 방지할 수 있는 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

그러나 실패사례 수집의 제약 때문에, 기존의 실패연구 관련기관 및 연구문헌에 초점을 맞추어 건설실패정보 분류체계를 개념적으로 제시하였으나, 실패사례의 피드백을 통하여 활용성을 증대시켜야 할 것이다. 실패대책정보에 대해서는 구체적으로 다루지 못하였는데, 실패를 야기하는 실패원인과의 상관성을 분석하여 표준화된 자료의 축적이 요구된다.

또한 건설실패사례에 대한 철저한 조사·분석을 통하여 건설실패의 유형을 명확히 정의하고, 사례의 일반화를 위한 매커니즘을 개발하여, 의사결정과정에 반영되어 효율적으로 활용될 수 있는 정보관리 시스템을 구축하여야 한다.

표 8. 건설실패정보 분류체계의 적용사례정보

건설실패분류		내용
시설물일반정보	시설물유형	교육, 과학, 정보시설
	부 위	기본구조물(기둥 및 슬라브)
	구조형식	혼합구조(Half PC + RC조)
	사용재료	철근콘크리트 + PC
	규 모	지상 8층, 지하 1층
실패상황정보	위 치	대전광역시 유성구 문지동
	사례개요	<1997.11> 지하주차장 시공 중 지하 주차장 바닥 메트 콘크리트의 타설이 거의 완료된 시점에서 상부구조가 RC에서 PC조로 변경됨에 따라, 시간이 촉박하여 출입구 안내등 및 설비설계가 미확정 단계에서 일부 기둥 및 슬라브 Half PC를 발주하였다. 이로 인하여 안내등 박스 및 덕트 설치용 인서트가 정확한 위치에 매립되지 않은 사례로써 기둥의 경우 Base Plate 위치와 안내등 박스 위치가 맞지 않은 제품들과 양가가 매립되지 않은 슬라브 일부를 폐기처분하고 다시 제작하여 공사 기간 연장과 추가 비용을 초래하였다.
	발생단계	시공단계
	발생형태	기타(공사비, 공기 증가)
	피해정도	약 20,000,000 원
실패원인정보	기술적 원인	<설계오류>건축구조설계시 설비 및 전기 설비 설계가 고려되지 않음 <시공오류> Shop Drawing 검토 부족
	외부적 원인	<기 타> PC공장의 가동율을 높이기 위한 무리한 설계변경
	관리적 원인	<경험 및 능력부족> Half PC 공법 경험 부족 <협력관계 부족> PC공장과의 협의 부족
실패대책정보	조치사항	PC부재의 폐기처분 및 재제작
	방지대책	설계 변경 시 전체 공종의 도면이 완성된 후 충분한 설계검토가 이루어진 상태에서 제작, 시공되어야 함

참고문헌

1. 김인호, 건설사업의 리스크관리, 기문당, 2001
2. 문명완, 건설공사의 중대재해 예방을 위한 안전정보관리시스템 개발에 관한 연구, 원광대학사학위논문, 1997
3. 이교선 외 3인, 건설정보 분류체계 표준화 연구, 한국건설기술연구원, 1995
4. 중앙대학교 건설대학원, 제2회 건설실패 연구세미나, 2002.11
5. Bosela, Paul A, "Failures of Engineered Facilities: Academia Responds th the Challenge", Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Vol.7, No.2, pp.140-144, 1992
6. Feld, Jacob, Carper, Kenneth L., Construction Failure, John Wiley & Sons, Inc., 1997
7. FitzSimon, Neal, "Notes on Statistics of Failures of Constructed Works," Reducing Failures of Engineered Facilities, ASCE, pp.11-13, 1985
8. http://www.kistec.or.kr/fail/fail_2.asp
9. <http://www.osha.gov>
10. Pietroforte, Roberto, "Civil Engineering Education Through Case Studies of Failures" Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Vol.12, No.2, pp.51-55, 1998
11. Rendon-Herrero, Oswald, "Too Many Failures: What Can Education Do · " Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Vol.7, No.2, pp.133-139, 1992
12. Sowers, G., "Alternative Procedures for Investigation Failures," Reducing Failures of Engineered Facilities, ASCE, pp.31-40, 1985
13. Task Committee on Guidelines for Failure Investigation of the Technical Council on Forensic Engineering, Guidelines for Failure Investigation, ASCE, 1989
14. Thornton, C., "Failures Statistic Categorized by Cause and Generic Class," Reducing Failures of Engineered Facilities, ASCE, pp.14-23, 1985
15. U.S Department of Transportation, Guide to Investigations of Structural Failures, Federal Highway Administration, 1980
16. Yates, Janet K., Edward E. Lockley, "Documenting and Analyzing Construction Failures," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 128, No. 1, pp.8-17, 2002

ABSTRACT

Although Construction Failure Information has been reported in literatures, reports of research, and etc., it is difficult to utilize the information because the information classification does not exist. Therefore, this study investigated and analyzed literatures of domestic and abroad research institutions and suggested the Construction Failure Information Classification(CFIC). The CFIC is composed of four classified items; facility general information, failure situation information, failure cause information, and failure counterplan information. Each item is divided sub-items. Through CFIC, Construction Failure Information can be standardized and utilized for useful data to prevent recurrences of construction failure.

Keywords : Construction Failure, Construction Failure Information, Construction Failure Information Classification