

# 건설실패정보를 활용한 건설 프로세스의 지속적 개선 모델의 개념적 틀에 관한 연구

## A Study on the Framework of the Continuous Improvement Model of Construction Process using Construction Failure Information

전 용 석\* · 박 찬 식\*\*

Jeon, Yong-Seok · Park, Chan-Sik

### 요 약

건설실패정보는 건설실패를 야기한 업무 프로세스를 파악하고, 건설실패를 예방할 수 있는 향상된 프로세스를 제공하는 핵심 요인이 될 수 있다. 본 연구에서는 건설실패정보를 활용하여, 건설실패의 재발을 예방할 수 있는 건설 프로세스의 지속적 개선 모델의 개념적 틀을 제시하였다. 문헌연구를 통해 건설실패의 정의, 유형, 원인 및 교훈 등의 건설실패정보에 대한 개념을 정립하였다. 또한 건설실패정보에 프로세스 재설계 방법론 및 사례기반추론기법을 적용하여 프로세스 개선에의 적용 가능성을 확인하였고, 사례기반추론기법의 주요 모듈인 사례검색, 사례색인 및 사례적용을 이용한 건설 프로세스의 지속적 개선 모델의 개념적 틀을 제시하였다.

키워드 : 건설실패, 건설실패정보, 프로세스 개선, 사례기반추론

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업은 새로운 디자인 개념을 도입하고 첨단 기술을 적용하여 현재의 기술수준을 뛰어넘으려는 부단한 노력이 진행되고 있다. 하지만 이러한 기술의 진보와 새로운 개념의 도입 이면에는 실패의 가능성이 내재되어 있다.

건설실패에 대한 연구들은 건설실패의 발생과 사례의 수집 및 유포를 정형화함으로써 실패정보의 활용성을 증가시키고 건설 실패정보를 퍼뜨려 건설업무를 개선하고자 하는 것으로 요약될 수 있다<sup>1)</sup>. 하지만 건설실패정보를 문서화하는 노력 부족 때문에, 습득된 경험은 유용하게 활용되지 못하고 있는 실정이다<sup>2)</sup>.

건설실패정보를 구조화된 방식에 의하여 체계적으로 수집하고 활용한다면, 업무 프로세스 개선을 위한 촉매제가 될 수 있다. 그러한 면에서 건설실패정보는 건설실패를 야기한 업무 프로세스상의 취약부분을 파악하고, 건설실패의 재발을 예방하기 위한 업무 프로세스 개선의 핵심요소로 활용될 수 있다. 하지만 업무 프로세스의 재설계 과정은 비정형적이고 현실적으로 복잡한 상황이 많기 때문에 주관적인 판단이나 경험에 의해 이루어지기 쉽다. 따라서 대안설계과정을 보다 구조화하여 체계적으로 지원해 줄 수 있는 방법론이 요구된다(황순삼 1997, Vanderville 1999, Kajihara 1993, 김상일, 2001). 따라서 본 연구에서는 건설실패에 대한 인식체계를 정립하고, 건설실패정보를 활용하여 건설실패의 재발을 방지할 수 있도록 건설 프로세스를 개선하는 모형을 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 건설실패에 대한 인식체계를 정립하고, 건설실패정보, 프로세스 재설계 방법론, 사례기반추론기법을 활용하여 지속적으로 건설 업무 프로세스를 개선할 수 있는 모델의 개념적 틀을 제시하는 것을 연구의 범위로 한다. 본 연구의 절차는 첫째, 건설실패 관련문헌을 분석하여, 건설실패의 정의, 원인, 유형, 분류, 예방에 관하여 고찰하고, 실패정보의 수집과 활용을 증대하기 위한 분류양식을 제안한다. 둘째, 건설실패정보, 사례

\* 학생회원, 중앙대학교 건축학과 박사과정

\*\* 중신회원, 중앙대학교 건축학부 교수, 공학박사

1) 건설실패관련 연구들을 살펴보면, 건설실패의 유형(FitzSimon 1985, Kamietzky 1991, Wardhana 2003), 건설실패의 원인(Thorton 1985, Bell 1985, Hadipriono 1985, Levy and Salvadori 1992, Carper 1997), 건설실패의 예방(Petroski 1982, Kamietzky 1991), 건설실패정보분류(Eldukair 1991, ASCE 1989, 박찬식 2003) 등으로 구분할 수 있다.

2) 이에 대하여 Kartam(1996)은 건설산업의 교훈을 수집하는 어려움을 커뮤니케이션 채널의 신뢰성 부족, 데이터에 대한 열악한 관리 구조, 교훈을 기존의 업무 절차에 통합하는 문제 등을 지적하고 있다.

기반추론 및 프로세스 재설계 방법론을 고찰하여, 건설실패정보를 활용한 프로세스 개선에의 적용 가능성을 파악한다. 셋째, 건설실패정보를 활용하여 건설 업무 프로세스를 지속적으로 개선하는 모형의 개념적 틀을 제시한다.

## 2. 건설실패의 이론적 고찰

### 2.1 건설실패

건설실패와 관련된 초기연구는 일련의 구조적 붕괴사고들에 의해 시작되었다. 다수의 인명피해를 동반하는 구조적 붕괴를 줄이기 위한 노력의 일환으로 건설실패관련 연구들은 수행되어 왔다. Webster 사전에서는 실패(failure)를 “a falling short, deficiency or total defect”로 정의하고 있다. 실제로 실패는 반드시 전체적인 붕괴를 의미하는 것은 아니며, 시설물이 초기에 의도되었던 기능을 수행하지 못하는 결함에도 동일하게 적용될 수 있는 것으로 여겨진다. 표 1은 건설실패에 대한 연구자들의 정의를 나타낸 것이다. 이상의 논의를 종합해 볼 때, 건설실패는 구조적 붕괴, 결함뿐만 아니라, 그로 인해 야기되는 안전상의 문제, 성능저하, 잠재적 결함 가능성을 포함하는 포괄적인 개념으로 정의될 수 있다.

표 1. 건설실패의 개념 및 정의

연구자	정의
Leonards (1982)	an unacceptable difference between expected and observed performance
Hohns (1985)	(1)the act of falling short, being deficient, or lacking (2)nonattainment or nonsuccess (3)nonperformance, neglect, omission (4)bankruptcy (5)loss of vigor or strength
Janney (1986)	(1)structural failure: the reduction of capability of structural system or component to such a degree that it cannot perform safely its intended purpose (2)construction failure: a failure that occurs during construction and they are considered to be either a collapse, or distress, of a structural system
Kaminitzky (1991)	a human act: omission of occurrence or performance; lack of success; nonperformance; insufficiency; loss of strength; and cessation of proper functioning or performance

### 2.2 건설실패정보의 활용과 조사양식

#### 2.2.1 효율적인 건설실패정보의 활용

건설산업에서 실패는 계획, 설계, 시공, 유지관리에 이르는 전 과정에 걸쳐 다양한 형태로 발생한다. 건설실패는 다수의 인명 피해, 심각한 경제적 피해를 야기하므로 사전에 실패를 방지할

수 있는 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 건설실패로부터의 교훈은 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 활용을 나타낸 것이다.

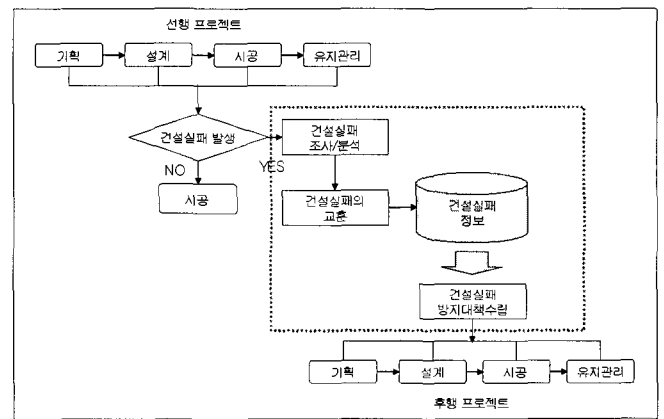


그림 1. 건설실패정보의 활용

#### 2.2.2 건설실패정보의 조사양식

건설실패정보를 체계적으로 수집하기 위해서는 건설실패에 대한 문서화가 필요하고, 수집된 정보를 효율적인 분류양식을 활용하여 수집, 분석, 유포하는 일련의 절차가 요구된다. 건설실패의 정보분류에 관한 연구는 많은 연구자들에 의해 수행되어 왔으며, 주로 실패정보 수집의 일반화 및 표준화 측면에 초점을 맞추고 있다.

건설실패정보는 실패현상을 정확하게 표현하여 과거의 실패 사례를 유추하는데 무리가 없도록 구성되어야 한다. Kaminitzky(1982)는 건설실패는 일반적으로 who(발생주체), where(발생장소), what(발생시설물), when(발생시점), why(발생원인), how(발생형태)에 대한 내용을 포함할 것을 주장하고 있다. Eldukair(1991)는 1975년부터 1986년까지 미국에서 발생한 건설실패를 대상으로 하여 프로젝트 유형, 발생부위, 발생유형, 발생원인, 조치결과, 실패의 통제로 구분하여 정보를 분류하였으며, OSHA(Occupational Safety and Health Administration)에서는 건설안전 사고를 포함하는 건설실패 사례를 시설물 유형, 구조형식, 사용재료, 분류코드, 사고내용, 피해정도, 실패원인, 조치사항, 방지대책 등으로 구분하고 있다. 그리고 ASCE(American Society of Civil Engineers)에서는 건설실패조사를 체계적으로 수행할 목적으로 실패조사 가이드

복을 발간하여, 실패정보의 분류를 건설실패의 발생시점, 실패의 유형, 실패의 원인으로 구분하고 있으며, 박찬식(2003)은 국내에서는 최초로 건설실패정보 분류에 관한 연구를 수행하면서, 정보 분류를 시설물 일반정보(사레번호, 시설물 유형, 부위, 구조형식, 사용재료, 규모, 위치), 실패상황정보(발생일시, 발생단계, 발생형태), 실패원인정보(기술적원인, 외부적원인, 관리적원인), 실패대책정보(조치상황, 방지대책)로 분류하였다.

이와 같은 분석을 통하여 본 연구에서는 국내에서의 건설실패 정보 수집의 특성과 제약사항을 종합적으로 고려하여, 그림 2와 같이 시설물 및 부위, 발생단계, 발생유형, 발생원인 및 교훈을 건설실패 분류항목으로 제시한다.

1) 시설물 및 부위

건설실패는 일반적으로 다양한 건설 시설물의 여러 부위에서 발생한다. 시설물 및 부위에 관한 정보분류는 그것의 분류 특성에 따라 다양한 형태가 존재한다. 건설실패정보도 일정한 형식에 의하여 분류하기 위해서는 시설물 및 부위에 관한 정보가 반드시 포함되어야 한다. 본 연구에서는 장내천(2002)이 제안한 시설물 분류 방식에 의하여, 시설물 및 부위분류를 토목 및 공익시설, 산업시설, 행정·상업·보안시설, 후생 및 보건시설, 휴양 및 오락시설, 종교시설, 교육·과학·정보시설, 주거시설, 기타일반시설로 구분한다.

2) 발생단계

건설프로젝트는 계획, 설계, 시공, 유지관리의 전 과정에 걸쳐 각 단계별 수행하는 행위 및 주체들이 다양하다. 건설프로젝트의 수행 중 발생하는 실패는 각 단계별로 발생형태, 피해정도에 영향을 주기 때문에 건설실패정보를 발생단계별로 분류하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 건설 실패의 발생단계를 건설 프로젝트의 가장 전형적인 단계인 기획, 설계, 시공, 유지관리로 구분한다.

3) 발생유형

건설실패는 인명피해를 유발하거나, 시설물의 기능을 저하시키는 등 다양한 형태로 발생하고 있다. 실패의 발생형태는 발생단계, 발생원인 등에 큰 영향을 미치고 있으므로, 발생유형 분류는 피해형태의 분석 및 재발방지대책 수립 등에 효율적으로 사용될 수 있다. FitzSimon(1985)은 실패의 유형을 안전상의 실패, 기능상의 실패, 기타로 구분하고 있고, ASCE(1989)에서는 FitzSimon의 분류에 잠재적(latent)인 실패를 추가하였다. Kaminetzky(1991)는 건설실패를 시공실패, 서비스 실패, 유지관리 실패로 구분하고 있는데, 특히 그는 시공 단계에서의 기술적인 부분에 대한 실패를 강조하고 있다. 건설실패의 정의도 구조적 붕괴에서 구조물의 기능과 성능을 포함하는 개념으로 확대

되는 현상에 비추어서 본 연구에서도 건설실패의 유형을 안전상의 실패, 기능상의 실패, 잠재적인 실패, 기타 등으로 구분한다.

4) 발생원인

건설실패를 유발하는 사건들의 상호관계, 기술적인 원인 및 실패를 유발하는 절차적인 원인을 파악하게 되면 유사 실패의 재발을 방지할 수 있는 유용한 정보가 될 수 있다. 이와 같이 건설실패에서 중요한 비중을 차지하는 건설실패의 원인을 대표성을 갖는 항목으로 구분할 필요가 있다. 많은 연구자가 건설실패의 원인에 대한 연구를 수행했는데, 건설 실패는 실제적이고 물리적인 측면에서의 기술적인 원인과 휴먼에러(human error)에 의해 발생하는 관리적인 원인으로 귀결될 수 있다는 견해를 밝히고 있다(Bell 1985, Thorton 1985, Levy and Salvadori 1992, Kaminetzky 1991, Carper 1997, Hadpriono 1985). 하지만 건설 실패는 기술적 원인 또는 관리적 원인에 의해 단독으로 발생하기도 하지만, 많은 경우에는 이러한 원인들을 분리하거나 정량화하기가 매우 어려울 수 있다. 본 연구에서는 이러한 특성을 고려하여 건설실패를 기술적, 관리적, 복합적 원인으로 구분한다.

5) 교훈

건설실패는 경제적·사회적 비용을 요구하지만, 한편으로는 교훈을 생성하여, 건설실패로부터 학습함으로써 미래에는 동일한 유형의 실패가 반복되지 않도록 하게 한다. 건설실패는 다양한 프로젝트에서 여러 단계에 걸쳐서 복합적인 원인에 의해 발생하는 것이 일반적이며, 실패의 재발을 막기 위한 방지 대책, 실패의 영향을 감소시키는 조치사항 등에 대한 정보를 규명해야 한다. 그러한 면에서 본 연구에서는 건설실패로부터 생성되는 교훈을 기술적, 관리적, 교육적인 부분으로 구분한다.

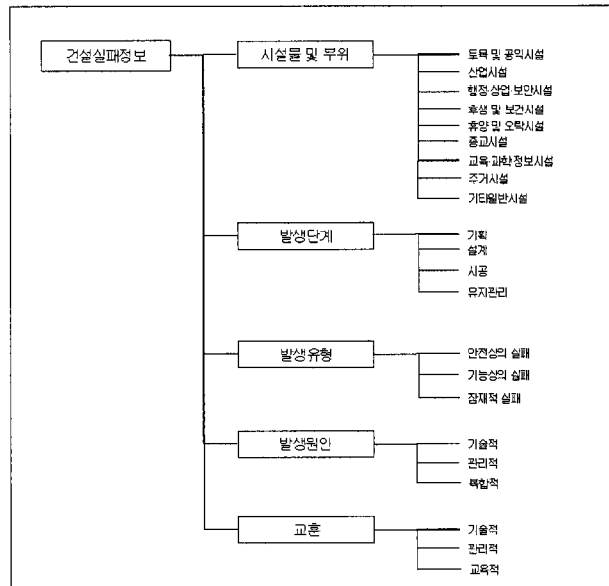


그림 2. 건설실패정보의 분류

### 3. 건설실패정보를 활용한 건설 프로세스 개선

건설실패정보는 차후 프로젝트에서의 실패를 예방할 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있다. 하지만 건설실패정보를 활용하여 실패의 재발을 방지할 수 있는 구체화된 방법론은 부재한 상태이다. 건설실패의 예방을 위해서는 건설 업무 프로세스 개선이 필요하며, 이러한 프로세스 개선은 AI(Artificial Intelligence)와 같은 진보된 기법을 적용함으로써 가능하다. 하지만 업무 프로세스의 개선 분야에서 AS-IS 모델에 대한 분석은 비교적 과학적인 방법에 의하여 실행될 수 있으나, TO-BE 모델을 생성하는 과정에 대해서는 구체적이고 객관적인 방법론은 거의 없는 상황이다. 본 절에서는 건설실패정보와 사례기반추론기법을 적용하여 프로세스를 개선하는 방안에 대하여 제시한다.

#### 1) 건설실패정보를 활용한 프로세스 개선의 한계

건설실패가 발생하면 구조화된 방식에 의하여 교훈이 수집되고, AI와 같은 진보된 기법을 적용하여 새로운 지식을 생성하여, 건설실패의 재발을 방지할 수 있도록 건설 프로세스를 개선하여야 한다.

Vanderville(1999), Kajihara(1993), Russell(1994) 등은 경험, 성공 및 실패로부터 교훈을 활용하여 업무 프로세스를 개선할 것을 주장하고 있으며, Weber(2001), Soibelman(2003) 등은 사례기반추론, 데이터마이닝 등의 진보된 기법을 사용하여 새로운 지식을 생성하고 이를 프로세스 개선의 촉매제로 활용하여야 한다고 지적하고 있다.

하지만 Weber는 기존의 교훈 정보시스템의 문제점을 파악하고, 시스템의 바람직한 개발방향에 대하여 언급하면서 AI의 적용 가능성을 강조한 정도이며, Soibelman은 설계검토 시스템을 제안하면서 교훈의 수집과 검색을 위한 색인에 초점을 맞추면서, 추후에는 저장된 지식의 재사용을 위한 AI의 적용을 제안하고 있는 정도이다.

#### 2) 구조화된 방법론 적용의 한계

사례기반추론은 복잡하고 비구조화된 문제를 다루는 유용한 도구로써, 건설실패와 같이 다양하고 정형화가 어려운 부분에 효과적으로 활용될 수 있는 기법이다. Omura(1994)는 건설 프로젝트의 특성 때문에 건축설계를 포함한 건설업무 지식은 거의 대부분이 단편적이고, 일반화하기 어렵기 때문에, 사례기반추론 기법의 적용이 가능하다는 견해를 밝히고 있다.

업무 프로세스 재설계 과정은 비정형적이고 현실적으로 복잡한 상황이 많기 때문에 주관적인 판단이나 경험에 의해 이루어지기 쉽다. 건설분야의 프로세스 개선에 관한 연구에서 현행의 업무에 관한 분석은 체계적으로 연구되어 왔으나, 업무 프로세

스를 재설계하는 부분에 관한 연구는 명확히 규명되지 못하고 있는 상황이다. 또한 건설 실패의 특성상 다양한 문서자료를 획득하기 어렵기 때문에, 현장에서 수집되는 정보에 건설 전문가의 경험과 지식을 추가하여, 새로운 지식을 생성함으로써 추후 프로젝트의 수행에 참조될 수 있어야 한다.

#### 3) 사례기반추론을 활용한 프로세스 재설계

사례기반추론의 주요한 목적중의 하나는 광범위한 이전 경험과 배경정보 없이 인간의 추론 프로세스를 모델화할 수 있다는 것이다. 사례기반추론 시스템이 효과적으로 작동되기 위해서는, 정보가 사례 색인 구조로 코드화 되어야 할 뿐만 아니라, 사례 검색과 사례적용 메카니즘이 요구된다(Richter 1995). 하지만 건설분야에서의 사례기반추론 관련 연구(Kim Roddis 1997, Chua 2001, 예태곤 1998)는 사례의 표현과 검색에 대한 부분을 주로 다루고 있다. 업무가 개선되어야 할 목표 상황에 맞추어 사례를 수정하고 새로운 지식을 생성하여 프로세스를 개선하고, 재사용에 대한 연구는 상대적으로 취약하다. 사례기반추론기법을 활용하여 건설실패를 유발했던 업무 프로세스로부터 건설 실패의 재발을 예방할 수 있는 개선 프로세스에 대한 구축 방법론이 요구된다.

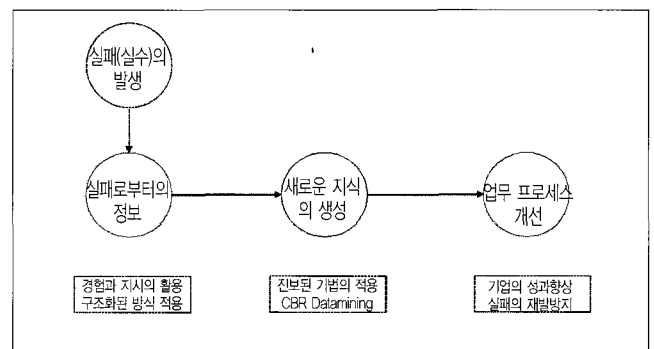


그림 3. 건설실패정보를 활용한 업무 프로세스의 개선방향

### 4. 건설실패정보를 활용한 건설 프로세스의 지속적 개선 모델의 개념적 틀

건설실패정보는 건설 실패의 재발을 방지할 수 있는 건설 프로세스의 개선의 요인으로 작용할 수 있다. 본 장에서는 건설실패정보와 사례기반추론을 활용하여 현행의 업무 프로세스(AS-IS)에서 건설실패를 방지할 수 있는 개선된 업무 프로세스(TO-BE)를 생성하는 모형의 개념적 틀을 제시한다. 그림 4는 건설실패정보를 활용한 건설 프로세스의 지속적 개선 모델(Continuous Improvement Model of Construction Process: 이하 CIMCP)의 개념적 틀의 구조를 나타낸 것이다.

4.1 모형의 구성체계

건설실패가 발생하게 되면, 이것을 야기하는 건설 프로세스를 파악하고 이에 대한 개선방안을 모색하여야 한다. 건설실패로부터의 교훈은 업무 프로세스를 개선할 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있다. 따라서 건설실패의 방지를 위한 프로세스 개선의 목표를 설정할 수 있으며, 목표 프로세스가 설정되고 나면, 사례기반추론기법을 활용하여 건설업무 프로세스가 저장되어 있는 사례 베이스에서 사례를 검색한다. 검색규칙에 의하여 목표 프로세스와 가장 적합한 사례를 도출하게 되는데 이것이 최적사례가 된다. 하지만, 최적사례가 목표 프로세스에 완전하게 부합할 수도 있지만, 아닐 수도 있다. 이러한 경우에는 프로젝트 팀이 목표 프로세스의 상황에 적절하게 프로세스의 액티비티를 추가하거나, 삭제하거나, 대체하여야 한다. 이러한 과정을 거쳐서 목표 프로세스에 대한 AS-IS 모델을 생성하게 된다.

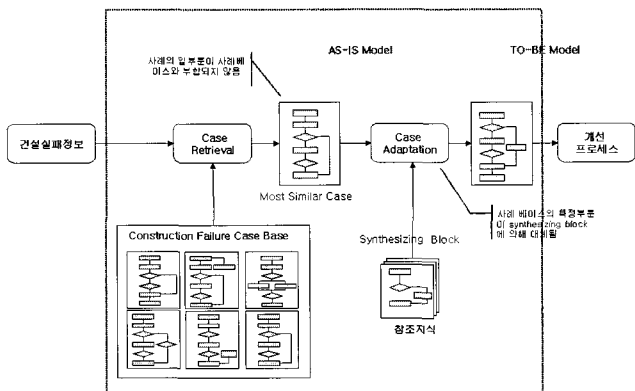


그림 4. CIMCP의 구조

사례베이스에서 검색된 사례가 목표 상황을 완전하게 반영하는지의 여부를 파악한다. 목표 상황을 완전하게 반영한다면, 검색된 사례는 목표상황에 대한 TO-BE Model이 되고, 만약 목표 상황을 완전하게 반영하지 못하는 경우에는, 참조지식을 이용하여 목표상황에 부합하는 액티비티 블록을 검색하여 조합블록(synthesizing block)을 생성한 후, 검색된 조합블록과 AS-IS 모델을 합성함으로써 TO-BE 모델을 생성한다.

4.1.1 사례베이스(case knowledge)

사례베이스는 여러 개의 AS-IS 모델과 각각의 AS-IS 모델로부터 생성되는 TO-BE 모델을 갖게 되며, 구체적인 건설실패의 상황과 그것의 교훈을 묘사한다. 사례 베이스의 색인은 시설물 및 부위, 발생단계, 발생유형, 발생원인 및 교훈 등이다. 여기서 건설 실패의 교훈은 프로세스 개선을 위한 목표 상황으로 설정된다. 표 2는 사례베이스에서의 색인구조를 나타낸 것이다.

건설실패의 상황은 프레임의 형태<sup>3)</sup>로 나타낼 수 있으며, 프레

임 타입의 정보는 그림 5와 같은 프로세스를 포함한다. 건설실패의 발생이 시설물 및 부위는 기타일반시설, 발생단계는 시공 단계, 발생유형은 안전 및 기능상의 실패, 발생원인은 기술적인 부분에서는 부적당한 동바리 구조설계, 관리적인 부분에서는 주체간 의사소통 부족이 된다. 교훈은 기술적인 부분에서는 구조설계의 철저검토, 관리적인 부분에서는 업무주체의 코디네이션과 CMr의 심층검토, 교육적인 부분에서는 엔지니어의 교육이 된다. 사례의 검색에 의해 추출되는 업무 프로세스는 액티비티 블록<sup>4)</sup>(activity block)으로 구성된다. 액티비티 블록은 Activity

표 2. 사례베이스의 색인구조

분류	구분	세부분류
사례베이스	시설물 및 부위	토목 및 공익시설
		산업시설
		행정·상업·보안시설
		후생 및 보건시설
		휴양 및 오락시설
		중교시설 교육·과학·정보시설
		주거시설
	기타일반시설	
	발생단계	기획
		설계
		시공
	발생유형	유지관리
		안전상의 실패
기능상의 실패		
잠재적 실패		
발생원인	기술적	descriptive
	관리적	descriptive
	복합적	descriptive
	기술적	descriptive
교훈	관리적	descriptive
	교육적	descriptive
	기술적	descriptive

- 프레임 타입의 사례표현은 가장 널리 활용되고 있는 지식표현방법이다. 프레임은 도메인에서 상황 또는 목표를 나타내는 복잡한 유닛이며, 프레임의 속성은 슬롯(slot)으로 표현되며, 슬롯값(slot values)은 값일 수도 있고, 다른 프레임에 대한 포인터(pointer)일 수도 있고, 특정의 기능을 수행하는 첨부된 절차일 수도 있다.
- 1 액티비티 블록을 구성하는 요소들의 정의는 다음과 같다.
  - Activity ID: 액티비티에 일련번호를 부여하는 것으로, 액티비티들을 연결하여 프로세스를 구성하는데 사용된다.
  - Activity Actor: 해당 액티비티에 대해 수행 책임을 갖거나 참여하는 개인, 부서, 또는 조직을 의미한다.
  - Activity Input: 해당 액티비티에 선행하는 액티비티로 Activity Input은 또한 Activity Input과 Activity Output을 갖는다.
  - Activity Output: 해당 액티비티에 후행하는 액티비티로 Activity Output은 또한 Activity Input과 Activity Output을 갖는다.

<표> 액티비티 블록

Activity ID	Activity Name	Activity Actor	Activity Input	Activity Output
A10	건축주 요구사항	정부기관	-	기본설계
A20	기본설계	건축설계자	건축주 요구사항	상세설계
A30	설계심의	정부기관	기본설계	상세설계
.....	.....	.....	.....	.....
An-1	시방서 작성	건축설계자	상세설계	계약도서검토
An	계약도서검토	건축설계자	시방서작성	최종심의

Name, Activity Actor, Activity Input, Activity Output으로 구성되며, 이러한 액티비티들이 조합되어 일련의 업무 프로세스를 구성한다.

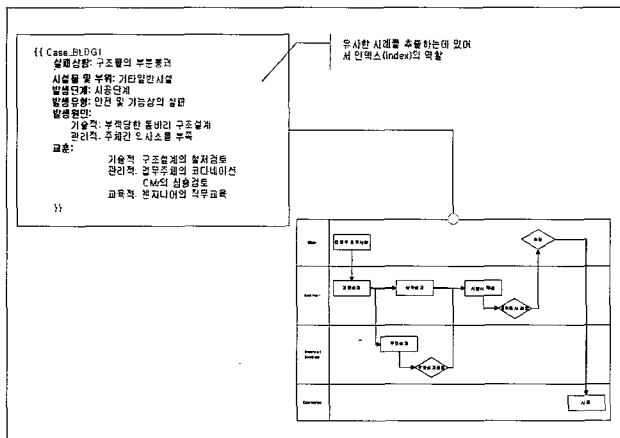


그림 5. 사례베이스의 업무 프로세스 예

4.1.2 참조지식

건설실패정보를 근간으로 건설 프로세스를 재설계하는 과정에서 가장 어려운 것은 대체 프로세스를 생성하는 것이다. 즉, CIMCP에서의 AS-IS 모델을 TO-BE 모델로 변환하는 과정에서, 사례검색을 통해서 추출된 업무 프로세스가 목표 프로세스에 완전하게 부합하지 않을 수도 있기 때문에, 참조지식을 활용하여 목표 프로세스와 가능한 한 완전하게 일치시켜야 한다.

참조지식은 생성된 AS-IS 모델이 목표상황에 완전히 부합하지 않을 경우에 적용되어 TO-BE 프로세스 모델이 용이하게 생성하게 한다. 참조지식은 기술적, 관리적, 교육적인 부분의 세부적으로 나뉘어져 있고, 추출되는 사례는 사례베이스에서의 액티비티 블록과 마찬가지로, Activity Name, Activity Actor, Activity Input, Activity Output으로 구성된다. 프로젝트 팀은 참조지식에 의하여 각각의 범주에 대한 어휘검색을 통하여 프로세스를 보완할 수 있는 세부 액티비티 블록을 추출하고, 조합블록을 생성하는데, 여기서 조합블록은 TO-BE 모델을 생성하는 기초 정보가 된다.

4.2 모형의 정보 흐름

CIMCP의 구축과정에서 정보의 흐름을 IDEF0 모델링 기법을 사용하여 그림 6과 같이 나타낼 수 있다.

건설실패정보를 활용하여 현재의 개선 대상 프로세스에 대한 AS-IS 모델을 생성하고, 이를 바탕으로 건설실패를 예방하는 새로운 프로세스인 TO-BE 모델을 제시하는 개념을 나타낸 것이다.

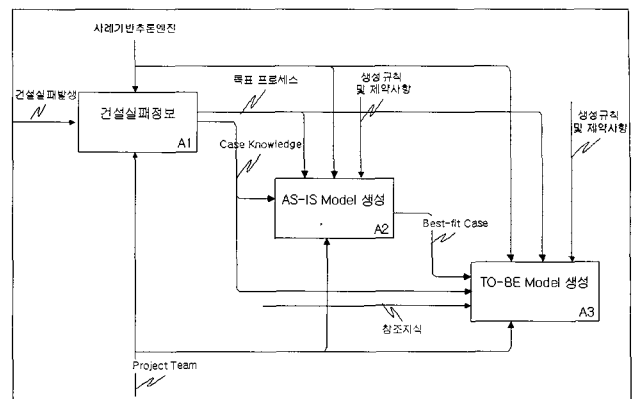


그림 6. CIMCP에서의 정보 흐름

4.2.1 건설실패정보(A1)

건설실패정보와 관련된 과거의 사례들 중에서, 현재의 개선 대상 프로세스의 상황을 반영할 수 있는 적당한 사례를 검색하여, 추출된 사례가 새로운 업무 프로세스 개선에 부합하는 해결책을 제시해 주어야 한다. 각각의 건설실패사례는 인지할 수 있는 특징과 속성을 갖는 다양한 환경을 갖고 있다. 즉, 건설실패가 발생한 건설시설물 및 부위, 발생단계, 발생원인, 교훈등과 같은 정보를 갖고 있다. 그림 7은 건설실패정보를 검색하는 과정을 IDEF0<sup>5)</sup>를 통하여 나타낸 것이다.

건설실패정보(A1)는 건설실패가 발생한 시설물 및 부위, 발생 단계, 발생유형, 발생원인, 및 건설실패의 교훈을 생성하는 기능을 갖는다. 이 단계에서 생성되는 정보들은 사례 베이스에서의 색인의 역할을 하고, 이후의 AS-IS 모델을 생성하는 기초 정보가 된다.

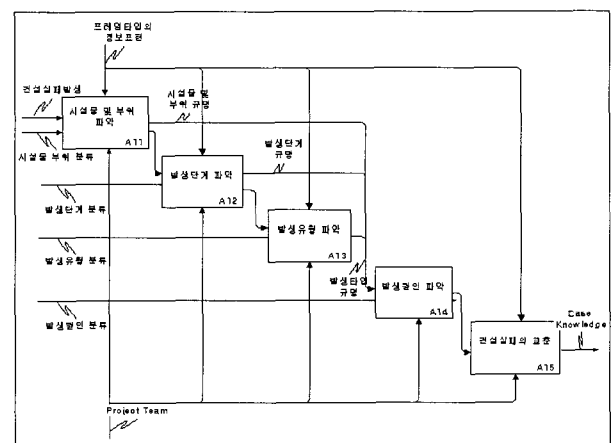


그림 7. 건설실패정보의 정보 규명

5) IDEF0 기법은 조직의 실체를 추상화하여, 조직이나 시스템의 의사결정, 활동을 모델링할 수 있도록 하며, 조직의 활동을 추상적인 단위의 기능으로 표현하여 각 기능간에 연관된 정보 및 자원을 표현할 수 있도록 절차와 언어를 동시에 지원한다.

1) 시설물 및 부위 파악(A11)

이 단계는 프로젝트 팀이 건설실패가 발생한 시설물의 유형, 시설물의 부위를 파악하는 부분이다. 건설실패의 발생상황이 입력되면 이에 대한 정보의 규명이 이루어지고, 이것은 발생단계 및 발생원인 파악의 입력 자료로 활용된다. 예를 들어, 시설물 유형의 분류는 토목 및 공익시설, 산업시설, 행정·상업·보안시설, 후생 및 보건시설, 휴양 및 오락시설, 종교시설, 교육·과학·정보시설, 주거시설, 및 기타일반시설 등으로 구분할 수 있다.

2) 발생단계 파악(A12)

발생단계 파악 부분에서는 건설실패가 발생한 시점을 파악하기 위한 것이다. 시설물 부위 파악 프로세스로부터 정보가 입력되면, 이 단계에서는 건설실패의 발생일시를 규명하게 된다. 예를 들어, 발생일시의 정보분류는 기획, 설계, 시공, 유지관리로 구분된다.

3) 발생유형 파악(A13)

이 모듈에서는 시설물의 건설실패가 어떠한 형태로 나타나는가를 파악하는 단계이다. 발생유형의 분류정보에 의하여 발생유형을 규명은 발생원인 파악의 입력 자료로 활용된다. 예를 들어, 발생유형은 안전상의 실패, 기능상의 실패, 잠재적 실패, 기타 등으로 구분될 수 있다.

4) 발생원인 파악(A14)

건설실패발생에 대한 시설물 및 부위, 발생단계, 발생유형 등에 대한 정보가 수집되고 나면, 건설실패를 야기하는 원인에 대한 규명이 이루어져야 한다. 건설실패의 원인은 건설실패의 교훈에 대한 입력 자료로 활용된다. 예를 들어, 건설실패의 분류는 기술적 원인, 관리적 원인, 복합적 원인으로 구분되어 수집될 수 있다.

5) 건설실패의 교훈(A15)

이 프로세스는 시설물 및 부위, 발생단계, 발생유형, 발생원인의 4개의 단계에서 수집된 정보를 통하여 교훈을 생성하는 모듈이다. 여기서 생성된 건설실패의 교훈은 상기한 4개의 색인과 함께 사례 데이터에 저장된다.

4.2.2 AS-IS 모델의 생성(A2)

이 프로세스에서는 건설실패정보를 근거로 하여, 프로세스가 개선되어야 할 목표 상황(목표 프로세스)을 설정하고, 사례 데이터로부터 목표 프로세스에 가장 부합하는 최적사례를 검색하고, 목표 프로세스의 상황(context)과 검색된 사례와의 관련성(relevance)을 분석한 후에, AS-IS 모델을 생성하는 절차이다. 이 단계에서의 정보의 흐름은 그림 8과 같다.

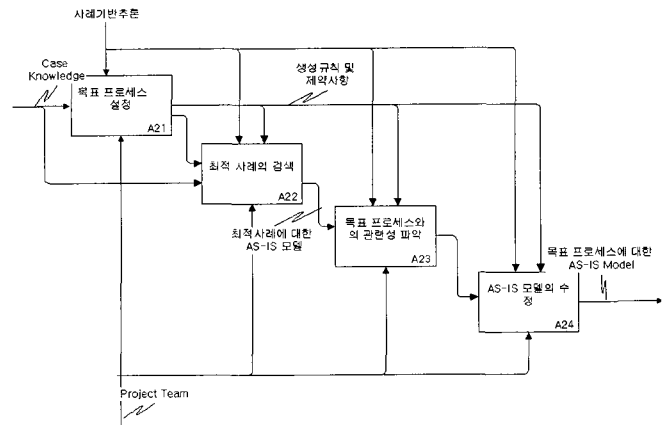


그림 8. AS-IS 모델의 정보 규명

1) 목표 프로세스의 설정(A21)

목표 프로세스는 건설 실패정보를 효과적으로 반영하여 건설실패의 재발을 방지하는데 초점을 맞추어야 한다. 건설실패를 야기하는 기술적, 관리적, 외부적 원인에 대한 정보를 수집·분류하여 건설실패의 교훈을 도출한다. 이러한 교훈은 건설 프로세스의 개선을 위한 목표상황으로서 작용한다. 예를 들어, 건설실패상황이 건축 빌딩의 구조물의 부분 붕괴가 발생하였고, 이것의 원인은 기술적인 부분에서는 부적당한 구조설계이고, 관리적인 부분에서는 주체간의 의사소통부족이라면, 건설실패에 대한 교훈은 구조설계의 철저검토, 업무주체의 코디네이션, CMr의 심층검토, 엔지니어 교육 등이 될 수 있다. 여기서 건설실패의 교훈은 프로세스의 개선을 위한 목표 프로세스가 된다.

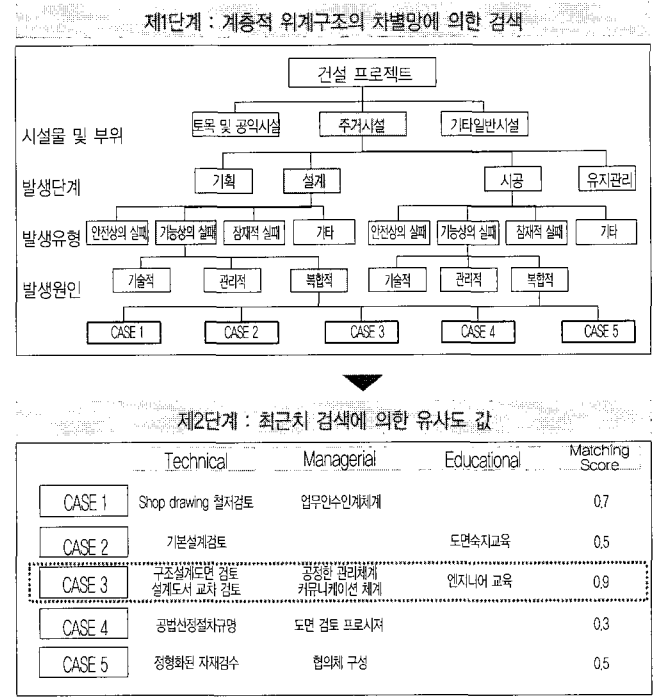


그림 9. CIMCP에서의 사례의 검색 예

2) 최적사례의 검색(A22)

검색 프로세스에서는 사례기반추론을 활용하여 2단계<sup>6)</sup>의 과정을 거치면서 사례베이스로부터 개선 대상 프로세스의 목표상황과 유사한 사례를 찾아낸다. 그림 9는 CIMCP에서 사례를 검색하는 예를 나타낸 것이다<sup>7)</sup>. 검색된 최적사례는 목표 프로세스와의 관련성 파악(A23)의 입력자료로 활용된다.

3) 목표 프로세스와의 관련성 파악(A23)

검색된 최적 사례가 목표 프로세스의 상황(context)을 완전하게 반영하였는지 아닌지를 확인해야 한다. 목표 프로세스의 상황과 최적사례간의 관련성을 계산하여 부합도를 계산하는 단계이다.

4) AS-IS 모델의 수정(A24)

검색된 최적사례가 목표 프로세스의 상황과 정확히 부합한다면, 검색된 프로세스는 별도로 수정 없이 AS-IS 모델이 되고, 그렇지 않다면, 프로젝트 팀은 목표 프로세스 상황에 맞추어 프로세스를 수정하여야 한다. AS-IS 모델에 근거하여, 새로운 액티비티를 추가하거나, 대체하거나, 제거하는 일련의 과정을 통하여 AS-IS 모델을 수정한다. 그림 10에서 보는바와 같이 프로세스의 수정은, 첫째, 현행 프로세스에서 포함되는 업무주체를 파악하고, 둘째, 업무주체의 액티비티를 규명하고, 셋째, 액티비티간의 연관관계를 파악하고, 넷째, 규명된 정보를 근간으로 프로세스를 수정하는 단계를 거친다.

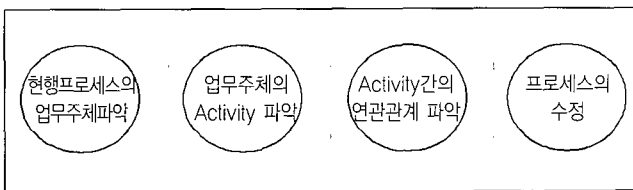


그림 10. AS-IS 모델의 수정

4.2.3 TO-BE 모델의 정보규명(A3)

이 단계에서는 AS-IS 모델과 참조지식을 사용하여 TO-BE 모델을 생성하는 단계이다. 추출된 프로세스가 목표 프로세스를

6) 2단계의 검색과정은 첫째, 계층적 위계구조에서 건설실패상황에 부합하는 사례를 찾기 위해서 차별망(discriminant network) 검색을 통하여 유사한 사례를 찾아내고, 둘째는, 차별망을 통하여 추출된 사례를 대상으로 개선 프로세스의 교환에 대한 최근치(nearest neighbor) 검색을 실시하여 최종적으로 가장 적합한 사례를 선정한다.  
7) 사례검색의 예에서, 건설실패가 발생한 시설물 및 부위는 주거시설, 발생 단계는 설계단계, 발생유형은 기능상의 실패, 발생원인은 복잡적이라면, 차별망 검색에 의해서 5개의 사례가 검색되고, 각 사례의 목표상황(교환)에 대한 유사도 검색을 통하여 가장 유사도가 높은 사례를 선정한다. 예에서는 CASE 3이 목표 상황에 가장 부합하는 사례가 된다.

완전하게 반영할 수도 있지만, 그렇지 않을 수도 있다. 만약 완전하게 부합하지 않는다면, 참조지식을 활용하여 목표 프로세스에 부합하는 액티비티 블록을 도출하고, 프로젝트 팀은 전문가적 판단에 의하여 조합블록을 생성한다. 최종적으로 목표 프로세스의 AS-IS 모델과 조합블록을 조합하여 TO-BE 모델을 생성한다. 그림 11은 TO-BE 모델의 생성 프로세스를 나타낸 것이다.

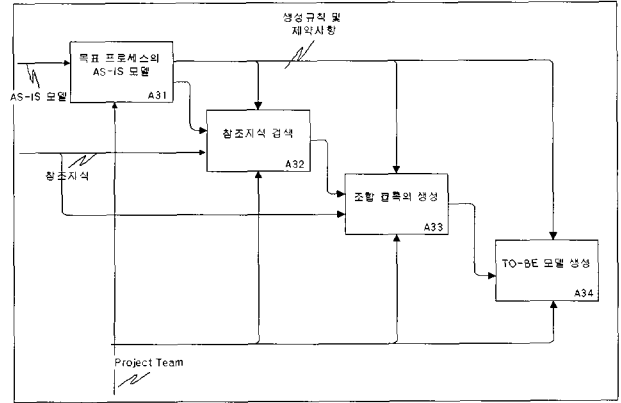


그림 11. TO-BE 모델의 정보규명

1) 목표 프로세스의 AS-IS 모델(A31)

AS-IS 모델에 대한 수정(A24)을 통하여 목표 프로세스에 대한 AS-IS 모델이 생성되는 단계이다.

2) 참조지식 검색(A32)

검색되어 조정된 AS-IS 모델이 목표 프로세스의 상황을 완전하게 반영하지 못하는 경우에는 참조지식에 대한 검색을 통하여 목표 프로세스에 부합하는 액티비티 블록을 생성한다.

3) 조합블록의 생성(A33)

이 모듈에서는 참조지식으로부터 검색된 각각의 액티비티에 대하여, 프로젝트 팀은 경험과 전문가적 지식을 활용하여 액티비티들의 업무주체, 선행·후행 액티비티와의 관계등을 종합적으로 고려하여 조합 블록을 생성한다. 이 프로세스는 TO-BE 모델을 위한 입력자료가 된다. 그림 12는 참조지식의 검색을 통하여 TO-BE 모델을 생성하는 예를 나타낸 것이다<sup>8)</sup>.

4) TO-BE 모델(A34)

이 단계에서는 목표 프로세스의 AS-IS 모델과 조합 블록을 조합하여 목표로 하는 프로세스에 건설실패의 교환이 완전하게 반영되는 TO-BE 모델을 생성함으로써, 건설실패정보를 활용한 건설 프로세스의 개선 업무는 완료된다.

8) 그림 9와 같은 사례의 검색을 통하여 계산된 유사도 값이 1.0이면, 검색된 사례가 별도의 수정없이 TO-BE 모델이 되지만, 1.0 미만이면 참조지식에 대한 검색을 수행하여야 한다. 참조지식으로부터 액티비티 블록을 추출하고, 조합블록을 생성하여 TO-BE 모델을 완성한다.



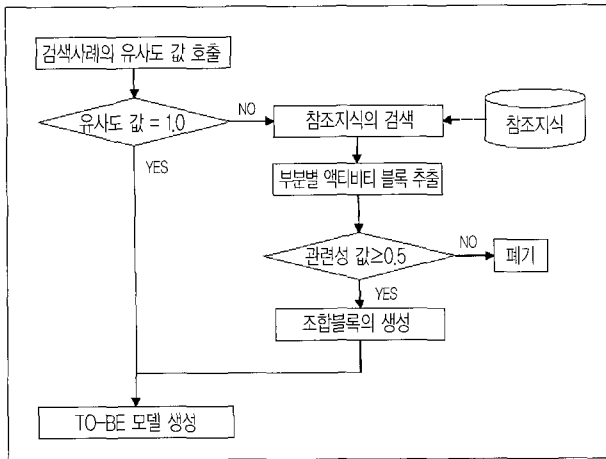


그림 12. TO-BE 모델의 생성 예

### 5. 결론

본 연구는 건설실패정보를 활용하여, 건설실패의 재발을 예방할 수 있는 건설 프로세스의 지속적 개선모형의 개념적 틀을 제시하기 위한 목적으로 수행되었다. 건설실패 관련문헌 연구를 통해 건설실패의 정의, 유형, 원인 및 교훈 등의 건설실패정보에 대한 개념과 건설실패 수집양식을 제안하였고, 건설실패정보, 프로세스 재설계 방법론, 사례기반추론기법을 활용한 프로세스 개선에의 적용가능성을 확인하였다. 그리고 이를 바탕으로 건설 프로세스를 지속적으로 개선할 수 있는 모형의 개념적 틀을 제시하였으며, IDEFO 기법을 활용하여 모형의 구축에 요구되는 정보의 흐름을 규명하였고, 모형에서 요구되는 정보는 크게 건설실패정보, AS-IS 모델, TO-BE 모델의 세 부분으로 구분하였으며, 사례의 검색 및 TO-BE Model의 생성에 대한 개념을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 모형은 건설실패정보, 사례기반추론기법 및 프로세스 재설계 개념을 통합한 프로세스 개선 모형으로써 건설 분야에서는 국내외를 막론하고 이와 같은 연구가 거의 이루어지지 않은 분야에서의 시도라는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

그러나 연구결과의 일반화와 구체화를 위한 보다 심도 있는 후속연구가 요구된다. 본 연구에서 제안하는 향후 연구는 다음과 같다.

- 1) 건설실패는 다양한 시설물, 유형, 단계에 걸쳐서 복합적인 요인에 의해 발생하므로, 실패발생의 메카니즘 분석을 통한 정보의 분류 및 사례의 수집이 요구된다. 또한 기존의 건설 정보 분류체계와 연관된 건설실패정보 분류체계의 구축이 필요하다.

- 2) 사례의 검색, AS-IS 모델, TO-BE 모델, 조합블록의 구축 과정에 대한 규칙 및 제약사항에 대한 구체화가 요구된다.
- 3) 제시되는 모형의 사례연구를 통하여 모형의 적용성 및 타당성에 대한 검증이 요구된다.

### 참고문헌

1. 곽중민, 건설업무절차 재설계를 위한 프로세스 모형화기법 연구, 경상대학교 박사학위논문, 2003
2. 김상일, 비즈니스 프로세스 지식 관리를 위한 사례기반추론 방법론, 한국과학기술원 박사학위논문, 2002
3. 박찬식, 전용석, 신영환, 장내천, "건설실패정보 분류체계 구축에 관한 연구," 한국건설관리학회논문집, 제4권 1호, pp. 97-106, 2003
4. 예태곤, 사례기반 건설안전 관리시스템의 추론모형, 서울대학교 석사학위논문, 1998
5. 장내천, 건설실패정보 시스템 구축에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2002
6. 황순삼, 프로세스의 분석·설계 및 평가를 위한 방법론의 개발과 적용에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 1997
7. Bell, Glenn R., "Failure Information Needs in Civil Engineering," Reducing Failures of Engineered Facilities, ASCE, pp.44-65, 1985
8. Carper, L. Kenneth and Feld, Jacob, Construction Failure, John Wiley & Sons, 1997
9. Chua, D. K. H., Li, D. Z. and Chan, W. T., "Case-Based Reasoning Approach in Bid Decision Making," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.127, No.1, pp. 35-42, 2001
10. Eldukair, Ziad A. and Ayyub, D. M., "Analysis of Recent U.S. Structural and Construction Failures," Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol.5, No.1, ASCE, pp. 57-73, 1991
11. FitzSimon, Neal, "Notes on Statistics of Failures of Constructed Works," Reducing Failures of Engineered Facilities, ASCE, pp.11-13, 1985
12. Hadpriono, Fabian, "Analysis of Events in Recent Structural Failures," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.111, No.7, pp.1468-1481, 1985
13. Horns, H. Murray, "Procedural Changes in Design and Construction to Reduce," Reducing Failures of Engineered Facilities, ASCE, pp.75-83, 1985

14. Janney, Jack R., Guide to Investigations of Structural Failures, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1986
15. Kajihara, Juichirou, Amamiya Goro, and Tetsuo Saya, "Learning From Bugs," IEEE Software, Sept., pp.46-54, 1993
16. Kaminetzky, Dov, Design and Construction Failures, McGraw-Hill, 1991
17. Kartam, Nabil A., "Making Effective Use of Construction Lessons Learned in Project Life Cycle," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.122, No.1, pp.14-21, 1996
18. Kim Roddis, W. M., Bocox, John, "Case-Based Approach for Steel Bridge Fabrication Errors," Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol. 11, No. 2, pp. 84-91, 1997
19. Kolodner, J., Case-Based Reasoning, Morgan Kaufmann, 1993
20. Levy, Matthys and Salvadori, Mario., Why Buildings Fall Down, W.W. Norton, p.264, 1992
21. Leonards, Gerald, "Investigations of Failures," Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.108, No.2, Feb., pp. 187-246, 1982
22. Omura, Kayako, Watanabe, Toshihiko and Konishi, Masami, "Application of Expert System for Quality and Process Design of Steel Plates," IEEE Symposium on Emerging Technologies & Factory Automation, pp. 92-98, 1994
23. Petroski, Henry, To Engineer Is Human, St. Martin's Press, 1982
24. Richter, M. M., "On the Notion of Similarity in Case-Based Reasoning," Mathematical and Statistical methods in artificial intelligence, pp, 171-184, 1995
25. Russell, J. S., "Lessons-Learned and Constructability Review Databases," WISDOT Research #92-07, University of Wisconsin-Madison technical Report 116, 1994
26. Soibelman, Lucio, Liu, Liang Y., Kirby, Jeffrey G., East, E. William, Caldas, Carlos H and Lin, Ken-Yu, "Design Review Checking System with Corporate Lessons Learned," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.129, No.5, 2003
27. The Technical Council on Forensic Engineering of ASCE, Guidelines for Failure Investigation, ASCE, 1989
28. Thorton, Chales H., "Failures Statistic Categorized by Cause and Generic Class," Reducing Failures of Engineered Facilities, ASCE, pp.14-23, 1985
29. Vandeville, Joseph V. and Shaikh, Muzaffar, "A Structured Approximate Reasoning-Based Approach for Gathering Lessons Learned Information from System Development Projects," Systems Engineering, Vol.2, No.4, pp.242-247, 1999
30. Wardhana, Fabin, "Study of Recent Building Failures in the United States, Journal of Performance of Constructed Facilities, ASCE, Vol.17, No.3, pp.151-158, 2003
31. Weber, R., Aha, David W. and Becerra-Fernandez, I., "Intelligent Lessons Learned Systems," Expert Systems with Applications, No. 17, pp.17-34, 2001

### Abstract

The construction failures can be decreased by continuously improving the construction process based upon the information of construction failures. Herein, the information of construction failures can be utilized as the key factor for identifying the ineffective process and providing the improved construction process that can prevent failures. The objective of this research is to suggest a model for improving construction process continuously by using the information of construction failures. An extended review and analysis of literatures related to the construction failure are performed to investigate the definition, type, cause, and lesson learned of failure. This research also identifies that process modeling methodology and case-based reasoning are applicable to the construction process improvement, and then it suggests a framework of CIMCP(continuous improvement model of construction process) based on the module of case-based reasoning such as case retrieval, case index, and case adaptation.

**Keywords** : Construction Failure, Construction Failure Information, Process Improvement, Case-based Reasoning