

연구보고서

토건연94-2-23

건설현장의 유동성 대응을 위한 안전정보시스템 실용화 연구

-건설안전 정보시스템 모형의 개발-

1994. 12. 31



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 “94산업안전연구사업”의 일환으로 수행한 “건설현장의 유동성 대응을 위한 안전정보시스템 실용화 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

1994. 12. 31.

주관연구부서 : 산업안전연구원
토목건축연구실

연구수행자 : 책임연구원 안홍섭
연구참여자 : 책임연구원 박일철
선임연구원 최순주

요 약 문

모든 산업재해의 근본원인에는 관리상의 결함이 선행하며 건설재해의 방지도 안전관리 수준의 향상이 근원적 대책이 될 수 있다. 의사결정을 본질로 하는 관리업무에는 정보가 필수적이며 건설현장의 안전관리 수준도 안전정보를 효과적으로 활용함으로써 대폭 개선이 가능하다.

그러나 건설산업의 안전정보는 고정적 생산방식인 제조산업 위주의 양식으로 제공되고 있어 공사현장의 유동적 작업상황을 제어하는 데는 부적합하며, 효과적 안전정보의 활용을 위해서는 흩어져 있는 기존의 안전정보를 구조화하여 저장하고, 구체적인 작업상황에 필요한 정보만을 조직화한 지식의 형태로 제공할 수 있는 안전지식 소통도구를 필요로 한다. 본 연구는 정보의 활용을 통하여 건설재해 방지에 기여할 수 있는 지능형 건설안전정보시스템의 개발을 위한 2단계 연구로서 건설안전지식의 전산표현방법과 정보시스템의 모형을 제시하기 위하여 수행되었다.

대상영역인 건설작업 안전지식의 분석에는 객체지향방법을 응용하여 개념적 모형을 구성하고, 객체와 규칙의 상호작용에 의한 복합형 지식표현방법을 이용하여 시스템의 개념적 모형을 구축하였으며, 구축된 모형의 타당성은 범용의 지능형시스템 구축도구를 이용하여 검증하였다.

제시된 모형은 객체의 상호관계로 다양한 건설작업을 표현하는 작업상황 모형, 사고규칙으로 객체의 위험속성을 평가하여 작업에 내포된 위험을 분석해주는 사고상황 모형 및 위험제어규칙으로 위험제어의 우선순위에 따라 분석된 위험에 대한 제어수단을 제시해주는 제어상황 모형의 통합으로 구축이 가능하였으며, 제시된 지식모형으로 개선된 안전정보 제공기능은 다음과 같다.

(1) 안전정보를 공사현장의 수요자 입장에서 작업별, 사고요인별 및 위험의 유형별로 제공하여 건설현장의 유동적 상황을 지속적이고 종합적으로 관리할 수 있다.

(2) 모형의 지능작용은 위험을 인지하게 해주고 위험의 제어수단을 제시해주는 안전

정보의 두가지 기능을 동시에 지원하며, 안전정보를 조직화된 지식의 형태로 제공하여 기존의 점검표 위주의 안전관리에서 발생할 수 있는 대책의 누락을 방지할 수 있다.

(3) 객체와 규칙표현에 의한 안전정보의 독립성은 정보의 중복 저장을 최소화하며, 어떠한 정보에도 직접 접근이 가능하게 해준다. 또한 한번 생성된 정보는 재사용이 가능하며, 기존 지식기반도 용이하게 갱신하고 확장할 수 있다.

연구의 수행 결과, 건설안전지식의 표현에는 객체와 규칙을 결합한 복합형 지식표현 방법이 유용함을 확인할 수 있었다. 제안된 지식표현방법의 실용화를 촉진시키기 위해서는 객체를 손쉽게 추가하고 위험의 분석 및 제어에 필요한 규칙을 자동으로 생성하여 지식기반 구축에 드는 노력을 절감할 수 있는 방법에 대한 후속 연구가 요망된다. 이밖에 객체지향 사고정보 데이터베이스의 구축에 의한 객체 속성의 공유와 퍼지 논리, 확실성 지수, 베이지안 추론 등 확률개념에 의한 위험의 빈도 및 정도에 대한 정량적 정보제공 방안에 관한 연구는 제시된 시스템의 표현력을 강화시키는데 기여할 것이다.

□ 주요어 : 건설안전관리, 안전정보, 지식표현, 지능형 건설안전정보시스템, 객체지향방법, 위험소통도구

목 차

제1장 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 목적	3
3. 연구 기간	4
4. 연구 방법 및 범위	4
제2장 건설안전정보의 표현 및 모형화 방법	7
1. 건설재해와 안전정보	7
가. 건설재해의 근본원인	7
나. 안전정보의 역할	9
다. 건설안전정보 소통의 문제점	11
2. 정보기술 활용을 위한 기존 연구	15
가. 정보처리 기술	15
나. 건설재해 방지를 위한 연구	17
다. 안전정보의 활용을 위한 연구	19
라. 기존 연구의 한계	21
3. 정보시스템의 구현 방법	22
가. 정보시스템 접근 방법	22
나. 지식표현 방법	27
다. 지능형 시스템의 구현 도구	32
제3장 건설안전정보의 표현	35
1. 건설안전정보시스템의 요건	35
가. 건설안전정보의 체계	35
나. 위험제어원칙	40
다. 지능형 정보시스템의 요구 기능	42

2. 작업상황의 표현	42
가. 건설작업분류체계	42
나. 건설작업의 표현	44
3. 사고상황의 표현	45
가. 사고정보체계	45
나. 작업위험분석	48
다. 사고인자와 작업자원의 대응	51
4. 제어상황의 표현	53
가. 건설안전지식의 저장	53
나. 안전지식의 참조	55
5. 건설안전 정보시스템의 개념적 모형	59
 제4장 건설안전정보시스템 모형 구축	61
1. 작업상황모형	61
가. 객체의 유형 및 상호관계	61
나. 객체의 내부구조	65
다. 작업상황의 표현	66
2. 사고상황모형	69
가. 사고인자의 위험속성	69
나. 작업위험의 추론	70
다. 사고정보의 활용	76
3. 제어상황모형	78
가. 위험제어수단의 위계	78
나. 위험제어수단의 추론	80
4. 모형의 통합	84
 제5장 모형의 검증	86
1. 검증방법 및 대상지식	86
가. 검증의 범위 및 도구	86

나. 지식의 선정 및 획득	87
2. 철골작업 안전지식의 표현	89
가. 철골작업 추락방지 지식	89
나. 철골작업상황의 표현	92
다. 사고규칙 및 제어규칙의 작성	96
3. 검증결과	99
가. 추론 과정	99
나. 결과의 분석	104
제6장 결 론	106
참 고 문 헌	109
부 록:모형검증 자료	117
(1) 추락방지 지식	119
(2) 자료 유형(DATA TYPE LISTING)	119
(3) 부류 및 객체(CLASS AND OBJECT LISTING)	120
(4) 메타 슬롯(META SLOT LISTING)	128
(5) 규칙(RULE LISTING)	130
(6) 추론전략(STRATEGY LISTING)	133

표 목 차

<표 1-1> 1992년도 건설재해 현황	1
<표 2-1> 정보시스템 접근방법의 우선관점 비교	24
<표 2-2> 지식표현방법의 비교	29
<표 2-3> 지식기반 시스템 구축도구의 기능 및 특징 비교	34
<표 3-1> 건설안전작업지침의 주요 내용	36
<표 3-2> 건설작업의 위계적 분류	44
<표 3-3> 산업재해통계의 내용	47
<표 3-4> 사고정보의 내용	49
<표 4-1> 위험의 분류	75
<표 4-2> 위험제어전략	80
<표 5-1> 건설업 중대재해의 직종별 피해자 분포	88

그 립 목 차

<그림 1-1> 지능형 건설안전정보시스템 실용화 연구 개요	4
<그림 1-2> 연구의 흐름도	6
<그림 2-1> 사고발생이론의 수정	8
<그림 2-2> 건설재해 방지를 위한 안전정보와 정보시스템의 역할	11
<그림 2-3> 죽중공무점(일본)의 안전정보시스템(AIS)	13
<그림 2-4> 국내 건설업체의 건설안전정보 소통 체계	14
<그림 2-5> 건설안전관리의 특성 및 안전정보 요건에 대한 대안	18
<그림 2-6> 시스템 개발과정별 모형	22
<그림 2-7> 실세계의 모형화 과정	23
<그림 2-8> 객체지향방법과 전통적 방법의 비교	25
<그림 2-9> 객체의 내부구조	26
<그림 2-10> 건설안전지식의 객체지향 모형화 과정	27
<그림 2-11> 복합형 지식표현에서 객체와 규칙의 관계	32
<그림 3-1> 건설작업 관련 안전기준의 체계 및 주요 내용	38
<그림 3-2> 건설안전정보의 체계	39
<그림 3-3> 건설안전지식의 속성별 참조 기능	39
<그림 3-4> 위험제어 과정	40
<그림 3-5> 위험제어 과정과 안전정보시스템의 기능	41
<그림 3-6> 건설작업의 자원 조합	45
<그림 3-7> 재해조사체계	46
<그림 3-8> 작업위험분석 4단계	50
<그림 3-9> 작업위험분석에 의한 안전지식의 참조	51
<그림 3-10> 사고인자와 작업자원의 대응 관계	52
<그림 3-11> 건설안전지식의 속성과 분류체계에 의한 조직화	53
<그림 3-12> 건설안전지식의 저장 과정	54
<그림 3-13> 사고요인과 안전대책의 관계	55

<그림 3-14> 분류체계에 의한 정보의 저장 및 검색	56
<그림 3-15> 다차원 분류체계에 의한 안전정보 검색	56
<그림 3-16> 다차원 분류체계에 의한 지식기반의 접근방법	57
<그림 3-17> 건설안전지식의 저장 및 검색 과정	58
<그림 3-18> 건설안전 정보시스템의 개념적 모형	59
<그림 4-1> 건설작업의 객체화	62
<그림 4-2> 작업자원의 상호관계	63
<그림 4-3> 작업과 자원의 조합 관계	64
<그림 4-4> 작업 자원의 위계관계	64
<그림 4-5> 철골작업의 자원조합	65
<그림 4-6> 작업 객체의 속성	66
<그림 4-7> 자원 객체의 속성	67
<그림 4-8> 객체 속성에 의한 작업상황의 표현	68
<그림 4-9> 철골작업 상황의 표현	68
<그림 4-10> 사고발생기구의 단순화	69
<그림 4-11> 철골작업의 속성 표현	71
<그림 4-12> 상태와 행태에 따른 사고 유형	72
<그림 4-13> 사고 요인의 영향 범위	73
<그림 4-14> 객체지향 데이터베이스의 접근 방법	78
<그림 4-15> 위험제어 수단의 체계화	79
<그림 4-16> 위험의 인지 및 제어 과정	81
<그림 4-17> 사고상황과 제어상황의 연계	83
<그림 4-18> 지능형 건설안전정보시스템의 모형	85
<그림 5-1> 추락제어설비의 분류	89
<그림 5-2> 철골작업 객체의 생성	93
<그림 5-3> 작업 객체의 위계구조 및 속성 계승	94
<그림 5-4> 작업자 객체의 위계구조 및 속성 계승	95
<그림 5-5> 미지 사실의 결의 및 입력	96
<그림 5-6> 추락위험 제거규칙의 작성	97

<그림 5-7> 규칙의 실행	98
<그림 5-8> 규칙의 열람	99
<그림 5-9> 추론 제어	100
<그림 5-10> 규칙의 추론 과정과 규칙망 관찰기	103

제1장 서 론

1. 연구 배경

건설생산활동의 궁극적 목적이 인간의 복지 증진에 있음에도 건설 근로자는 생산의 수단으로 전락하여 인간의 복지는 경시되고 있다. 건설산업이 국민총생산 이나 취업자수에서 차지하는 비중은 10% 미만에 불과하나 재해자수는 전산업 재해자수의 1/3에 이르고 있다. 재해로 인한 경제적 손실도 1992년도의 경우 <표 1-1>에 나타난 바와 같이 산재보험금을 기준한 직접손실액은 3,703억원으로 전산업 손실의 40%를 점유하였으며, 간접손실을 포함한 총손실액은 약 2조원으로 정상적인 기대이윤을 상회하여 건설생산활동의 의의 자체를 재고해야 할 상황에 있다.

<표 1-1> 1992년도 건설재해 현황

구분	취업자 수 (천명)	산 업 재 해 분 석				산재보험 지급액 (억원)	상대 재해율 (재해자수/ 취업자수 비율)
		산재보험 해당자수	산재해 당율(%)	재해자 수(명)	재해율 (천인율)		
전산업 (%)	18,100 (100)	7,058 (100)	39.0	107,435 (100)	15.22	9,316 (100)	100
제조업 (%)	4,130 (22.8)	3,225 (45.7)	78.1	47,624 (44.3)	14.76	3,150 (33.8)	194.4
건설업 (%)	1,461 (8.1)	1,911 (27.1)	130.8	36,255 (33.7)	18.97	3,703 (39.7)	418.1

[출전] 취업자수:통계청, 1992 고용구조 조사보고서, 1993. 12.
산업재해통계:노동부, '92산업재해분석, 산재보험사업년보.

그러나 건설재해 방지를 위한 국가적 노력에도 불구하고 재해감소의 성과는 부진하며 위험한 작업환경과 전근대적 작업방법은 크게 개선되지 않고 있는데, 이는 재해방

지활동이 종합성과 지속성이 요구되는 활동임에도 불구하고 경험이나 직관에 의존한 사고처리 위주의 비과학적이고 피동적 안전관리로 일관하고 있기 때문이다. 근로자의 복지를 증진시키고 생산의 수단에서 목적으로서의 인간 본연의 위상을 회복시키기 위해서는 기존의 건설재해 방지를 위한 대책에 대한 근원적 재검토가 요청되고 있다.

재해방지 활동의 기본은 효과적 위험소통에 있으며, 모든 재해의 근본원인에는 '관리상의 결함'이 선행한다. 따라서 건설재해도 생산조직상의 공사관리자가 안전관리업무를 효율적으로 수행함으로써 예방이 가능하며, 관리업무의 본질은 정보처리업무로서 안전관리수준도 관리자가 활용할 수 있는 정보의 질에 좌우된다. 즉, 재해방지 활동에 필요한 안전정보의 제공은 모든 재해방지 활동에 우선하며, 단순재해와 유사재해의 반복발생을 특징으로 하는 건설재해의 예방에도 새로운 지식의 창출이전에 기존 안전지식의 효율적 활용이 선결과제이다.

그러나 건설산업의 안전정보는 제조업 지향으로 산재되어 접근이 용이한 형식으로 한곳에 집적되어 있지 못하며, 안전정보의 소통도 대부분이 시간과 장소의 제약이 따르는 집합교육과 단편적이고 고정적인 유인물에 의존하고 있다. 따라서 정보를 찾는 사람의 입장에서 필요한 내용에 바로 접근할 수 있는 정보원은 아직 존재하지 않고 있으며, 기존의 정보를 이용하여 필요한 정보를 재생산하는데도 많은 비용과 노력이 소모되고 있다. 즉, 기존의 안전정보 및 정보의 전달 매체로는 다양한 공사현장의 수시로 변화하는 작업상황을 제어하는데는 부적합하며, 일선현장의 공사관리자는 재해방지에 필요한 건설현장의 특성에 적합한 정보를 제대로 제공받지 못하고 있다. 특히 재해방지활동이 가장 취약한 전문건설업체나 소규모현장과 같은 조직에 적합한 포괄적인 정보체제는 아직 존재하지 않고 있으며, 안전정보의 효과적 소통을 위한 연구도 극히 부진하였다.

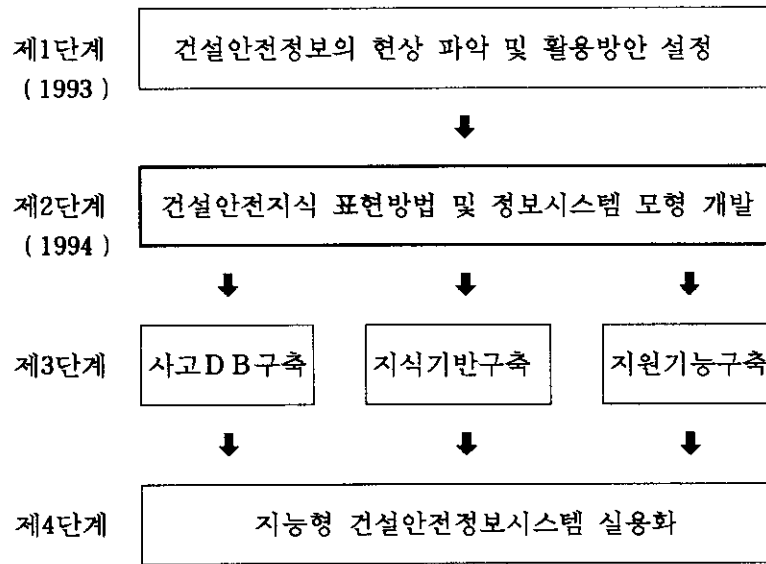
결국, 안전정보의 결핍은 건설재해의 근원중의 근원이라 할 수 있으며, 안전정보를 효율적으로 저장하고 검색할 수 있는 소통도구의 제공은 건설재해 방지의 근원적 대책이 될 수 있다.

2. 연구 목적

건설작업은 작업환경, 자원, 조직, 작업인원 등이 계속 변하는 유동적 특성을 가지고 있으며 작업의 위험도 가변적이다. 따라서 현장의 공사관리자가 이러한 상황을 효과적으로 관리하기 위해서는 작업과정과 연계된 공정위주의 정보제공이 필요하며, 구체적인 작업상황에 필요한 정보만을 적시에 쉽게 참조할 수 있어야 한다.

건설공사의 유형이나 작업공정은 다양하지만 유사하거나 동일한 요소가 많기 때문에, 이들을 구성요소로 분해해보면 정보의 중복이 심하며 공통으로 활용가능한 부분도 많다. 즉, 기존의 안전정보를 구조화 및 조직화하여 지식기반에 저장하고 지능작용을 이용하여 검색함으로써, 현장의 작업상황에 따라 산재된 안전정보중에서 필요한 정보만이 조합된 지식의 형태로 참조할 수 있으며, 정보의 중복 저장도 최소화할 수 있다.

따라서 본 연구는 유사하거나 동일한 요소가 많으면서도 제조업 위주로 산재된 단편적 안전정보를 건설공사의 유동적 속성에 적합하게 조직화하여 저장하고 추론기능을 통하여 검색함으로써, 구체적인 현장작업상황에 필요한 정보만을 지식의 형태로 활용할 수 있는 지능형 건설안전정보시스템의 실용화를 위한 연구의 일환으로 수행되었다. 제1단계 연구는 “건설현장의 유동성 대응을 위한 정보화 방안에 관한 연구”로 건설현장의 안전정보 활용실태 파악과 연구방향의 설정을 위하여 1993년도에 수행되었다. 본 연구는 여기에 이은 제2단계 연구로서 지능형 건설안전정보시스템의 개발에 필요한 안전지식의 전산표현방법으로 건설안전정보시스템의 개념적 모형을 구축하는데 그 목적이 있다. 후속 연구로서 물리적 시스템의 구현을 위한 연구가 계속되어야 하며 전체 연구의 개요는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 지능형 건설안전정보시스템 실용화 연구 개요

3. 연구 기간

1994. 1. 1. - 12. 31

4. 연구 방법 및 범위

정보시스템의 개발과정은 실세계의 대상 영역을 분석하여 모형화하는 작업으로서, 개념적 모형을 구성하고 이를 논리적 모형으로 발전시켜 물리적 모형을 구현하는 과정으로 이루어진다. 따라서 본연구의 범위는 연구의 목적에서 밝힌 바와 같이 건설안

전 정보시스템의 논리적 모형을 제시하는 것으로 한정한다. 또한 정보시스템의 모형 구축을 위한 대상지식의 범위는 현장시공단계에서 필요한 안전지식으로 하며, 안전의 대상은 현장의 근로자로, 안전의 수단은 제 사고요인중에서 물적 요인의 제어를 위한 기술적 대책을 중심으로 한다.

안전정보시스템의 원형 개발을 위한 건설안전지식의 분석 및 모형화 방법은 객체지향 방법을 응용하며, 모형의 표현에는 객체지향 지식표현방법과 규칙표현방법을 결합시킨 복합형 지식표현방법을 채택한다. 정보시스템의 모형구축을 위한 연구의 진행 과정은 다음과 같으며, 이를 도식화하면 <그림 1-2>와 같다.

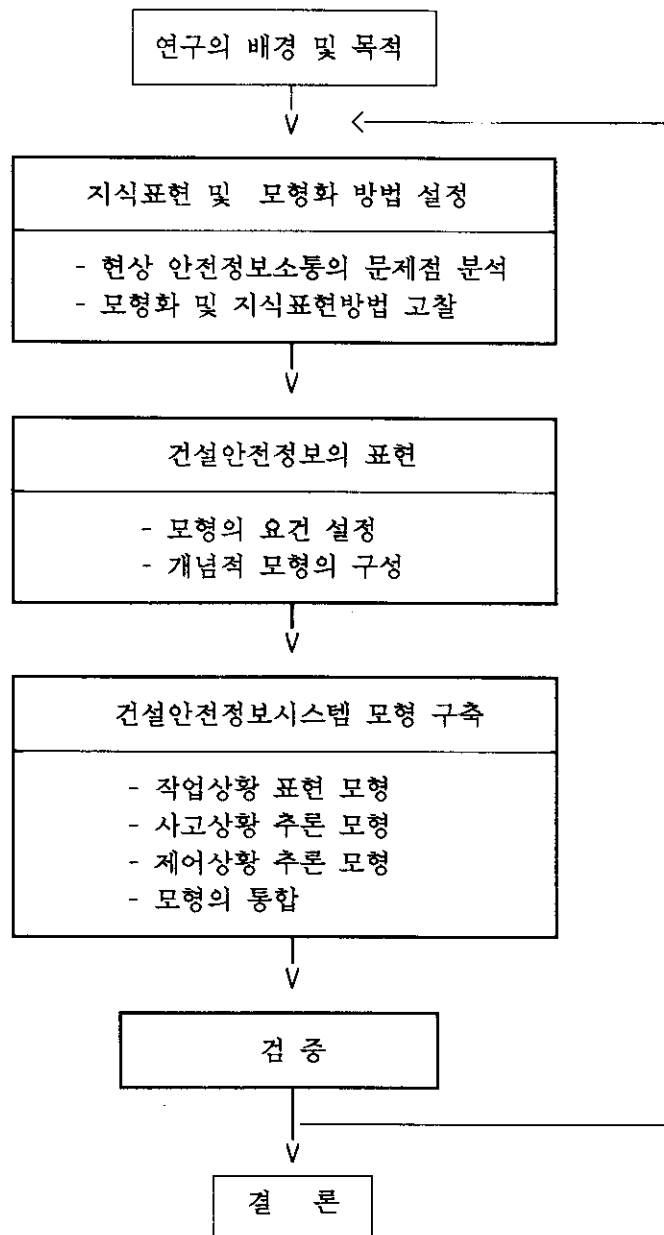
(1) 재해의 근본원인과 건설작업의 특성을 고려한 기존 안전정보 소통의 문제점을 도출하고, 활용이 가능한 정보처리 기술과 기존 연구결과에 대한 고찰을 통하여 건설안전지식에 적합한 모형구축 및 안전지식 표현방법을 정립한다.

(2) 건설안전지식의 체계분석 및 사고방지원리에 대한 고찰을 통하여 모형의 요건을 설정하고, 지식의 저장 및 추론 기능을 분석하여 건설안전정보시스템의 개념적 모형을 설정한다.

(3) 정립된 방법에 따라 작업상황 모형, 사고상황 모형, 제어상황 모형 순으로 모형을 구축하고 이상의 모형을 통합하여 건설안전정보시스템의 모형을 완성한다.

(4) 범용 도구를 이용하여 구체적 작업상황을 대상으로 완성된 모형의 표현력과 추론 기능을 검증한다.

(5) 이상의 결과를 종합하여 지능형 건설안전정보시스템의 원형을 제시한다.



<그림 1-2> 연구의 흐름도

제2장 건설안전정보의 표현 및 모형화 방법

1. 건설재해와 안전정보

가. 건설재해의 근본원인

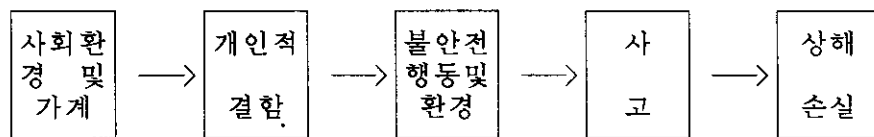
아직까지도 건설산업에서는 재해의 원인을 작업환경의 가변성, 작업자체의 위험성, 공사계약의 일방성, 고용의 불안정과 근로자의 유동성, 신공법의 채택, 하도급생산체계 등 건설산업의 특수성에 기인하는 것으로 인식하여 왔으며, 어느 정도의 재해발생은 필연적인 것으로 간주되었다. 또 산업 자체가 최근까지도 이러한 건설공사의 특수성을 극복하고 위험을 제어하여 건설안전관리 기능을 개선하는데는 매우 소극적이었다고 할 수 있다.

건설산업의 특수성을 정리하기 위해서는 건설상품의 특성부터 고찰한 필요가 있다. 건설물의 상품으로서의 특징은 부동산성, 종합산업으로서의 복잡성, 높은 내구성, 막대한 투자비용, 높은 사회적 책임과 규제 등을 들 수 있다[Nam;1989]. 생산공장으로서 건설현장은 건설상품과는 반대로 불연속성, 불확실성, 비반복성 및 유동성을 특징으로 하며 관리업무과정에서 필수적인 의사결정이 어려운 산업중의 하나이다[Lifson;1983]. 건설상품의 부동산성은 생산조직 및 설비의 이동에 의한 현장중심의 일회적 조립생산 방식을 요구하고 있다. 따라서 지질, 지형조건, 기상조건 등에 따른 작업의 환경지배성이 강하여 작업환경을 조절하기 어렵고, 작업위치와 작업내용도 수시로 바뀌어 사고의 위험성도 다양하고 가변적이다. 건설작업은 작업위치의 이동에 따른 환경 변화, 작업형태의 공동, 연합 및 협동, 작업구조의 표준화 정도와 작업원에 대한 교육이 미흡하여 항상 위험이 잠재하고 있으며, 특히 공사현장의 굴착 또는 비계조립작업 등의 경우는 근로자의 숙련도나 작업위치에 관계없이 보통의 상태에도 위험성은 상존하고 있다.

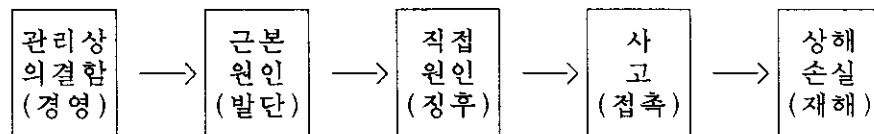
또한 건설산업에서는 위험의 분산을 위하여 생산과정과 생산조직을 수직적 및 수평

적으로 분절 또는 전문화시켜 역할을 분담하고 있다. 예를 들면 일부 턴키공사를 제외한 대부분의 공사는 설계와 시공을 별개의 회사가 수행하며, 시공단계는 다시 종합건설업의 관리감독기능과 전문공사업의 직접시공기능으로 분리되어 있으며, 직접시공기능은 또다시 다단계하도급 생산구조로 분담 수행되고 있어 일관된 관리체제의 확립을 어렵게 하고 있다. 따라서 건설생산시스템을 제조산업의 생산시스템과 비교하면 상품의 생애주기는 제조산업 연속적임에 반해서 건설산업은 일회적이며, 생산조직은 제조산업이 고정적임에 비해서 건설산업은 유동적으로서 총체적인 생산활동은 제조산업이 정적임에 비해서 건설산업은 동적인 속성을 갖는다. 즉, 건설재해방지를 위한 수단에도 이러한 건설작업의 특수성이 반영되어야 하나 실재는 그렇지 못한 것으로 사료된다.

건설산업의 높은 재해율은 일차적으로는 앞에서 고찰한 건설산업 자체의 특수성에 기인하지만 더 근본적인 원인은 사고발생의 인과관계를 나타내는 사고발생기구에서 찾을 수 있다. 사고발생의 인과관계를 최초로 규명한 하인리히(Heinrich, H. W.;1959)도 그의 전통적 도미노이론에서 사고발생의 원인이 사회적인 풍토나 개인의 유전적 특성에 있다고 보았다. 그러나 버드(Bird, F. E.;1973)는 <그림 2-1>과 같이 기존의 이론을 수정하여 모든 재해의 근본원인이 '관리상 결함'에 있다고 봄으로써 오늘날 산업안전관리를 위한 이론적인 기초를 마련하였다.



(가) 하인리히의 전통적 도미노이론



(나) 버드의 수정된 도미노이론

<그림 2-1> 사고발생이론의 수정

즉, 실제로 건설재해의 직접원인이 될 수 있는 건설업 자체의 특수성, 현장 근로자의 행위, 현장의 작업조건, 불안정한 공법이나 작업순서등이 안전관리의 궁극적인 대상이라고 보기 쉽지만 모든 재해에서 '관리상 결함'이 이들보다 선행하는 근본적인 문제점이라는 것이다. 따라서 '관리상 결함'을 제거하는 것이 더 근원적인 사고방지 대책이라고 볼 수 있으며 재해방지 노력의 성과를 가장 극대화시킬 수 있는 안전관리의 전략이 될 수 있다.

나. 안전정보의 역할

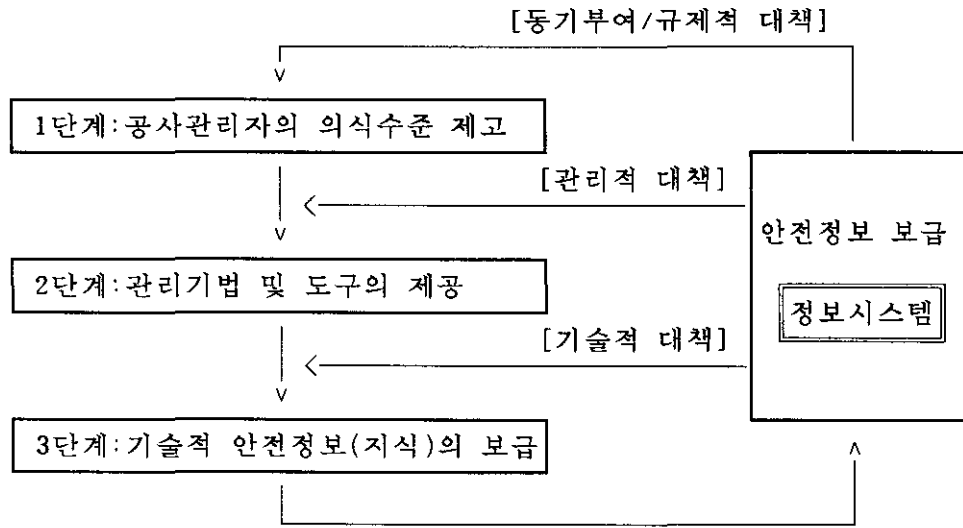
생산활동에 있어서 정보는 생산 그 자체에 필요한 필수요소이며 생산은 정보의 수집, 가공, 전파 및 이용에 종속되어 있다. 생산시스템으로서의 건설공사도 눈에 보이는 '물자의 흐름'과 물자의 흐름을 제어하는 '정보의 흐름'으로 이루어 진다. 생산활동으로서의 관리업무는 생산과정을 제어하는 것이며 그 본질은 정보처리업무로서 관리수준도 활용되는 정보의 질에 좌우된다.

본 연구에서는 자료, 정보 및 지식의 의미를 다음과 같이 구별하여 사용한다. 자료는 사실이나 사건을 비구조적이고 무작위적으로 모은 것을 의미하며, 이러한 자료를 사용자에게 의미 있는 것으로 구조화한 것을 정보라 한다. 지식은 사용자에 의해 지각되고 인지과정에서 처리된 후 기억속에 저장되어 상상, 직관, 사고를 위해 사용할 수 있도록 조직화된 정보로 정의한다[이한석;1992]. 즉, 정보는 서로 상관관계가 부여되지 않은 상태이며 정보를 논리적 상관관계로 조직화하여 연결된 것이 지식이다[이석호;1992]. 사고기록을 예로 들면 발생일시, 재해자 직종, 기인물등이 각기 따로 존재할 때는 의미가 없는 '자료'의 상태이며, 이러한 자료가 언제 어떤 직종의 근로자가 무슨 기인물에 의해서 재해를 당했다고 구조화되었을 때 사고를 알리는 '정보'가 된다. 이 정보가 다시 기인물의 어떠한 상태나 움직임이 사고를 유발시켰는지가 자연법칙이나 경험에 의해서 논리적으로 연관지어질 때 '지식'으로 활용될 수 있다. 따라서 본 연구의 '건설안전정보'는 건설공사의 수행에 필요한 제반 지식이나 정보중에서 건설재해 및 이의 예방과 관련된 정보로 정의하며 '건설안전지식'은 이러한 정보가 조직화된 상태로 정의한다.

사고는 위험성에 대한 무지에서 발생하며, 안전확보의 첫단계는 과거 사고정보를 제공하여 위험을 인지하게 하고 이를 제어할 수 있는 정보를 제공하는 것이다. 따라서 안전정보를 쉽게 활용할 수 있도록 도와주는 것은 재해방지에 직접적 효과가 있으며, 모든 재해방지활동은 안전지식의 실천이라고 볼 수 있다. 이러한 측면에서 보면 안전관리도 사고발생의 원인 및 과정을 규명하여 그 원인을 제거하고 재해를 예방해 주는 안전정보를 체계적으로 관리하는 정보관리로 간주할 수 있다.

안전정보의 이와같은 기능을 고려할 때, 재해의 근본원인인 '관리상 결함'을 제거하기 위해서는 안전정보의 활용에 의한 건설안전관리 수준의 향상이 필수적이라고 할 수 있다. 제1단계의 연구의 조사결과[안홍섭;1993]에 의하면 우리나라의 건설안전관리의 주요 장애요인은 공사관리자의 낮은 안전의식, 관리기법 및 도구의 부재 및 기술적 대책의 부족으로 나타나고 있으며, 이것은 최근 현장에서 안전교육이 강화되고 있음에도 불구하고 결국 건설현장에서 필요하고 적합한 안전정보가 제대로 공급되거나 활용되지 못하고 있다는 것을 의미한다. 그러나 안전정보의 효율적 활용의 중요성은 건설재해 방지를 위한 대책의 우선순위에서 간과된 채 건설공사와는 근본적인 차이가 있는 일반 제조산업에서 통용되는 안전관리업무의 강화만을 요구하고 있는 것이 우리 건설현장의 실정이다.

따라서 건설재해의 근원적인 방지를 위해서는 건설현장에 적합한 안전정보를 원활하게 소통시킬 수 있는 도구가 필요하며 이를 활용함으로써 건설안전관리 수준을 향상시키고 결국 건설재해의 근본 원인이 되는 '관리상 결함'을 제거해 나가는 것이 무엇보다도 필요하다. 제1단계 연구에서 안전관리수준 향상방안으로 제시한 <그림 2-2>는 이와 같은 건설현장에서 안전정보의 역할을 활용단계에 따라 표시한 것으로, 안전정보 소통 도구로서 정보시스템의 역할을 아울러 나타내고 있다.



<그림 2-2> 건설재해 방지를 위한 안전정보와 정보시스템의 역할

다. 건설안전정보 소통의 문제점

산업안전 분야의 정보화는 건설산업보다는 주로 일반 제조산업에서 활발히 추진되고 있으며, 그 추세는 크게 국가 차원의 일반정보시스템과 사업장의 안전관리를 지원하는 정보시스템으로 구분할 수 있다. 전자의 정보시스템은 국제노동기구의 산업안전보건정보센터(CIS-ILO)와 대부분의 선진국들이 CD-ROM을 이용하여 유해물질자료, 안전법규, 일반기술정보 등을 대량으로 수록하여 사용지침과 함께 보급하는 추세이며, 대부분이 분기별로 갱신되고 있는 데이터베이스로서, 현장의 공사관리자가 직접 실무에 활용하기는 곤란하다. 후자의 일반사업장용 안전관리 소프트웨어는 미국 산업안전보건청(OSHA)의 각종 프로그램처럼 정부차원에서 개발하여 보급한 것과, 전문용역업체에서 상업용으로 개발하거나 사업장에서 자체적으로 개발한 것들이 있다.

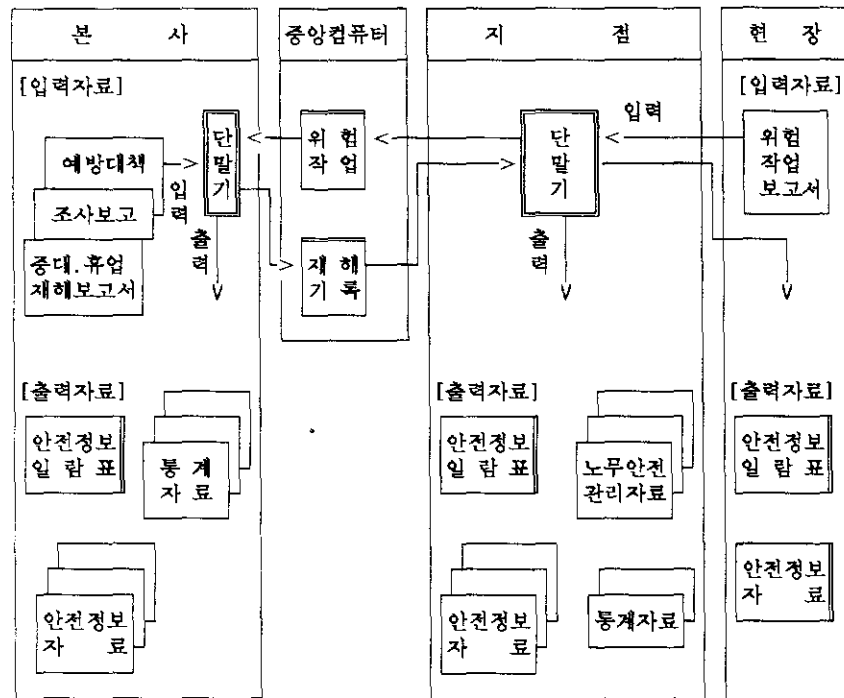
가장 먼저 전자매체로 실용화된 안전정보시스템은 화학공장을 위한 유해물질 데이터베이스(MSDS)이며 일반안전정보 데이터베이스를 시작으로 안전관리업무용 프로그램들이 개발되어 실무에 활용되고 있다. 대부분의 안전관리용 소프트웨어는 작업자 관련사항, 작업장소에 관한 사항, 사고상황 기술, 작업관련 사항, 분류 코드등으로 구성

되어 각종 보고서를 출력할 수 있도록 되어 있다. 최근에는 센서에 의해 유해물질의 확산에 의한 위험을 감지하고 추론기능을 이용하여 위험도를 평가하여 경보와 함께 대책을 제시해주는 PC-MIDAS와 같은 화학공장용 실시간 위험추적시스템으로 발전하고 있으나, 대부분이 사무업무의 지원을 위한 것으로서 사고예방 차원의 위험제어에 필요한 안전지식의 제공 기능은 미흡하다.

건설산업의 안전정보 소통을 위한 시스템의 활용은 외국에서도 일반 제조산업에 비하여 훨씬 부진한 실정이며, 우리나라의 경우는 특히 부진하여 사무관리용 소프트웨어와 재해통계처리를 위한 데이터베이스 관리수준에 머물고 있는 실정이다. 일본의 경우 대형건설업체들이 공사재해예지 정보시스템(청수건설), AIS(죽중공무점), 현장감시 시스템(진도건설)등 비교적 진보된 안전정보시스템을 운영하고 있어 안전관리 업무의 생산성 향상과 실시간 정보제공에 기여하고 있다.

이중 가장 최근의 시스템인 AIS의 경우 작업공정의 흐름에 따라 재해사례 및 재해방지정보를 현장에 제공하여 작업계획의 각 단계에서 안전대책의 수립에 활용할 수 있게 한 것으로서, 이제까지 책자에 의한 정보량의 수록 한계와 검색의 어려움을 해결하고자 하였다(<그림 2-3>참조). 주요 출력자료로는 위험작업의 재해사례를 일람표로 정리한 안전정보 일람표, 재해발생 상황과 방지대책을 그림으로 표현한 안전정보자료, 특정 작업공정에 포함되는 작업현장을 작업별로 수록한 위험작업 집계표등을 제공하도록 되어 있다. 이 시스템은 안전정보의 실시간 제공으로 기존의 정보소통의 단점을 대폭 개선하기는 하였으나, 데이터베이스형태의 평면적 정보 저장 및 검색의 틀을 벗어나지 못하여 유동적 작업상황에서 문제해결에 필요한 안전지식을 종합적으로 제공하는데는 미흡한 것으로 사료된다.

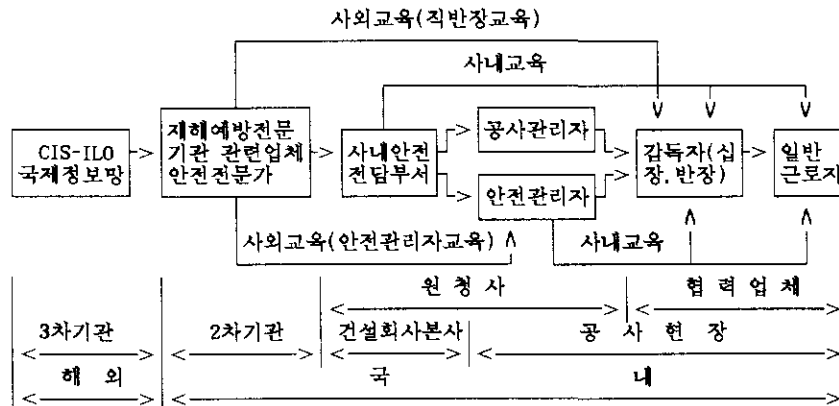
건설현장에서 안전정보의 활용 현황을 보면 다음과 같은 세가지 근본적인 문제점이 있음을 알 수 있다. 첫째는 정보소통의 미흡으로 인한 정보 구득의 어려움이다. 국내 건설업체에서 건설안전정보의 계통은 <그림2-4>에 나타난 바와 같이 개념적으로는 체계화 되었다고 할 수 있으나 아직도 대부분의 공사관리자나 안전관리자는 안전정보를 제대로 제공받지 못하고 있으며, 필요한 정보의 획득에도 많은 불편을 느끼고 있어 이미 보편화된 안전기술마저도 제대로 활용이 되지 못하고 있다.



<그림 2-3> 죽중공무점(일본)의 안전정보시스템(AIS)

이와 같이 공사관리자의 안전의식 부족이나 안전관리 수준 미흡 등 ‘관리상 결함’의 근원이 안전정보의 부족에 있음에도 국가기관이나 건설업체의 안전정보의 원활한 소통을 위한 노력은 극히 미약할 뿐만 아니라 안전대책의 방향도 규제나 교육 등 직접적인 수단에만 의존하고 있는 실정이다[안홍섭;1993].

둘째는 기존의 건설안전 정보의 형식이나 내용이 체계적이지 못하다. 따라서 자료 목록의 부재로 인한 접근 곤란, 건설공법이나 기술의 발전에 따라 발생하는 안전기준과 기술의 복잡화, 세분화 추세에 따른 신속한 갱신의 미흡으로 인한 내용의 진부함, 추상적 서술로 인한 구체성의 결여로 공사관리자가 참조하기 어렵다. 뿐만 아니라 기존 건설안전 정보매체의 대부분은 안전대책의 백과사전식 나열로 내용의 중복이 많고, 정보간의 상관관계 및 항목별 중요도에 대한 고려가 미흡하며, 구체적 현장작업상황을 충분히 반영하지 못하여 작업과정에서 안전을 실천하는 데는 부적합하다.



<그림 2-4> 국내 건설업체의 건설안전정보 소통 체계

셋째는 정보활동에서 효율성의 관건이라고 할 수 있는 정보의 전달로서 활자와 음성매체에 의한 교육, 점검 등에만 의존하고 있다. 이와 같은 정보 전달방식은 전달의 기회 자체가 시간적, 공간적인 제약을 받을 뿐만 아니라, 정보 공급자 위주의 일방적인 정보전달 방식으로 건설현장의 공종별 안전관리에는 부적합하며 정보의 수요자인 공사관리자 입장에서의 정보 보급이 이루어지지 못하고 있다는 것이다.

안전정보의 중요한 부분의 하나인 사고정보의 활용도 부진한 실정이다. 사고는 ‘비의도적인 원인’에 의한 ‘원치 않은 결과’로서 무의식 또는 무지에서 비롯되며 사고의 예방을 위해서는 자극이나 정보가 필요하다. 사고방지의 기본은 과거 사고정보의 효과적 활용에 있으며 안전활동의 첫단계도 유용한 사고정보의 수집으로부터 시작된다. 건설재해의 가장 두드러진 특징은 유사 재해의 반복발생으로서 과거사고사례는 가장 강한 자극으로 사고방지에 직접적 효과가 있으나 사고사례의 정확한 기록 및 보급의 미흡으로 사고정보는 제대로 활용되지 못하고 있다. 한국산업안전공단에서는 중대재해를 모사전송기를 이용하여 대형건설업체와 재해방지 관련 단체에 신속하게 전파하여 재해에 대한 경각심을 높여주고 교육용 자료로도 많이 활용되고 있다. 그러나 이러한 중대재해속보 역시 공사중에 구체적 작업상황에 필요한 정보만을 수시로 참조하기에는 미흡한 것으로 사료된다.

건설현장의 안전정보 활용에서 이와같은 문제점들은 결국 건설재해의 예방을 위해서는 안전정보의 활용방식을 획기적으로 개선해야 한다는 것을 의미하며 새로운 방식의 정보소통 도구로서 건설안전에 관한 정보시스템의 필요성을 말해준다고 할 수 있다.

2. 정보기술 활용을 위한 기존 연구

가. 정보처리 기술

건설재해를 비롯한 대부분의 재해는 다양한 위험요소가 상호연관된 복합적 상황에서 발생하고 있다. 이러한 모든 요인을 제어해야 할 안전관리는 광범한 종합적 정보를 필요로 하는 지식 광역성을 특징으로 한다. 즉, 건설안전관리의 대상은 사람, 물적 자원, 주변환경등 건설현장의 모든 자원으로서, 효과적 안전관리를 위해서는 관리대상 전체에 대한 정보가 제공되어야 한다. 또한 건설현장은 다양한 공정, 근로자의 빈번한 이동, 다양한 작업 조건과 환경등으로 모든 자원이 유동적이어서 제공되는 정보는 작업순간의 구체적 상황에 적합해야 한다. 즉, 건설안전정보는 일정시점에서 특정의 작업상황을 표현할 수 있어야 하고 표현된 내용은 작업별로 참조가 가능해야 한다. 따라서 공사관리자에게 다양한 작업조건에 적합한 안전정보의 실시간 제공을 위해서는 정보전달 매체의 전자화와 구체적 작업상황에 적합한 조직화된 정보의 제공이 필요하다. 그러나 기존의 활자매체로는 공정간 자원의 공유에 따른 정보의 중복이 필연적이며 이용자의 접근도 어려워 이러한 요건을 모두 수용하는데는 부적합하다.

안전에 관련된 자료는 일차적으로 데이터베이스 형태로 전산화함으로써 정보의 공유와 대량의 정보에 대한 실시간 접근이 가능하다. 다음으로 자료를 구조화하여 정보시스템에 저장함으로써 정보의 조작기능을 통하여 안전관리업무를 지원할 수 있다. 그러나 수시로 변화하는 현장의 복잡한 상황의 대응을 지원하기 위해서는 문제지향형

의 조직화된 정보, 즉 지식이 요구된다. 복잡한 지식의 조직화를 위한 첨단 정보기술이 바로 인공지능이다. 사고방지에 필요한 산재된 안전정보를 복합적이고 유기적인 건설현장에 종합적으로 제공하는데는 지능형 시스템이 바람직하다. 즉, 문제해결을 위한 종합적 정보제공을 위해서는 지능을 가진 정보시스템이 필요하다. 지능이란 이미 알고 있는 지식을 이용하여 어떤 주어진 새로운 상황에 능동적으로 대처할 수 있는 능력 및 새로운 것을 배우고 이해할 수 있는 능력이다. 인공지능은 컴퓨터에게 인간이 갖고 있는 창조성과 학습, 추론, 판단의 기능을 갖도록 한 것으로서, 대화, 내적 지식, 지식습득, 문제인식, 창조성 등을 의미하며 대화식으로 문제를 인식하고, 내적 지식을 적용, 조절하여 결론에 이르는 추론과정을 나타내는 시스템의 기능이다. 즉, 지능형 시스템은 산재된 정보중에서 필요한 정보만을 조직화하여 종합적으로 활용케 함으로써 건설공사의 복잡성과 유동적 속성에 기인한 작업위험의 가변성을 효과적으로 제어할 수 있으며, 공정의 진척에 따른 실시간 관리를 가능케 해줄 수 있는 정보 소통 도구이다. 지능형 시스템의 장점은 건설공사의 안전관리업무에도 다양한 사고요인의 누락이 없이 검토가 가능하게 해주며, 상식으로 생각하기 어려운 건설작업의 잠재위험 상황에 관한 지식을 종합적으로 제공해 줄 수 있어, 종합성과 지속성이 요구되는 건설작업의 안전관리를 효과적으로 지원해 줄 수 있다.

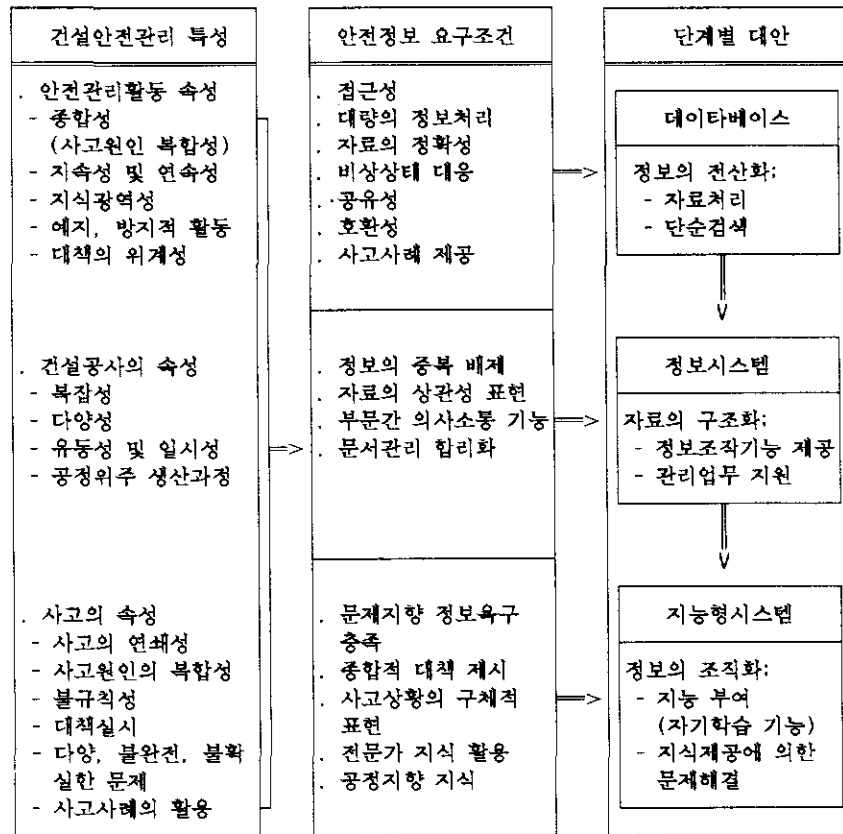
기존의 정보처리 방식은 각각 데이터베이스 시스템, 정보시스템, 지식기반시스템으로 구분할 수 있다. 그러나 현재까지 이 세가지 영역은 별개로 운용되고 있다. 데이터베이스시스템의 정보검색방법은 온라인 관찰, 주요어 탐색, 문장탐색 및 부호탐색의 네가지 방법에 의존하며, 단순한 데이터의 저장, 추출, 관리기능 등은 제공하나, 연역, 의사결정, 추론 등과 같은 지적 기능은 제공하지 못한다. 즉, 기존 정보시스템의 기능은 자료를 구조화한 단순한 정보만을 제공하며 제공된 정보의 해석은 사용자의 영역에 남아있고, 지식기반 시스템도 특정 문제의 해결을 위한 목적에만 활용되어 왔다. 즉, 인공지능은 이제까지 특정분야의 문제해결을 위한 전문가 시스템으로서만 제한적으로 활용되어 왔으며 보편적 지식이나 정보의 제공에는 단순한 정보의 저장, 검색, 자료관리 기능의 데이터베이스 시스템이 이용되어왔다. 최근에는 이들의 장점을 동시에 구현하기 위하여 인공지능과 데이터베이스의 통합에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있지만 아직 실용화에는 이르지 못하고 있다.

정보시스템에 지능을 가장 용이하게 구현할 수 있는 방법은 지식이 조직화되어 있는 지식기반 시스템을 이용하는 것이다. 지식기반구축 과정은 일반적으로 문제의 기술, 문제의 분석, 문제의 정의, 개념화, 정형화, 구현 및 시험의 단계로 이루어지나, 지식기반구축의 관건은 지식을 어떻게 체계적으로 저장하고 효율적으로 검색할 수 있는가에 달려 있다. 즉, 지식의 저장은 표현의 문제이며 검색은 추론의 문제이다. 즉, 지식기반시스템의 핵심기능은 지식표현으로 수행되나 지식표현방법은 추론과 분리될 수 없으며, 문제영역에 관한 지식을 지식기반에 저장하고 추론하기 위해서는 지식이 특정분야에 응용이 적합한 형식이나 구조로 표현되고 정의되어야 한다. 따라서 문제해결에 필요한 다양한 유형의 지식을 표현하는데는 여기에 적합한 지식표현 및 소통 도구를 필요로 한다.

궁극적으로 공사의 동적 속성과 복잡성을 통제하는 건설안전관리에는 일반산업의 안전정보보다 나은 실시간 관리를 위한 정보를 필요로 한다고 볼 수 있다. 이상의 건설안전정보의 요건을 충족시킬 수 있는 대안으로서 활용가능한 현상의 정보기술을 단계별로 정리하면 <그림 2-5>와 같다.

나. 건설재해 방지를 위한 연구

건설재해방지를 위한 국내의 기존 연구는 건설안전관리의 실태나 문제점 등 현상과 악을 위한 개괄적 연구와 안전관리비 등 법규측면의 연구가 대부분이었다. 최근의 건설재해방지를 위한 새로운 연구로는 근로자의 보호와 동시에 물적손실의 방지를 위한 기술적 안전관리를 위하여 안전점검 시기, 방법 및 수행주체가 구분된 공정과 연계된 안전점검 공정표를 제안한 “건설안전시공 점검체계 모형개발 연구[김경진;1992]”가 있으며, 양중작업의 재해요인의 상관관계를 분석하고 작업의 위험성을 화학공정의 위험성 평가기법인 HAZOP기법으로 작성된 전산화된 평가표를 이용하여 안전수준을 정량적으로 평가할 수 있는 “건설공사에 있어서 양중작업의 안전관리에 관한 연구[김종효;1993]”도 수행되었다.



<그림 2-5> 건설안전관리의 특성 및 안전정보 요건에 대한 대안

전자는 건설공사를 기술적 측면에서 접근하여 기존의 근로자 안전위주의 인적 대책에서 기술적 대책과 근로자 안전대책을 종합하여 이를 공정과 연계시킴으로서 시공관리와 안전관리의 통합을 시도한데는 의의가 있으나 건설공사현장의 바쁜 공사관리자가 공정마다 제안된 모형의 점검표를 수작업으로 작성하여 활용한다는 것은 기대하기 어려우며, 후자도 건설안전관리에 위험요인의 평가기법을 도입하고 점검표의 전산화에 의한 건설안전관리의 정보화를 촉진시키는 데는 기여하였으나, 적용분야가 양중작업에 한정되고 현장적용을 위해서는 좀더 간편한 정보소통 방법의 강구가 필요한 것으로 사료된다.

국외의 연구동향을 보면 의사결정자에게 사고에 대한 정보의 체계적 수집 및 환류 등 안전정보시스템의 효과에 대한 기존의 많은 연구가 있었으나 실용적인 시스템은 아직 개발되지 못하였다. 건설안전 정보시스템에 관한 체계적인 연구는 스웨덴의 Kjellen에 의해 OARU프로젝트로 3단계로 나누어 수행되었는데, 1단계는 사고모형구축에 관한 연구였으며, 2단계에서는 사고정보의 수집과 활용을 위한 방법과 경로를 평가하기 위하여 다양한 사업장의 기존 안전정보시스템을 조사분석하였고, 3단계에서는 2개의 건설회사를 대상으로 정보효과에 따른 변화[Kjellen;1982, 1983]를 고찰하였다. 이로써 사고예방을 위한 정보의 개선, 사고위험의 감소를 위한 노력의 활성화, 방지수단의 범위 확대 및 사고위험에 대한 자각과 지식의 증가를 가져왔음을 실증하였으며, 정보의 저장과 보급을 위한 수단과 경로에 대한 연구의 필요성을 주장하였다. 이밖에 “건설안전관리의 전산화를 위한 개념적 틀에 관한 연구[Stanton;1990]”는 건설안전관리의 문제점과 안전관리의 기본원칙을 제시하고 전산화의 필요성을 주장하였으나 안전정보시스템을 하위 시스템으로한 건설공사관리시스템의 개념을 제시하는데 그치고 있다.

다. 안전정보의 활용을 위한 연구

이상의 연구결과들은 건설안전의 정보화에 기여하였지만 관리대상이 유동적인 건설작업의 안전관리에 산재된 단편적 안전지식을 종합적으로 제공하지는 못하였다. 안전지식을 건설작업에 효과적으로 활용하기 위해서는 앞에서 고찰한 바와 같이 기존의 안전정보를 조직화된 지식의 형식으로 제공할 수 있는 지능형 시스템이 필요하며, 이와 관련된 기존의 연구를 살펴보면 다음과 같다.

공사관리에 지식기반시스템을 응용한 국외의 대표적 사례로는 PLANEX[Zozaya-Gorostiza;1989]가 있다. 이 시스템은 공사계획을 위한 전문가시스템으로서 정보의 표현 및 저장을 위해 객체 스키마를 사용하였다. 여기서의 객체는 프레임을 의미하는데, 정보는 슬롯에 저장하였으며 지식의 추론에도 연산자를 이용하여 기능상의 제약이 따른다. 국내의 지능형 시스템에 관한 연구로는 “공사관리에 있어서 효율적인 의사결

정을 위한 PC용 전산화 지식기반 개발에 관한 기초연구[신동우;1993]"가 있는데 이것은 정보시스템 개발방법론으로서 공사관리에 관한 전산화 지식기반의 개발을 위한 지식표현 및 이용방법론으로서 개념적 지식모델을 제안하였다. 지식기반은 공사데이터베이스, 건축지식기반, 응용지식기반의 세요소로 구성하였으며, 지식표현과 정보의 전달을 위한 기본단위로 객체를 사용하고 객체상호간의 네가지 유형의 관계를 이용하여 정보를 전달하고 데이터베이스를 갱신하도록 하였다. 이 연구는 건축공사를 위한 지식기반의 골격을 제시한 것으로서 안전분야에 적용을 위해서는 건설재해와 안전사고의 속성에 적합하도록 변환이 필요하다.

건설안전분야의 지능형시스템에 관한 연구는 최근에 시작되었다. SAFECON [Krishnamurthy;1991]은 공장건설공사를 위한 추락재해의 분석 및 예방을 지원하는 컴퓨터시스템으로서 데이터베이스 관리시스템, 전문가시스템 및 결합수 분석기법(FTA)을 응용하여 사고분석, 추락방지, 사고데이터베이스의 세 모듈로 구성하였다. 추락재해의 분석에는 정성적 결합수 분석기법으로, 추락방지계획 수립을 지원하는 도구는 전문가시스템의 형식으로하여 갱신과 유지관리가 용이하도록 하였다. 시스템의 각 요소별 기능을 보면 데이터베이스는 사고정보 데이터베이스와 사고비용 데이터베이스의 두가지로 구성하고 둘사이의 연결장으로 결합시켰으며, 결합수 분석 모듈은 보편적 결합수를 만들고 이것을 추락사고의 요인에 대한 정성적 분석과 추락위험의 유무에 대한 정량적 분석을 할 수 있도록 하였다. 전문가시스템은 추락방지대책을 선정하기 위한 지식기반으로서 생성규칙 양식과 연역추론의 분류 문제를 해결하기 위해 후향추론방식을 사용하였다. 이 시스템은 모든 정보를 일차원적인 데이터베이스형태로 저장하고 규칙으로만 추론이 가능하도록 하여, 유기적인 건설작업과 다양한 유형의 재해로 확장할 경우 규칙의 숫자가 기하급수적으로 늘어나게되어 규칙의 작성에도 많은 노력이 소요될 뿐만 아니라 하드웨어상의 정보처리속도에도 제한이 따를 수 있다.

Hadipriono(1992a)는 건설안전 전문가시스템으로 결합수 모형을 제안하였으며, 이를 발전시켜 지식기반 구축에 관한 연구를 수행중에 있다. FTES-FALL은 바닥 개구부로부터의 추락을 조사하고 모의실험하기 위한 것으로서 지식표현에 결합수 모형이 사용되었는데 지식을 프레임과 하위프레임의 형태로 저장한 지식기반을 구축하고 규칙형 전문가시스템 개발도구인 PCPlus Version 4.0을 사용하여 생성규칙으로 추론할

수 있도록 하였으나[Hadipriono;1992b], 모든 건설작업의 다양한 유형의 재해를 수용하지는 못하였다.

우리나라에서는 “대형구조물공사의 안전에 관한 연구[한충희;1991]”로 건설안전관리의 전산화방안으로서 객체지향개념의 도입을 주장하였으나 공사자원의 위계적 표현방법을 예시하는데 그쳤다.

라. 기존 연구의 한계

건설안전 분야도 연구주제의 범위가 확대되고 연구의 심도도 점차 깊어지고 있으나 기존 안전지식의 효과적 활용을 위한 연구는 미흡하였으며, 건설공사현장의 유기적 속성에 적합한 안전정보 소통도구는 아직 존재하지 않고 있다. 외국에서도 인공지능을 이용하여 진단 등 전문지식을 지원하는 전문가 시스템의 개발에 관한 연구가 수행되고 있으나, 적용범위가 추락 등 특수한 재해의 분석과 예방에 한정되어, 일반건설현장에서 광범위한 건설안전지식을 쉽게 접근하여 활용할 수 있는 범용성있는 건설안전정보의 소통방안은 아직 마련되지 못하고 있다. 또한 건설안전지식이 안전관리실무에 충분히 활용되기 위해서는 그 나라의 사회적, 경제적 환경에 적합하여야 할 뿐만 아니라 언어의 장벽이 없어야 하나 현상의 건설안전정보는 이러한 요건을 만족시키지 못하고 있다.

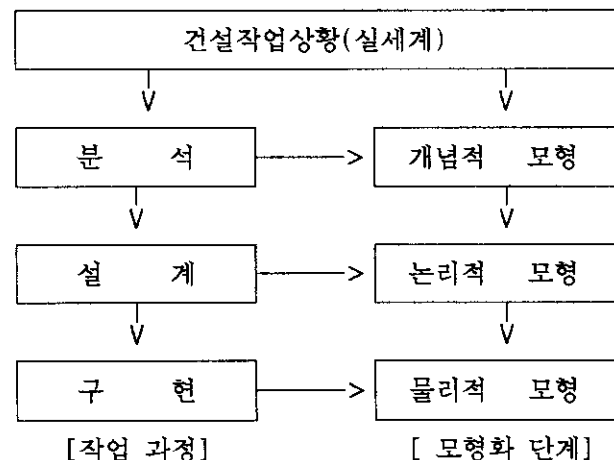
이상에서 고찰한 바와 같이 기존의 건설안전 정보소통 도구와 이에 대한 연구는 건설공사의 다양한 생산조직, 생산환경, 생산과정 등 건설작업의 유기적 속성에 대한 고려가 결여되어 있으며, 첨단기술 및 지식공학의 활용은 부진한 실정이다. 건설안전 정보소통이 부진한 근본원인은 기존의 산업안전정보를 건설공사의 속성에 적합하게 저장하고 검색할 수 있는 틀이 없었기 때문으로서, 건설공사의 유기적 속성에 적합한 우리의 언어에 의한 정보소통도구의 개발이 절실한 것으로 사료된다.

3. 정보시스템의 구현 방법

가. 정보시스템 접근 방법

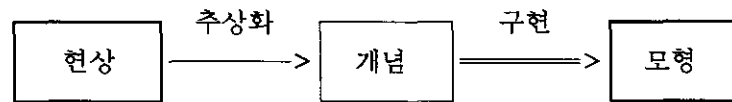
모든 모형화 원리는 실세계를 모형화하는 존재론의 타당성에 관한 다수의 전제에 기초하고 있다[Essink;1991]. 즉, 실세계는 자연법칙에 지배되는 독립된 객체들로 이루어져 있으며, 단일 객체의 상태는 일정시점에서 성질과 속성에 대한 값들의 집합이며, 객체는 한 시점에서는 단 한가지의 상태만을 갖는다는 등의 일반적 원칙을 전제로 하며, 본 연구의 지식모형 구축에도 이와 같은 전제가 그대로 적용된다.

모형은 문제와 관련이 있는 실세계의 핵심요소를 탐색하여 포착한 것으로서, 모형화 작업은 실세계의 분석, 설계 및 구현의 과정을 거치며, 각 과정의 결과물은 개념적 모형, 논리적 모형 및 물리적 모형으로 표현된다[Dillon;1993]. 건설안전 지식모형의 구축 과정도 모형의 일반적 구축과정인 분석, 설계 및 구현의 과정을 거치며, 차이점은 단지 분석의 대상 영역이 건설작업 상황이라는데 있다. 이상의 모형구축 과정과 작업의 결과물로서 모형의 유형을 도시하면 <그림 2-6>과 같다.



<그림 2-6> 시스템 개발과정별 모형

모형화 과정중 분석단계는 일반적으로 문제영역의 분석 또는 지식처리로부터 시작된다. 실 또는 가상세계 인식의 기반은 현상과 개념으로서, 인식과정은 추상화 작업이다. 즉, 개념은 실세계를 추상화한 것으로서 그 결과는 <그림 2-7>과 같이 일반적으로 모형이라 불리는 개념적 모형의 형태로 표현된다.



<그림 2-7> 실세계의 모형화 과정

추상화는 대상에 따라 기능 추상화, 구조 추상화, 행태 추상화의 세 영역으로 나누어진다. 개념은 동적속성과 정적속성을 갖으며 이들은 구조추상화와 행태추상화를 통한 정적인 구조와 동적인 행태로 구성된다. 구조추상화는 속성을 추상화시키는 것이고 행태추상화는 작용하거나 반응해야 할 사상과 수행할 활동을 추상화시킨 것이다.

시스템 설계의 기본원리는 추상화, 정보 은닉, 구조, 모듈화, 병행성, 검증, 설계미학의 일곱가지로 요약할 수 있다[이동욱;1994]. 시스템 설계의 접근방법으로는 크게 전통적인 구조적 접근방법과 객체지향 접근방법의 두가지 범주로 구분할 수 있다. 구조적 접근방법으로는 근대화된 구조적 분석법, 잭슨법(JSD)등이 있으며, 객체지향 접근방법은 개념모형화 방법으로서 실체-관계모형(Chen;E-R 모형), NIAM, CIM등과 가장 최근의 방법인 객체지향 방법이 있다[Iivar;1991]. Chen의 실체-관계모형은 실체-관계-속성의 삼중구조를 도표화한 것이며, NIAM은 문장들을 자연언어, 표, 그래프 등으로 공식화하여 표현한다. 시스템의 구조, 기능 및 행태에 관한 관심의 우선순위 측면에서 보면 <표 2-1>과 같이 구조적 방법론은 기능에, 잭슨방법은 행태에, 개념모형화 방법은 구조에, 객체지향방법은 구조와 기능 모두에 우선순위를 두고 있다[Iivari;1991].

정보처리의 세분야인 일반 프로그램, 데이터베이스 및 지식기반 시스템의 분석에는 전통적 소프트웨어 기법에서 사용되는 절차적 추상화에 의한 자료흐름기법, 자료추상화에 의한 자료모형화 방법 및 여러가지 지식모형의 형식에 의한 지식기반 방법의 세가지 접근방법이 각각 사용되어 왔으나, 객체지향 방법은 시스템 개발의 전과정에 걸

쳐서 동일한 패러다임을 사용하여 분석, 모형화 및 구현의 전과정을 통합시켜 준다. 따라서 본 연구에서는 분석대상인 건설작업의 사고상황의 분석에 구조와 기능을 우선하는 일관된 패러다임에 의해 수행하는 객체지향 분석방법을 응용하기로 한다.

<표 2-1> 정보시스템 접근방법의 우선관점 비교

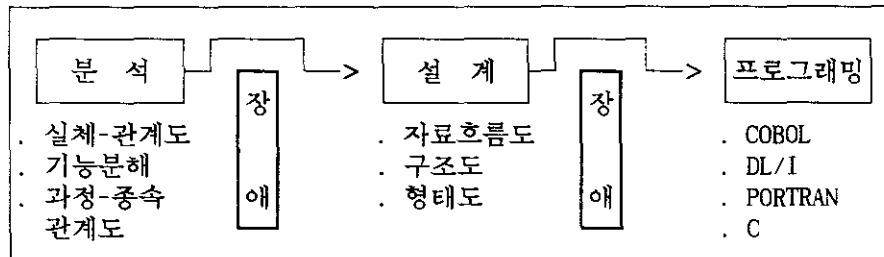
접근방법	관점	구조 (Structure)	기능 (Function)	행태 (Behaviour)
Structured approaches		3	1	2
Jackson's System Development		2	3	1
Conceptual information modeling		1	2	2
Object-oriented approaches		1	1	2

[주] 숫자는 분석관점의 우선순위를 나타냄.

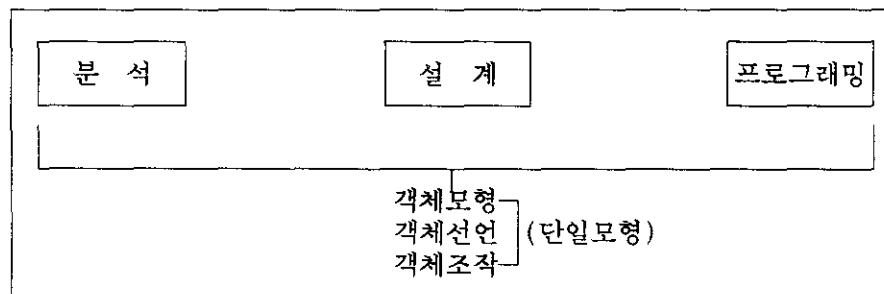
객체지향 접근방법은 실세계를 모형화하여 부류, 하위부류, 속성 및 메소드를 프로그램 구현에 이용하기 위한 프로그래밍기법의 패러다임으로서 시작되었다. 객체지향 개념은 최초의 객체지향 프로그래밍 언어라 할 수 있는 Simula에서 소개되어, 대화식이며 나열중심으로 구현된 Smalltalk언어에서 그 개념이 정립되었다. 그 후 Flavor, C++등의 언어가 객체지향 개념을 도입하여 설계되었고, 그 응용 시스템들도 개발되었다. 이제까지 많은 학자들의 객체지향 개념에 대한 다방면의 응용연구로 문제의 객체지향분석, 객체지향설계 및 구현의 새로운 패러다임으로 정립되었다[Henderson-Sellers;1992, Dillon;1993, Martin;1993, Wilkie;1993].

앞에서 고찰한 바와 같이 일반적 시스템 개발과정은 분석, 설계 및 구현의 과정을 밟는다. 전통적 자료처리에서는 분리된 시스템이 특정적으로 구축되며, 분석자, 설계자, 프로그래머 각자가 상이한 개념적 모형을 사용하여 왔다. 보통 이러한 시스템은 서로 호환성이 없으며, 호환성이 없는 자료를 가지고 있어 통합이 어렵다. 이러한 문제를 경감시키는 방법은 분석결과의 표현을 위한 개념적 모형으로 동일한 패러다임을

사용하는 것이다. 객체지향 패러다임은 자료와 절차의 추상화 모두를 포착하는 능력을 가지고 있어 이러한 목적에 적합한 매개체를 제공한다. 전통적 소프트웨어 개발 방법인 구조적 기법에 비해 객체지향 기법은 불필요한 중복을 최소화하고 유지보수에 소요되는 수고도 대폭 감소시켜 준다. 궁극적으로 객체지향방법은 분석, 설계, 구현의 전과정에 걸쳐서 동일한 개념적 모형을 사용함으로써 분석, 설계, 구현 과정 사이의 장벽을 제거해 주며, 이 관계를 도시하면 <그림 2-8>과 같다[Martin:1993].



(가) 전통적 방법



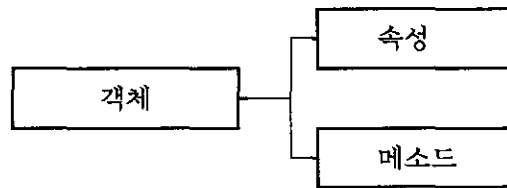
(나) 객체지향방법

<그림 2-8> 객체지향방법과 전통적 방법의 비교

객체지향 개념은 어느정도 통일된 상태이나 사용되는 용어는 각 프로그래머나 시스템에 따라 여러가지의 유사한 용어가 사용되고 있으며, 대부분이 아직 국어로 정착되지 못하고 있다. 본 연구에서는 가장 보편적으로 사용되는 용어인 객체의 수동적 상태는 '속성'으로, 동적인 행태는 '메소드'로 정의하고 '성질'은 이 두가지를 모두 지칭하는 것으로 사용한다.

객체(object)란 현실세계에 있는 것들의 한 집단에 대한 추상적 개념으로 정의되며 [김완현;1994], 구체적으로는 소프트웨어 영역으로 사상된 실세계의 사물로서 그 사물의 표현에 필요한 자료와 여기에 밀접하게 연관된 기능이 통합되어 있는 소프트웨어상의 단위체를 말한다. 따라서 객체의 내부구조는 <그림 2-9>와 같이 속성과 기능을 나타내는 메소드로 구성되며 속성은 객체의 정적인 상태를, 메소드는 객체의 동적인 행태를 표현한다.

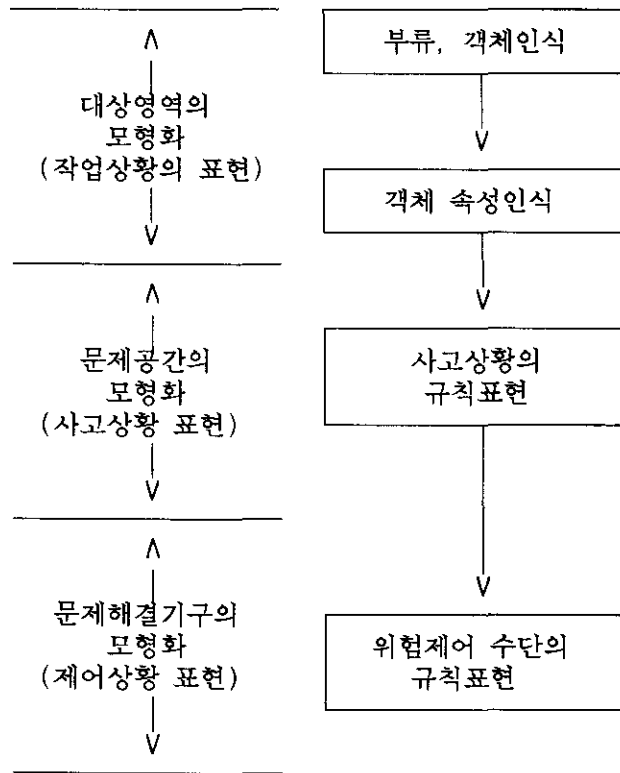
객체지향방법의 기본 개념은 캡슐화를 통한 정보 은닉, 추상화 기법에 의한 부류 개념, 계승, 메시지 통신 및 다형성의 다섯가지로 집약할 수 있다[Wilkie;1993, Henderson-Sellers;1992]. 계승이란 하위 객체가 상위 객체의 성질인 인스턴스, 변수, 메소드를 모두 공유할 수 있도록 하여 주는 개념이다. 이 개념을 이용하여 유사한 객체의 공통부분을 상위 객체로 정의함으로써 중복된 정의를 피할 수 있으며, 용이하게 수정할 수 있다.



<그림 2-9> 객체의 내부구조

객체지향분석은 객체에 필요한 속성과 이와 관련된 행태를 통합시키는 작업으로서 객체화라 한다. 객체화의 보편화된 기법으로는 부류의 관계 모형화, 부류의 계승 모형화, 객체 상호작용의 모형화 및 객체상태 모형화 기법이 있다[Wilkie; 1993]. 이상의 네가지 기법의 실행순서도 연구자마다 약간씩 상이하나 본 연구에서는 문제공간과 해결기구를 단계적으로 모형화하도록 한 Dillon(1993)의 방법을 도입한다. 이 방법은 문제 또는 시스템의 자연어 기술, 문제공간의 개념적 모형 개발 및 대안의 해결기구 모형화의 3단계로 나누어 진다. 본 연구에서도 건설작업상황의 모형화, 사고상황의 모형화 및 해결기구 모형화의 3단계로 나누어 진행하고 이들을 통합함으로써 모형을 완성한다. 문제의 정의단계는 건설작업 상황을 표현하는 단계로서 작업을 구성하는 객체와 이들의 상호관계를 정의한다. 문제공간의 모형화 단계는 사고상황을 표현하는

단계로서 객체의 제약조건 및 객체와 부류의 정적 내부구조로서의 속성과 정적 제약 조건을 정의하고 이들의 상호작용을 통하여 작업위험을 표현하도록 한다. 해결기구 모형화 단계에서는 위험제어수단으로서 사고상황을 제어하는 사고방지대책의 형식화 과정으로서, 이상의 과정을 도시하면 <그림 2-10>과 같다.



<그림 2-10> 건설안전지식의 객체지향 모형화 과정

나. 지식표현 방법

지식의 유형은 관점에 따라 다양하게 분류가 가능하나, 본 연구에서는 지식기반의 구축을 위하여 지식을 기능측면에서 고찰하기로 한다. 지식을 기능에 따라 구분하면 제어지식, 판단지식 및 사실지식으로 분류할 수 있는데, 이 분류방식은 인공지능분야

에서의 지식분류방식과 유사한 분류방식이다. 제어지식과 판단지식은 생성규칙과 같이 시스템내에서 연역이나 추론과정을 제어하는 추론지식이며, 사실지식은 현재의 상태에 대한 사실로서 작업메모리에 저장되는 프레임, 의미망과 같은 정적지식으로서 추론과정에 영향을 미치지 않는 비추론지식으로 구분하는 것이 기능적이다. 학자에 따라서 전자는 절차적 지식, 후자는 사실적 지식으로도 명명되고 있다.

지식기반내의 지식은 생성규칙, 프레임, 의미망, 술어논리문, 의사결정수, 객체와 부류등 다양한 형식으로 표현될 수 있다. 이러한 지식표현방법은 크게 전통적 방법과 객체지향방법으로 대별할 수 있는데, 논리식이나 의미망과 같은 선언적 지식표현방법, 생성규칙과 같은 절차적 지식표현방법, 스크립트나 프레임과 같은 구조적 지식표현방법은 전통적 지식표현방법들이며 이들의 표현양식과 장단점은 <표 2-2>와 같다[김화수;1993].

문제해결을 위해서는 자료와 정보를 포괄하는 다양한 유형의 지식을 표현하고 조작할 수 있어야 하는데, 객체지향표현은 실세계의 행동양식을 모방한 물리적 모형으로서 모형자체가 현상과 개념을 직접 반영한다는 장점을 갖는다. 즉, 객체지향 지식표현방법은 앞의 모형화 과정에서 고찰한 객체지향의 기본개념이 일관되게 적용되며, 객체지향 지식표현방법은 객체지향 개념의 구현정도에 따라 구조적 객체모형, 행태적 객체모형 및 완전 객체모형으로 구분할 수 있다[김화수;1993]. 객체지향 표현에서는 실세계의 모든 사물은 시스템내에서 객체로 모형화되며, 각 객체들은 인스턴스로 표현되고 공통된 특성을 가지는 인스턴스들이 모여 하나의 부류를 이룬다. 각 인스턴스는 인스턴스 변수로 자신의 자료를 저장하는 방법을 이용하여 그 자료에 대한 연산을 규정하는데, 자료와 연산을 별도로 취급하는 기능은 객체지향방법이 기존의 절차적 언어와 구별되는 중요한 기준이다.

객체지향 개념에 의한 실세계 표현은 실세계의 모든 개념적 사물을 단일 개념의 객체로 모형화할 수 있다. 따라서 객체는 자료의 저장과 자료 추상화 개념을 효과적으로 지원해 줄 수 있으며, 자료 사이에 존재하는 복잡한 의미적 관계성인 일반화와 집단화를 쉽게 나타낼 수 있고, 특히 일반화 관계를 가지는 객체 사이에는 계승 기능을 제공하여 정보의 중복정의를 피할 수 있는 장점을 갖는다.

<표 2-2> 지식표현방법의 비교

표현방법	창안자	명 세	장 점	단 점	적용분야
명제논리 및 서술논 리에 의한 표현	Peano	-서술논리 -명제논리 -정형식, 논리 자료표현 -도출연역 (resolution)	-지식 삽입, 삭제 및 수정 용이 -효과적 추론 -정형화 명확	-상태공간에서의 상태(state)수 폭발 -지식표현의 부자 연스러움 -지식표현 이해 어려움	수학분야 정리증명
의미망 (semantic network)	Quili- an	-대상물간의 관계로 표현	-복잡한 관계 표현 용이 -표현의 자연스러 움 -표현이해 용이 -직접표현 가능	-정형화의 어려움 -문제풀이 방법 부족	자연어 처리
프레임 (frame)	Minsky	-solt-filter 구조 -의미상 추론 이용	-절차적표현 가능 -사건표현에 유리	-규칙간의 관계 복잡성 -제어흐름의 모호 성 -규칙 추출의 어 려움	전문가 시스템
생성규칙 (product- ion rule)	Newell	-조건부(IF), 결론부 (THEN) -다양한 추론 방법 구사 가능	-절차적표현 가능 -사건표현에 유리	-자료구조 복잡 -문제풀이 방법 부족	전문가 시스템

따라서 객체지향 지식표현방법에 의한 안전정보의 표현은 이전의 표현방법에 비해
서 대부분의 지식을 부류의 속성과 객체의 값으로 처리하고 상속에 의해 공유함과 아
울러 비교연산으로 필요한 정보만을 탐색함으로써, 규칙의 숫자를 최소화하고 단순화
시켜 지식의 표현 및 추론의 복잡성을 현저히 감소시켜 줄 수 있다.

지식표현방법은 사실적 지식과 절차적 지식 모두를 수용할 수 있어야 하나 현실적
으로 두가지 기능을 동시에 만족하는 표현방법은 아직 존재하지 않고 있다. 따라서
각각의 지식표현방법에 적합한 방법을 혼용하는 것이 바람직하며 두가지 이상의 방법
을 혼용할 경우 상호작용에 무리가 없어야 한다. 최근의 지식기반시스템의 지식표현

추세는 이러한 다양한 지식표현방법을 병용하여 표현력의 확장을 꾀하고있다. 예로서 규칙과 프레임을 동시에 사용한 복합형 지식기반시스템은 단일시스템보다 많은 장점을 제공한다. 객체지향방법은 앞에서 고찰한 바와 같이 기존의 지식표현방법에 비해 실세계의 표현력이 우수하며 규칙표현은 경험적 지식이나 절차적 지식의 표현에 적합하다. 따라서 본 연구에서는 건설작업의 복잡성과 다양성을 표현하는데 분석단계와 동일한 패러다임이 적용되는 객체지향 지식표현방법의 장점과 규칙표현방법의 장점을 결합시킨 복합형 지식표현방법을 이용하기로 한다.

지식기반 시스템에서 인공지능을 구현하는 추론방식은 크게 지식표현과 추론기구로 구분된다. 지식표현은 앞에서 고찰한 바와 같으며 추론은 탐색 알고리즘과 추론기관의 형태에 따라 구분된다. 추론이란 이미 알고있는 사실로부터 새로운 사실을 생성하는 시스템의 지능작용이다. 추론을 위한 탐색대상은 지식기반으로 탐색범위를 최소화할 필요가 있으며, 지능형 시스템에서 탐색의 우선순위를 결정하는 추론전략은 중요하다. 따라서 효율적 추론을 위해서 규칙형태를 추론전략에 맞출 필요가 있다. 탐색 알고리즘은 규칙과 탐색이 있으며 탐색방법은 인공지능 분야의 연구영역으로서 여기서는 지식모형의 표현에 필요한 규칙에 의한 추론기구에 관하여 고찰한다.

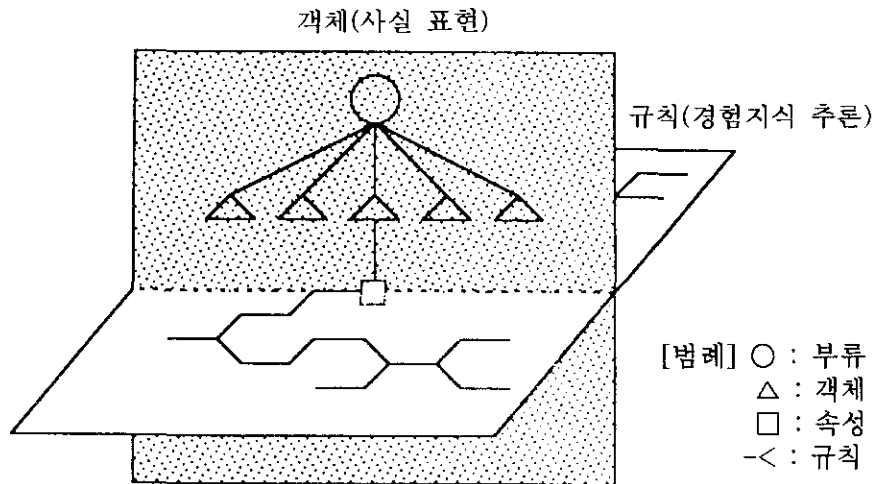
규칙은 조건부와 실행부로 나누어 문장으로 표현되는 지식으로서 의사결정을 내려야 할 상황이 요구될 때 유용하게 사용된다. 규칙은 지식의 표현, 정보처리, 추론엔진의 구동등에 필요하며 구체적으로는 결론작성, 작용 실행, 자료 결정 등의 기능을 한다. 지식기반 시스템중 규칙에 의한 추론시스템을 생성시스템이라 하며, 규칙은 조건의 검증, 결론 유도, 작용의 실행 등의 결과를 도출한다. 생성시스템은 규칙기반 시스템이라고도 하며 규칙기반, 사실기반 및 번역기로 구성된다. 문제영역에 대한 지식은 규칙으로 표현되며, 규칙의 가정에 해당하는 조건부를 사실과 비교하여 만족될 경우 결론부를 수행하게 된다. 규칙의 결론부는 입출력이나 프로그램을 제어하며, 새로운 사실을 지식기반에 추가하거나, 지식기반에 이미 존재하는 사실을 변경시킬 수 있다. 규칙은 서로 독립적으로 추가, 삭제, 변경될 수 있어 독립성이 있으며, 지식표현방법에 대한 정형화된 구조가 제공된다. 규칙은 결정을 필요로 하는 지식표현에 적합하며, 자연어 형태로 표현할 수 있고 이해가 쉽기 때문에 가장 많이 활용되고 있으나, 문제

해결에 시간이 많이 소요되며 규칙의 수가 너무 많을 경우 제어를 따라가기 어렵다는 단점이 있다. 그러나 이러한 단점은 컴퓨터의 연산능력의 향상과 사용하기 편리한 편집기의 제공으로 극복되고 있다.

규칙의 추론방향에 따른 추론방법에는 조건이나 초기상태로부터 시작하여 결론을 도출하는 전향추론 방식과 결론 또는 최후상태로부터 시작하여 가설을 증명해나가는 후향추론 방식이 있다. 후향추론방식은 증세로부터 질환의 원인을 찾는 의료진단에 많이 이용되고 있으며, 이 두가지 방식을 병용한 것이 혼합추론 방식이다.

지능형 건설안전 정보시스템에서 사용자에게 제공되어야 할 정보의 최종형태는 가능한 사고원인과 이의 방지대책으로서 건설안전지식의 추론방식은 사고의 결과인 재해유형으로부터 원인과 대책을 도출하는 후향추론 방식이 적합하며, 부분적으로는 비정상 상태에서부터 가능한 결과로 사고유형을 도출하는 전향추론 방식을 혼용하는 것이 적합하다고 판단된다.

객체지향 지식표현에서 부류 구조는 그 자체가 개개 객체와 관련된 속성으로 유지되는 자료에 의해 객체군의 지시자 역할을 한다. 부류는 특정규칙의 조건에 적합한 객체를 인식하기 위하여 객체목록을 탐색하는 방법을 제공하는데 이것을 비교연산(pattern matching)이라 한다. 비교연산은 객체지향 지식기반에서 규칙의 조건을 만족하는 속성을 갖는 객체를 탐색하는 중요한 기능으로서 추론의 능률을 좌우한다. 규칙내의 객체나 실체의 3중형식(O-A-V Triplet)은 규칙의 전제로서 객체가 3중형식을 갖는다는 기본착상은 객체지향 패러다임의 확장에 이용된다. 객체지향방법과 규칙의 복합형 지식기반시스템의 지식추론방법은 지식의 표현은 객체에 캡슐화시켜 저장하고 규칙의 비교연산을 통하여 객체의 속성을 평가하고 필요한 결론을 도출한다. 즉, 규칙의 좌변은 양식(pattern)으로 이루어지며 이 양식들은 작업메모리의 자료와 비교되며, 우변은 자료를 작업 메모리에 추가하거나 삭제, 변경한다. 이와같은 복합형 지식표현방법에서 객체와 규칙의 상호작용을 개념적으로 도시하면 <그림 2-11>과 같다[Neuron Data;1993].



<그림 2-11> 복합형 지식표현에서 객체와 규칙의 관계

다. 지능형 시스템의 구현 도구

지식기반 시스템과 같은 지능형 시스템의 응용에 따른 효과는 잘 알려져 있지만 가장 큰 장애는 제한된 응용분야와 막대한 자원이 소요되는 응용 소프트웨어의 개발이었다. 이러한 문제의 해결을 위한 바람직한 대안은 누구나 쉽게 사용할 수 있는 일반적인 시스템 개발용 도구를 제공하여 특정 영역의 전문가 자신이 응용시스템을 개발하거나 시스템의 개발에 더 직접적으로 참여할 수 있게 해주는 것이다. 지능형 시스템의 구현 도구는 지식기반 시스템을 개발, 실행하고, 유지 보수하기 위한 소프트웨어 시스템으로서, 일반적으로 지식기반 시스템의 구축을 위하여 추론기관만을 제공하는 소프트웨어를 셸(Shell)이라 하고, 시스템 개발이 편리하도록 사용자 접속장치등을 강화한 것을 소프트웨어 구축 도구(CASE Tool)라 한다.

이러한 도구의 발전은 개발된 시스템이 특수한 영역에 관한 지식과 응용 분야에 상관없이 이용할 수 있는 추론기관으로 분리된다는 사실을 깨달아 MYCIN으로부터 추론기관만을 분리시킨 지식기반 시스템 구축용 셸인 EMYCIN의 탄생으로부터 시작되었다. 초기의 지식기반 시스템의 개발에는 LISP이나 PROLOG, PASCAL과 같은 고급언어가 이용되었으며, 고급언어에 의한 지식표현은 유연성이 있는 반면 사용하기가

어렵고 숙달된 프로그래머가 필요하였으며 기존 시스템과의 통합운영에도 어려움이 있었다. 이러한 어려움을 해결하기 위하여 최근의 지능형 시스템 구현언어는 LISP 등 인공지능용 고급언어보다는 C언어가 많이 사용되고 있다.

그후 지식기반 구축용 셸은 발전을 거듭하여 시스템 개발이 용이하도록 여러가지 인터페이스를 강화하고, 지식표현이나 추론에 있어서도 하나의 영역에만 국한되지 않는 다양한 영역의 지식기반 시스템 개발을 뒷받침해 줄 수 있는 범용 도구로 발전하였다. 최근에는 셸처럼 사용이 편리한 지식기반시스템 구현 도구들이 상업화되어 있으며 보편적으로 사용되는 하드웨어에서 실행되고 있다[Huntington ;1993]. 최근의 지능형 시스템 구현 도구는 지식표현방법도 두가지 이상의 표현방법을 혼용한 복합형 지식표현방법이 사용되고 있으며, 개방형 구조로 설계되어 어떠한 시스템에도 응용이 가능하며 외부프로그램과도 쉽게 결합시킬 수 있다. 또한 지식공학자가 문제를 모형화하는데 필요한 지식의 표현과 추론을 제어할 수 있는 기술이 미리 지정되어 있고, 대형컴퓨터나 워크스테이션뿐만아 니라 PC수준에서도 실행이 가능한 것들도 많아서 사용이 용이하다.

이와 같은 구축도구의 이용은 지능형 시스템의 구축을 용이하게 해 주고 있으나 최종적으로 특정분야에서의 지능형 시스템의 성공적인 구축은 이 분야의 전문지식을 얼마만큼 잘 습득하여 시스템 구축언어에 반영하는가에 달려 있으며[김일곤;1991], 지식기반시스템 구축도구의 성능을 결정하는 요인으로서는 전문가의 전문지식 분야 및 특성에 적합한 지식표현 기법 제공, 사용한 지식표현기법에 알맞는 추론기법 제공, 전문가 시스템을 구축을 편리하고 빠르게 할 수 있는 사용자 접속장치의 제공 등을 들 수 있다. 본 연구의 결과로 구축된 모형도 이러한 범용 도구를 이용함으로써 용이하게 검증할 수 있다.

현재까지 개발된 지능형 시스템 구축도구는 100여종이 넘으며 상업용으로 성공한 예로는 외국에서 개발된 ART-IM(Inference), G2(Gensym Corporation), KEE(Intelli Corp), NEXPERT OBJECT(Neuron Data Inc.), KBMS(NTT Software), KAPPA(Intellicorp), EXSYS(EXSYS Inc.)등이 있으며, 국내에서 개발된 것으로는 SAILOR, HEXPERT(서울대), SERIES(KIST), UNIK(KAIST)등이 있다. 국내에서 개발된 도구는 아직 상품화되지 못하였으므로 비교대상에서 제외하고, 비교적 많이 사용되는 구축도구의 주요 특성 및 기능을 비교하면 <표 2-3>과 같다.

G2를 제외한 대부분이 객체지향 표현이 가능하며 지식기반 구축을 위한 지원기능도 비슷하나, Nexpert Object만이 전후향 혼합추론이 모두 가능하다. 따라서 본 연구의 지식모형의 검증률 위한 도구는 객체와 규칙 표현이 가능하며, C언어로 만들어져 모형의 실용화 단계에서 사고정보 데이터베이스등 기존 시스템과의 통합이 용이하고, 차후의 음성, 그림 등 멀티미디어를 수용할 수 있고, 한글지원이 가능하여 시스템의 조기 실용화에도 언어의 장벽이 없는 NEXPERT Object(Ver 3.0, 1993)를 선정하였다.

<표 2-3> 지식기반 시스템 구축도구의 기능 및 특징 비교

기능 및 특징		Nexpert Object	ART	ART-IM	G2	KEE	Kappa
사용 언어		C	LISP	C	LISP	LISP	C
추론 기능	전향추론	o	o	o	o	o	o
	후향추론	o	o	x		o	o
	혼합추론	o					
객체지향 지식 표현	객체지향 기법사용	o	o	o	유 사	o	o
	Dynamic Object의 사용	o	o	o	x	o	o
지식기반 구축 기능	지식 편집기	o	o	o	o	o	o
	설명기능	o	o	o	o	o	o
	디버깅	o	o	o	o	o	o
	지식검색	o	o	o	o	o	o
	구조관찰	o	o	o	o	o	o
신세대 도구 지원	신경망	NeuralWork Nestor			o	o	o
	Multi-Media	ToolBook Guide HyperCard			o	o	o
한글 지원	명령어 처리형식	Keyword	Keyword	Keyword	자연어	Keyword	Keyword
	한글사용	Sun PC (L/O) Mac(L/O)		PC	불가능		
데이터 베이스 지원	대부분 지원 가능			ORACLE DB2 dBase	ORACLE	ORACLE INGRES DB2	ORACLE

제3장 건설안전정보의 표현

1. 건설안전정보시스템의 요건

가. 건설안전정보의 체계

지식표현방법은 전문지식을 지식기반에 저장하는 방법으로서 다양한 유형의 지식을 수용할 수 있어야 하며 건설안전지식의 표현방법도 다양한 유형의 안전지식을 표현할 수 있어야 하며, 한다. 즉, 안전관리의 대상영역에 필요한 모든 종류의 지식을 표현할 수 있는 표현의 타당성, 새로운 정보와 지식을 용이하게 획득할 수 있는 추론의 효율성, 일반이 쉽게 이해할 수 있으며 수정이 용이하고 새로운 지식을 추론할 수 있는 능력등에 대한 검토가 필요하며 이에 선행하여 우선 기존 건설안전지식의 체계분석이 요구된다.

건설안전지식 체계분석의 대상으로는 대표적 건설안전 지침인 ILO 지침, COE안전보건메뉴얼, 미연방규정(CFR-1926)등을 선정하여 주요 내용 및 체제를 분석하였다. 대부분의 지침은 사고방지의 두가지 접근방법인 관리적 대책과 기술적 대책으로 구분하여 기술되고 있다. 관리적 대책은 공사관리자를 위한 안전조직 및 관리기법으로 모든 공사에 공통으로 적용되는 관리기술이다. 그러나 지침내용의 대부분은 기술적 대책으로서, 건설현장의 공통사항인 일반대책, 공종별 대책, 건설장비, 공구등의 자원별 대책, 그리고 위험물질 및 환경대책으로 분류하여 기술되고 있으며, 이들은 공종별, 자원별 및 위험유형별로 분류되어 각 부분의 내용은 상호 보완적인 체제를 가지고 있으며 단일 작업공정의 안전관리에도 공정, 자원, 위험유형등의 관련된 여러 부분을 종합하여 참조하도록 되어있다. 이와 같은 건설안전지침의 주요내용은 <표 3-1>과 같다.

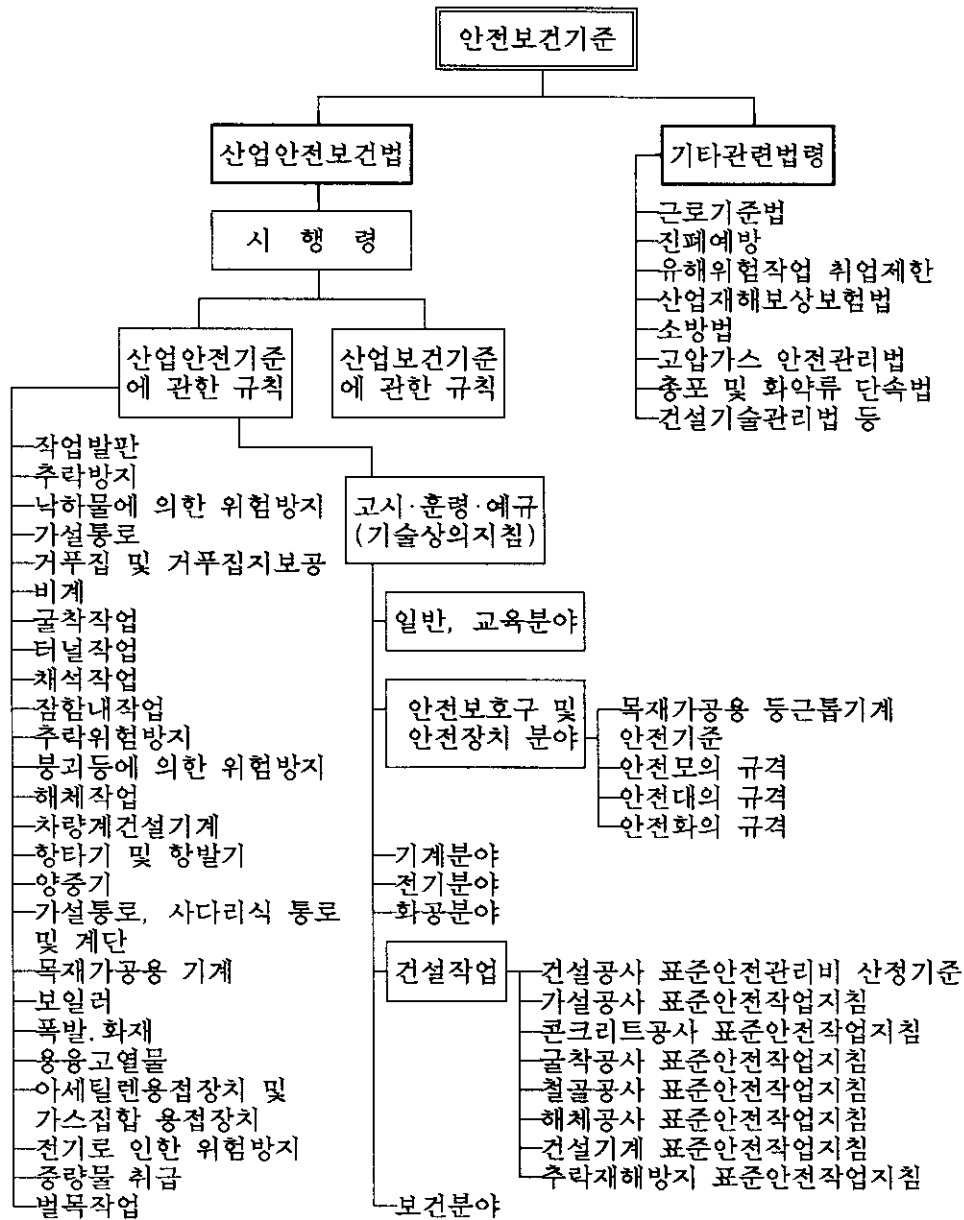
<표 3-1> 건설안전작업지침의 주요 내용

구 분	세분류	주요 내용	
관리적 대책	사고예방 원칙, 조직 및 활동	일반사항, 최고경영자 정책, 경영층의 의무와 책임, 현장관리감독자의 책임, 문책, 안전관리자의 책임, 일반 고용자의 책임, 설계자 기술자 등 전문가 책임, 일반적 안전보건 조직, 안전위원회, 교육훈련, 경쟁, 홍보 정보, 장외의 협력 등	
	보건대책	위생복리, 의료 및 감독, 캠프등	
기술적 대책	일반대책	공통사항	·현장의 안전보건 시설 ·작업장 및 설비 ·개인보호구 ·가설구조물: 비계, 사다리, 계단 등 ·건설장비
		재해 유형별 일반안전대책	·추락 ·움직이는 물체에 충돌 또는 협착 ·전도 또는 물체에 충돌 ·물체의 취급 ·공구사용
	공종별 대책	일반공통	철거, 토공사, 터널, 구조물의 일시적 불안정 위험, 철골작업, 콘크리트작업, 적재, 운반하역등
		특수작업	케이슨작업, 발파, 압축공기작업, 잠수작업, 도장작업, 용접, 불꽃 용단작업, 폐쇄공간의 작업, 천공 보링 향타, 표면처리, 유지관리 검사, 시험등
	장비 및 공구안전 대책	양중설비, 로우프 체인 및 부속물, 콘베이어, 철로, 도로 및 운송, 차고, 원동기, 기계일반, 목재, 가공설비, 건설장비, 공구, 전기, 압력설비, 수상설비, 사일로등	
	위험물질 대책	가연성 액체 및 가스, 부식성 액체, 유해용제, 용기의 표시, 유해분진, 화재위험 및 예방등	

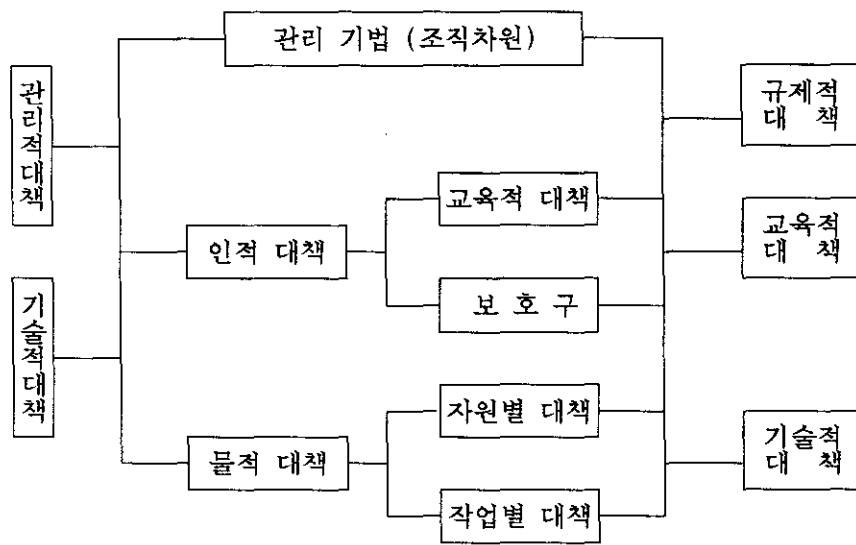
건설분야의 안전기준은 대부분이 산업안전보건법령에 망라되어 있으며, 기타 건설안전과 밀접한 법령으로는 소방법, 총포 및 화약류 단속법등 위험물질의 취급에 관한 법령과 근로기준법, 건설기술관리법등 간접적으로 영향을 미치는 법령이 있다. 안전기준의 전반적 사항은 산업안전기준에 관한 규칙에 규정되고 있으며, 구체적 기술기준은 고시에 의하여 표준안전 작업지침등으로 규정되어 있다. 이들의 위계적 체계는 <그림 3-1>과 같다.

즉, 건설안전정보의 체계는 크게 관리적 대책과 기술적 대책으로 대별되며, 기술적 대책은 다시 인적 대책과 물적 대책으로 구분할 수 있다. 인적 대책으로는 관리적 차원의 교육적 대책과 개인 보호구와 같은 기술적 대책이 있으며, 물적 대책은 작업별 대책과 자원별 대책으로 구분할 수 있다. 이러한 모든 정보는 위험의 유형별로 분류될 수 있으며 정보의 역할에 따라 규제적 대책, 기술적 대책 및 교육적 대책으로 구분된다. 이들의 관계를 도시하면 <그림 3-2>와 같다.

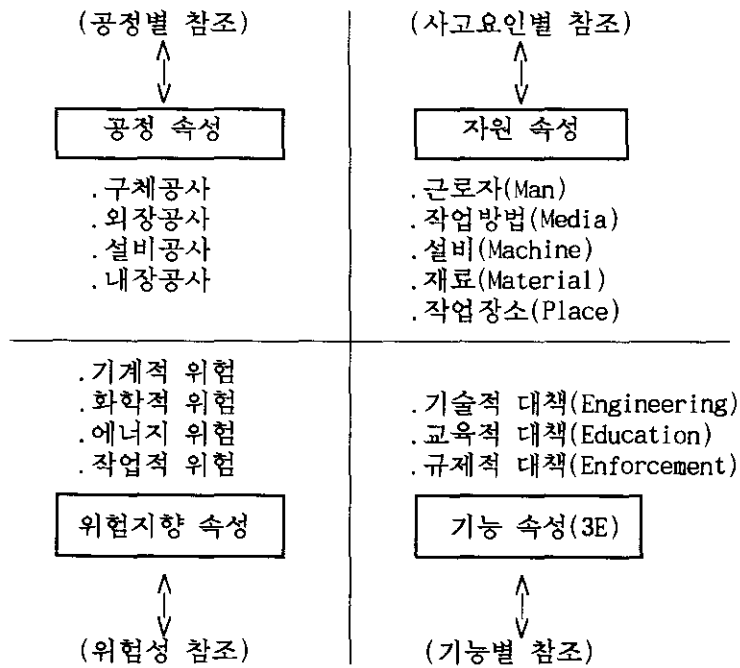
이상의 분석 결과를 종합하면 건설안전지식은 위험지향 속성, 자원 속성, 공정 속성 및 기능 속성을 가지고 있다고 할 수 있다. 위험지향 속성은 안전정보의 정의 그 자체에서 도출되는 가장 기본적인 속성으로서 이 속성과 관련된 안전지식은 추락, 충돌, 붕괴등 구체적 위험성에 관한 지식을 의미한다. 자원 속성에 의한 안전지식은 사람, 장비, 재료, 전기에너지 등 건설공사에 사용되는 자원에 관한 내용으로서 특정의 자원을 대상으로 하며, 위험성은 그 자원 속성의 일부라 할 수 있다. 공정 속성에 의한 안전지식은 작업과 관련된 건설정보의 일부로서 구체적 공정이나 작업에 따라 분류될 수 있다. 기능 속성은 안전정보의 작성 취지나 용도가 안전의 한계를 제시하여 기준의 준수를 강제하거나 근로자의 교육 또는 구체적 위험의 제거에 활용될 수 있음을 뜻한다. 즉, 이 네가지 속성은 각각 안전정보를 재해유형별, 자원별, 공정별 및 용도에 따라 참조할 수 있도록 해주며 이를 도표로 정리하면 <그림 3-3>과 같다.



<그림 3-1> 건설작업 관련 안전기준의 체계 및 주요 내용



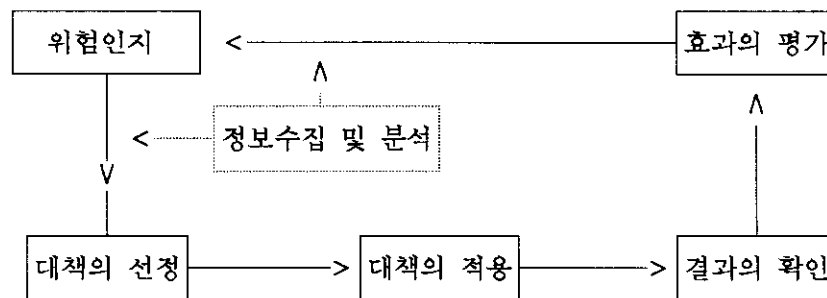
<그림 3-2> 건설안전정보의 체계



<그림 3-3> 건설안전지식의 속성별 참조 기능

나. 위험제어원칙

건설안전 지식모형은 사고방지원리의 전과정에 필요한 지식을 지원할 수 있어야 한다. 재해예방은 인간 생명의 보호를 위한 이념과 원칙에 뿌리를 두고 있으며 구체적으로는 근로자의 작업, 설비의 성능 및 물리적 환경을 제어하는 것을 말한다. 여기서 제어의 대상은 이러한 자원에 내포된 유해, 위험요소로서 이러한 요소들을 관리하는 것이 관리활동으로서 안전관리이다. 사고방지원리는 안전관리원칙으로도 불리며, 자료의 수집 및 분석, 개선책의 선정 및 실시, 확인의 순환과정이다. 사고방지원리의 실시를 위한 구체적인 위험제어 과정은 위험의 인지, 대책의 선정, 대책의 적용, 결과의 확인 및 효과의 평가의 순환과정으로서 이를 도시하면 <그림 3-4>와 같다[Cooling; 1990].



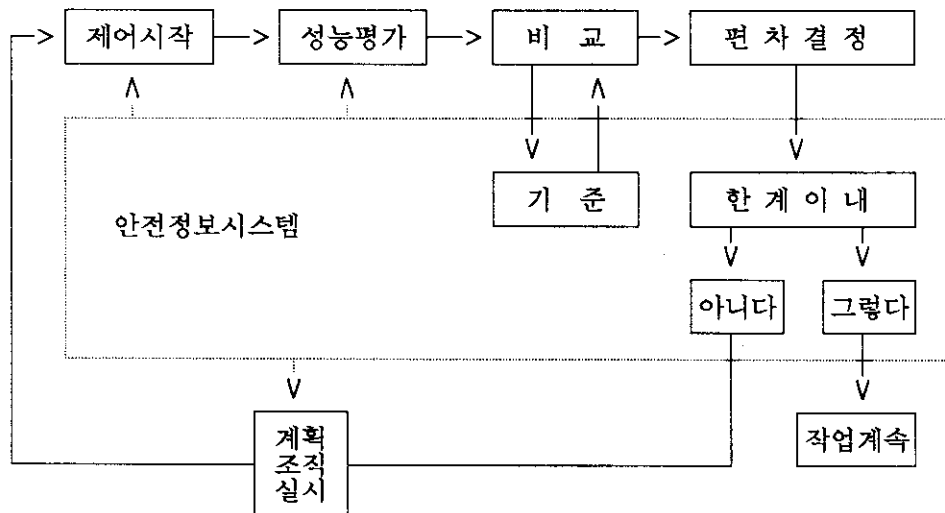
<그림 3-4> 위험제어 과정

또한 위험제어의 수단은 크게 근로자가 처한 외부의 물적 환경을 대상으로 하는 기술적 제어와 사람을 대상으로하는 인간적 제어로 나눌 수 있다. 인간적 제어는 동기 부여, 교육훈련 등 인적 대책으로서 본 연구에서는 서론의 연구범위에서 제시한 바와 같이 인간은 불안정한 존재라는 가정하에 안전한 물적 조건을 형성하는 기술적 제어를 위한 정보에 중점을 둔다.

기술적 제어는 제어수단의 필요성 인지, 적용할 제어절차의 수립 및 결정, 제어절차의 실시, 제어절차의 유지 및 보완의 과정을 밟는다[Stanton;1990]. 기술적 제어방법을 위

험의 제어시기에 따라 구분하면 첫째, 실행이 종료된 후의 결과를 예상과 비교한 정보로 다음의 기준으로 부더의 편차를 수정해 나가는 순환제어, 둘째, 계획된 임무가 적절히 수행되도록 고안된 실행이전의 정책, 절차, 규칙의 개발이나 기타 예비적 조치 등의 초기제어, 셋째, 실행과정중에 실시되는 지시, 감시, 사상을 정밀하게 제어하는 등의 동시제어로 구분할 수 있다. 건설작업은 일회성의 동적작업으로서 세가지 제어방법이 모두 동원되어야 하며 안전정보는 이러한 제어방법을 지원해 줄 수 있어야 한다.

위험의 제어를 목적으로 하는 안전관리업무의 대부분은 안전정보의 수집 및 분석 업무로서 안전정보시스템은 위험을 인지할 수 있게 해주고, 인지된 위험의 제어수단을 제시해 줄 수 있어야 한다. 위험제어는 기준을 설정하고, 기준에 의한 성능을 평가한 후 시정조치에 의해 바람직하지 않은 편차를 교정하는 과정이다. 따라서 안전정보는 자료 수집 및 분석, 대책의 선정 및 실시, 결과의 확인으로 이루어지는 위험제어를 위한 의사결정의 전과정을 지원할 수 있어야 하며 이를 도식하면 <그림 3-5>와 같다.



<그림 3-5> 위험제어 과정과 안전정보시스템의 기능

다. 지능형 정보시스템의 요구 기능

개념적 모형의 적합성은 실세계의 표현과 지식 저장의 효율성이 관건이다. 따라서 지식표현을 위한 개념모형의 구조는 실세계의 정확한 표현이 가능해야 한다. 즉, 지식모형은 실세계에 존재하는 실체의 상이한 부류 및 관계, 변환유형 및 제약조건 집합을 포착할 수 있는 표현력을 가진 구조여야 하며, 실세계의 정적 및 동적 속성을 상세화할 수 있는 능력을 갖도록 개발되어야 한다[Dillon;1993]. 실세계 표현을 위하여 갖추어야 할 이러한 기능을 건설안전관리 업무를 대상으로 분석하면, 건설안전정보시스템의 모형이 갖추어야 하는 요건으로 다음의 네가지를 설정할 수 있다.

- (1) 공정별, 사고요인별 및 위험의 유형별로 검색이 가능할 것.
- (2) 복잡하고 다양한 건설작업상황을 표현할 수 있을 것.
- (3) 이러한 작업상황에 잠재된 위험성을 표현할 수 있을 것.
- (4) 잠재된 위험성에 대한 제어수단을 제시해 줄 수 있을 것.

2. 작업상황의 표현

가. 건설작업분류체계

모든 건설작업은 공정별로 수행되며 생산조직인 하도급체제도 공정별 조직으로 볼 수 있다. 즉, 건설정보 검색의 기본단위는 공정으로서 공정은 위계구조로 세분될 수 있다. 안전정보도 기본적으로 공정별 검색이 가능해야 하며 필요에 따라 자원별 또는 위험의 유형별로도 정보를 검색할 수 있어야 한다. 즉, 건설작업 안전지침은 공사관리시스템의 일부로 작용하여야 하며 이들의 통합방법은 안전정보를 작업분할체계를 통하여 참조하도록 함으로써 가능하다. 따라서 여기서는 안전지식의 공정별 검색을 위한 작업분류체계에 관하여 고찰한다.

작업분류체계는 정보의 분류 및 표현을 위한 길잡이 역할과 정보제공, 의사결정의 상호조정을 용이하게 하는 역할을 한다. 즉, 작업분류체계는 관리 및 정보시스템을 설계하고 일과 사람을 통합하여 논리적이고 체계적인 계획을 수립하고 조직과 계획을 통합하는 기능을 한다[Harrison:1985]. 이러한 기능을 수행하기 위해서 정보분류체계는 가능한 한 실제공사를 근사하게 투영할 것과 모든 측면의 건설공사를 포함하여 필요한 부분이 누락되지 않을 것이 요구된다[Shin:1988].

안전관리도 공사관리의 일부로서 안전관리에 필요한 안전지식도 광의의 건설정보분류체계와 일관성있는 체계를 가져야한다. 건설정보체계는 건설업무에 참여하는 정보활동자가 정보도구를 사용하여 건설활동에 관련된 전 요소들을 조직화한 것으로써 자료정리뿐만 아니라 상호조정을 통하여 업무자동화로 귀결되는 전 건설기술의 총체적 발전을 위한 기반 역할을 담당한다. 즉, 건설공사 관련자에게 정확한 형태로 정확한 시간에 정보를 제공해 주어 설계, 시공, 유지관리 등의 전 프로세스에서 최소의 비용으로 효율적인 구조물을 짓기 위하여 프로젝트 수행기법들이 상호 조정되도록 건설정보를 분류해 준다.

건설산업의 대표적 정보분류체계로는 UCI(Uniform Construction Index)계열의 MASTERFORMAT, SfB계열의 CI/SfB(Construction Industry/ Samarbetskommitten for Byggsadfragor)와 CBC(Coordinated Building Communication)을 꼽을 수 있으며, 이 밖에도 영국의 BCIS분류체계(Building Cost Information Service)등이 있다. 이상의 건설정보분류체계는 분석과 종합 원리에 의한 패싯(facet) 분류방식의 SfB계열과 위계적 분류방식인 Masterformat의 양대 계열로 구분할 수 있다. 건설공사를 작업의 기능에 따라 구분하면 기초공사, 구체공사, 마감공사 및 시설공사로 나눌 수 있으며 각각의 공사는 계속하여 하위수준으로 세분이 가능하여 원하는 수준까지 작업을 분할할 수 있다. 위계적 분류방식을 건축철골작업을 예로들면 <표 3-2>와 같다.

본 연구의 작업상황 표현을 위한 작업분류체계는 이러한 분류방식을 응용하여 작업의 위계적 분류체계는 객체지향의 계승 및 부류 개념에 적합한 Masterformat 방식을 적용하고, 작업에 소요되는 구성자원의 조합에는 SfB 방식을 도입한다. 즉, 모든 유형의

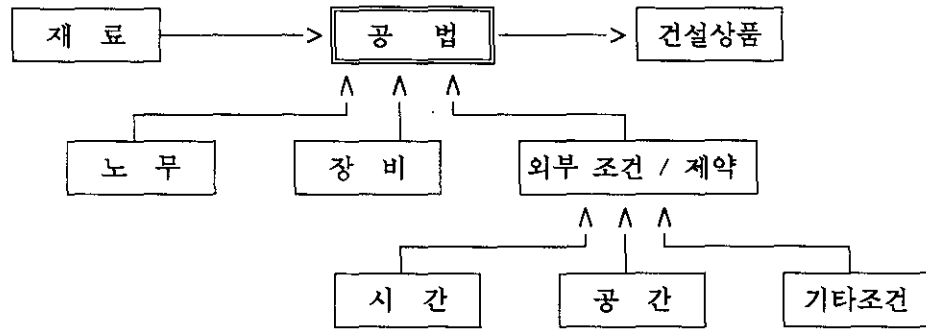
건설공사는 작업분류체계상의 작업으로 분할이 가능하며 역으로 작업분류체계상의 소요작업을 조합함으로써 모든 공사를 표현할 수 있다. 따라서 지식모형의 작업상황은 작업분류체계상의 작업단위가 되며 안전지식의 공정별 참조를 위하여는 작업단위로 안전지식의 검색이 가능하여야 한다.

<표 3-2> 건설작업의 위계적 분류

수준	분류단계	예
1	조직수준(organization level)	건설회사의 조직, 부서
2	공사수준(project level)	개별공사의 계획, 관리
3	현장수준(operation level)	공사현장의 관리, 운영
4	공종(module)	철골공사(단위공정의 집행)
5	공정(activity)	철골보조립
6	작업(task)	양중,조립(준비,본,마무리작업)
7	요소작업	가볼트채결
8	단위동작	가볼트끼우기
9	요소동작	임팩트렌치를 손에 쥔다

나. 건설작업의 표현

구체적 건설작업은 특정자원의 조합으로 이루어지며, 건설작업자원은 분석과 종합의 원리에 의한 SfB 방식으로 분류될 수 있다. 건설자원은 다양한 기준에 의해 분류되고 있으며 가장 기본적인 생산요소로는 일반적으로 5M(Man, Machine, Material, Money, Method)이 꼽히고 있다. 그러나 기본적 생산요소만으로는 다양한 공사의 제약조건의 반영이 미흡하며, 건설자원에는 이상의 기본요소뿐만 아니라 기본 요소를 구속하는 외적 조건들도 포함되어야 한다. 즉, 건설작업의 주요한 자원에는 <그림 3-6>과 같이 시간, 공간 및 기타의 무형의 자원들도 포함되어야 한다[Leu;1992]. 공사현장의 구체적 작업상황은 작업을 구성하는 자원의 조합으로 표현이 가능하며 여기서의 자원은 구체적 작업상황을 구성하는 특유의 속성을 갖는 객체의 집합이다.



<그림 3-6> 건설작업의 자원 조합

이때 구체적인 작업상황을 나타내는 작업명은 작업분류체계를 통하여 정의되며 이작업은 특정 자원의 조합상태로서 자원의 조합상태는 자원조합 규칙으로 형식화할 수 있다. 따라서 실제의 작업상황은 소요 자원들의 속성으로 나타난다. 즉, 작업상황은 이러한 제반 공사자원의 상호작용으로서 유형의 자원인 근로자, 설비, 재료, 및 공구들은 각각 객체에 의하여 정의되며, 무형의 자원인 외적 조건들은 이들 각 자원의 속성으로 정의할 수 있다. 객체지향방법에서는 작업명은 부류 개념으로 필요한 공정을 탐색하며 소요자원은 자원조합규칙에 의해서 조합된다. 객체지향방법에서 모든 자원은 객체로 생성되며 작업상태는 이들 객체의 상호작용으로서 객체의 속성으로 객체의 내부에 은닉된다.

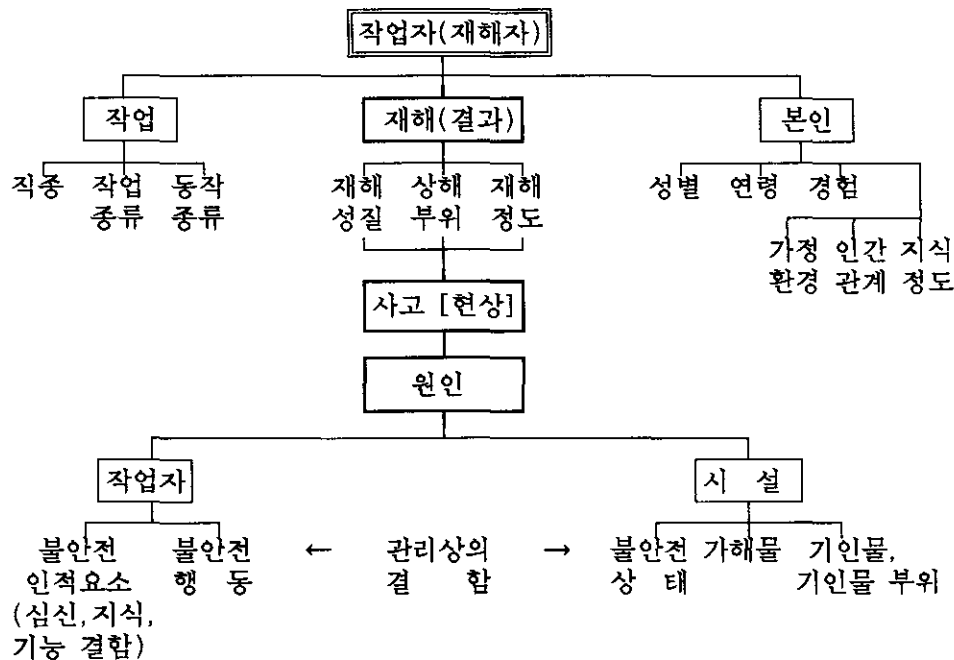
3. 사고상황의 표현

가. 사고정보체계

사고분석이나 재해통계분석은 사고발생으로부터 여기에 내재한 사고 과정과 결과를 가지고 작업내용과 작업자 사이의 연계를 시도하는 작업이다. 안전정보는 공사과정과

연계되어야 효과적으로 활용될 수 있으며, 과거 재해사례의 기록인 사고정보도 구체적인 작업상황에 필요한 내용만이 제공되어야 사고방지에 유효하게 기능한다. 앞에서 고찰한 바와 같이 사고정보의 효과적 활용은 동종 또는 유사 재해방지의 지름길로서 사고정보에는 구체적인 사고상황에 관한 정보가 들어 있어야 하며 누구나 손쉽게 접근할 수 있어야 한다.

건설작업을 위한 사고정보체계는 재해조사체계와 맥락을 같이하고 있다. 재해조사체계는 재해를 중심으로 작업과 작업자의 관계, 그리고 재해의 원인으로 작업자의 상태와 작업시설의 상태를 조사하도록 되어 있다. 이들의 세부 내용은 사고의 원인으로 작업 당시 작업자의 행위 및 내적 상태와 작업환경으로서 제반시설에 관한 사항들로서 이상의 재해조사체계를 도시하면 <그림 3-7>과 같다. 산업재해분석의 체계 및 주요내용은 <표 3-3>과 같이 요약할 수 있는데 대분류 항목으로 재해발생 현황과 재해발생 원인이 주요 내용이다.



<그림 3-7> 재해조사체계

<표 3-3> 산업재해통계의 내용

구 분		항목수	세 부 내 용	비 고
재해발생현황	전년도 대비	6 (10)	· 적용사업장수, 대상근로자수, 재해자수, 재해율, 경제적인손실 추정액, 근로손실일수	전년도와 비교, 작업별
	발생추이	3 6	· 전산업지수비교:사업장, 근로자, 재해자 · 산업별재해율:강도율, 도수율, 천인율	최근10년 추이
재해발생원인분석	일반현황	13 (15)	· 규모별, 성별, 연령별, 입사근속기간별, 동종업무근속기간별, 학력별, 재해정도(요양기간)별, 재해발생시기별(월별, 요일별, 시간별), 동시재해유발자수별, 재해구분별(작업장소), 담당직종별, 지역별, 지방노동관서별	산업별 중분류
	재해원인분석	9 (11)	· 작업내용 및 과정별, 동시작업인원별(작업구성 또는 배치인원), 기인물별, 발생형태별(사고형태), 상해종류별, 상해부위별, 관리적원인별(기술적, 교육적, 작업관리상원인), 직접원인별(불안전한 상태), 직접원인별(불안전한 행동)	산업별 중분류
	원인별교차분석	5	· 상해종류 및 상해부위, 상해종류 및 발생형태, 발생형태 및 불안정한 상태, 발생형태 및 기인물, 불안정한 상태 및 기인물	전산업 분석
사망재해	발생현황	1 3	· 사망재해율(만인율) 추이 · 산업별 전년도 대비	사망재해에 대한 별도분석
	일반현황	12 (14)	· 전산업의 '발생원인 분석' 중 '일반현황' 과 동일	
	원인분석	9 (11)	· 전산업의 '발생원인분석' 중 '재해원인분석' 과 동일	
직업병	발생현황	1	· 최근10년간 추이: 근로자수, 직업병자수, 이환율(천인율)	직업병에 대한 추가적 분석
	일반현황	8	· 연도별, 규모별, 성별, 연령별, 학력별, 입사근속기간별, 동종업무근속기간별, 직업병종류별	
기타 참고자료			· 업종별(중분류) 재해발생현황 요약 · 산업별 산재보상금 지급액, 장해자 및 근로손실일수 · 산출근거(월평균 근로시간수)	

[주] 1. 출처:노동부, '92산업재해분석.
2. 항목수 중 ()안은 소항목수 포함.

이밖에 사망재해와 직업병은 별도로 집계되며 기타 참고자료로 재해지표 산정에 이용된 근거를 제시하고 있다. 통계분석 내용중 사고정보로서 구체적 작업상황을 나타내주는 항목은 ‘재해발생 원인분석’중 ‘재해원인분석’ 항목으로서 앞에서 고찰한 재해조사체계의 사고원인에 해당한다. 그러나 이와같은 국가적 산업재해분석 통계는 산업재해의 추세나 대책의 우선순위를 결정하는 데에는 유효하다고 할 수 있으나 사고상황에 관한 구체적 정보가 부족하여 작업현장의 사고방지에는 크게 도움이 되지 못한다.

사고정보의 내용을 구체적으로 도출하기 위하여 우리나라의 사고조사양식인 재해조사표와 외국의 재해분류체계 및 양식을 비교 분석하였다. 이러한 분석결과를 사고상황의 표현에 필요한 기술적 측면의 사고정보 내용을 중심으로 정리한 것이 <표 3-4>이다. 이 표에서 보는 바와 같이 사고상황의 표현에 유효한 정보는 작업정보와 사고상황정보로서, 작업정보에는 작업내용 및 과정과 작업장소의 제반조건이 포함되며, 사고상황정보에는 작업상황중 재해와 관련된 재해자, 기인물, 가해물, 안전조치 상태, 발생형태등에 관한 사항이 들어 있다. 즉, 사고정보에는 작업의 내용에 관한 정보로서 무슨 작업을 어떤 방법으로 수행하고 있었는가 하는 작업내용에 관한 정보와 작업자의 위치, 주변환경, 기상조건등 작업의 외적조건에 관한 정보를 포함하고 있어야 하며, 사고상황에 관한 정보로서는 사고가 구조물, 건설기계, 공구, 재료등 외부의 물체에 기인한 경우는 이들 기인물의 결합상태와 움직임이 표현되어야 한다. 따라서 모든 건설작업 및 사고인자의 체계적 분류가 선행되어야 하며, 이를 위하여 작업분류체계와 작업자, 자재, 장비, 공구등의 자원분류체계가 사고분류기준으로 이용될 수 있다.

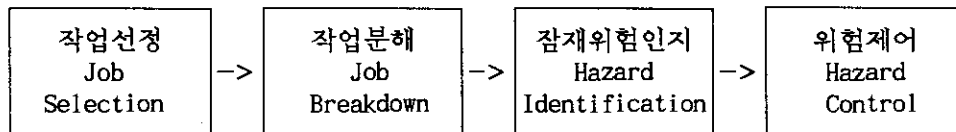
나. 작업위험분석

안전지식의 두 영역은 위험에 관한 정보와 위험의 제어수단에 관한 정보로서 모형은 이 두가지 유형의 지식을 모두 수용할 수 있어야 한다. 모형은 특히 예방적 안전관리로서 작업속에 잠재한 위험을 도출하는 작업위험 분석과정을 지원할 수 있어야 한다.

<표 3-4> 사고정보의 내용

대분류	중분류	소분류	정보원	비고
일반 정보	소속회사	·업종 ·실적 ·규모(근로자수)	공사기록	
	공사정보	·공사유형 ·공기 ·규모 ·구조형식		
	작업자	·국적 ·성별 ·연령 ·학력수준 ·입사근속기간 ·동종업무근속기간	노무관리 대장	
작업 정보	작업내용 및 과정	·공정, 단위작업 ·작업조(동시작업인원) ·작업성격(작업중, 휴식, 식사, 준비, 정리, 출퇴근, 기타)	현장조사	
	작업지역	·장소(지상, 지하, 수상) ·용도(현장작업지역, 하청작업지역, 운반기 구작업장, 가공조립작업장) ·환경(물리적, 화학적, 생물학적 환경) ·작업발판(가설발판, 구조물)		
사고 상황 정보	재해자	·활동 ·상해유발동작	현장조사	
	기인물	·기인물(동력기계, 운반기계, 공구, 가설물, 건 축물, 원재료, 화물, 환경, 발판) ·기인물상태 움직임	현장조사	
	가해물	·가해물 ·가해물 부위 ·가해물 움직임	현장조사	
	안전조치	·보호장비 및 시설 ·개인보호구	현장조사	
	발생형태	·추락, 전도, 충돌, 낙하, 비래, 붕괴, 도괴 등 (13개 항목)		
상해 정보 (결과)	발생시간 상해종류 상해정도 상해부위 동시재해자	·월, 요일, 시간 ·골절, 동상, 부종, 찢김 등 (16개 항목) ·두부, 안면부, 눈, 목, 어깨 등 (16개 항 목)	요양 신청서	
기타 (원인)	관리적요인	·기술적, 교육적, 작업관리상 원인	작업정보 및 사고 상황정보 의 중복	
	물적요인	·물자체의 결함 등 (8개 항목)		
	인적요인	·위험장소 접근 등 (11개 항목)		

여기서는 먼저 안전지식의 위험성에 관한 정보를 구체적 작업상황에서 도출하는 작업위험 분석기법에 관하여 고찰하고 지식모형에서 작업위험 분석기법의 수용방안을 강구한다. 작업위험분석(JHA; Job Hazard Analysis)의 기본 4단계는 첫째, 분석할 작업 선정, 둘째, 선정된 작업을 기본단계로 분해, 셋째, 각 단계와 연관된 위험의 인지, 넷째, 인지된 위험의 제어과정으로 구성되며 이 과정을 도시하면 <그림 3-8>과 같다 [CCOHS;1987].

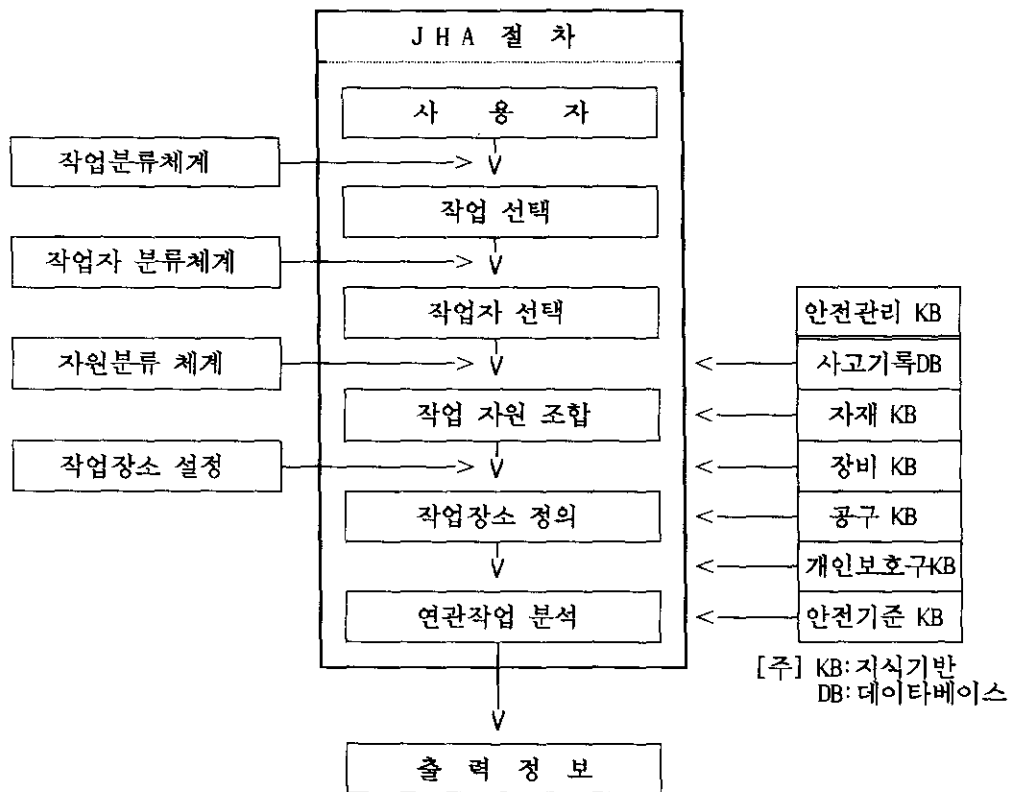


<그림 3-8> 작업위험분석 4단계

이상의 기본적 작업위험 분석방법을 건설작업을 대상으로 구체화시키면 다음의 과정으로 진행할 수 있다.

- (1) 공정의 선정 및 작업자 직종의 정의
- (2) 작업활동의 정의
- (3) 도구, 장비, 자재등 작업에 소요되는 자원의 결정
- (4) 작업장소의 제반 조건의 결정
- (5) 선행 및 후행작업과 동시작업의 간섭여부 결정
- (6) 위험성의 인지
- (7) 제어수단의 검토

안전지식으로서 구체적 작업에 관한 위험성은 작업위험 분석기법을 통하여 도출될 수 있으며, 작업의 위험은 앞절에서 고찰한 자원의 상호작용으로 표현된다. 위험제어수단은 위험의 유형별로 체계화된 위험분류체계를 통하여 참조할 수 있다. 작업위험 분석과정을 이용한 안전정보의 참조과정은 작업분류체계, 작업자, 자원분류체계, 작업장소의 순서를 거치며 이 과정을 도시하면 <그림 3-9>와 같다.

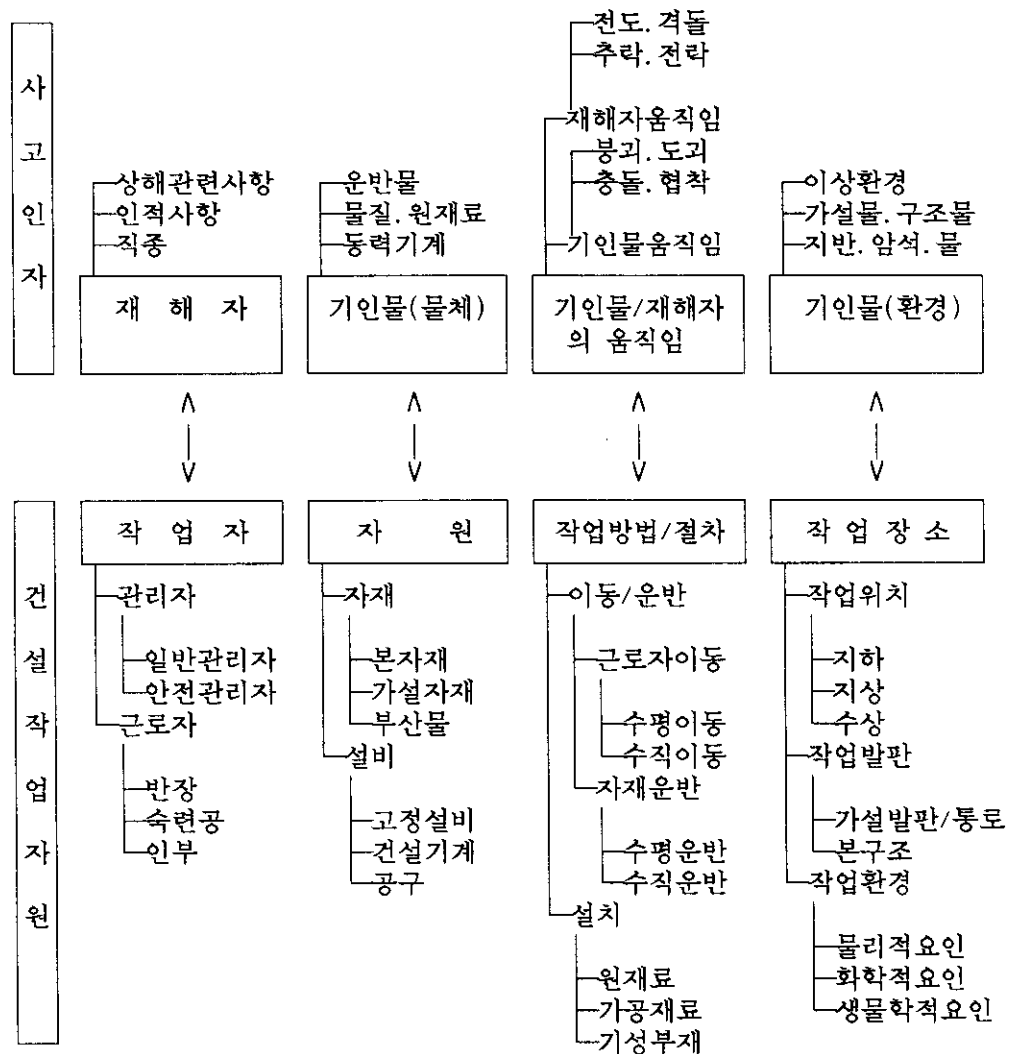


<그림 3-9> 작업위험분석에 의한 안전지식의 참조

사용자의 편의를 위한 사고정보 검색원칙은 우선 건설공사 수행의 기본단위인 공종별로 검색이 가능해야 한다는 것이다. 이 경우 사고정보는 단위작업 수준까지 세분하여 해당 사례만을 참조할 수 있어야 하고, 필요시는 공정별 뿐만 아니라 자원별로도 참조할 수 있어야 한다. 가장 바람직한 사고 정보의 내용은 실제 작업조건과 동일한 조건을 포함한 사례로서 사용자가 자신의 작업상황에 맞는 사고인자를 설정하고 이러한 인자가 조합된 조건을 갖는 사고사례를 검색하는 것이 효과적이다.

다. 사고인자와 작업자원의 대응

사고는 불안정한 자원의 상호작용으로 발생하며, 사고인자는 건설자원의 불안전 속성으로서 이들 자원의 불안전 속성을 조합시킴으로서 사고상황을 표현할 수 있다. 즉, 건설작업의 사고는 투입된 자원의 상호관계에서 발생하며, 사고원인은 작업자원의 속성으로서 자원의 내부에 표현이 가능하다. 따라서 사고인자는 사고상황의 건설자원으로서 작업자는 재해자, 작업자원은 유형의 기인물, 작업방법이나 절차는 기인물이나 재해자의 움직임, 작업장소는 무형의 기인물인 작업환경과 각각 대응하며 이상의 대응 관계를 도식하면 <그림 3-10>과 같다.

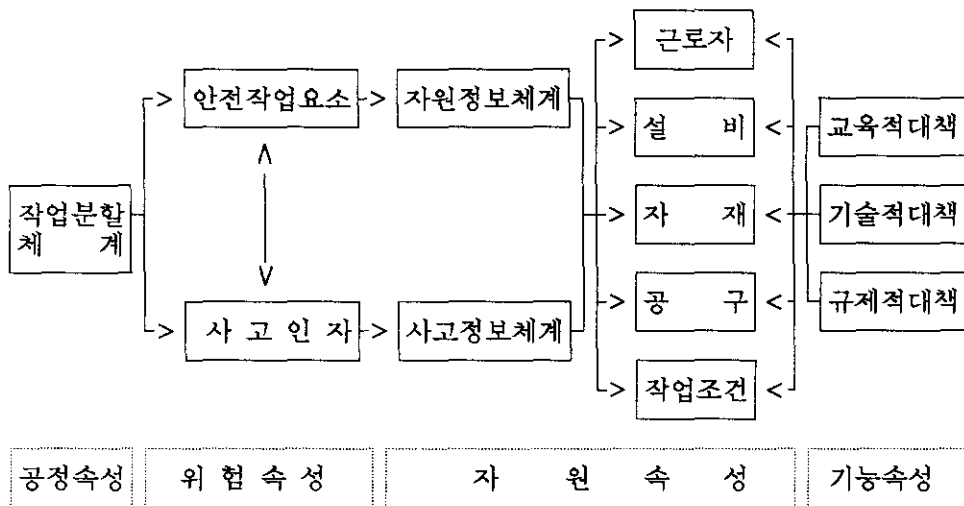


<그림 3-10> 사고인자와 작업자원의 대응 관계

4. 제어상황의 표현

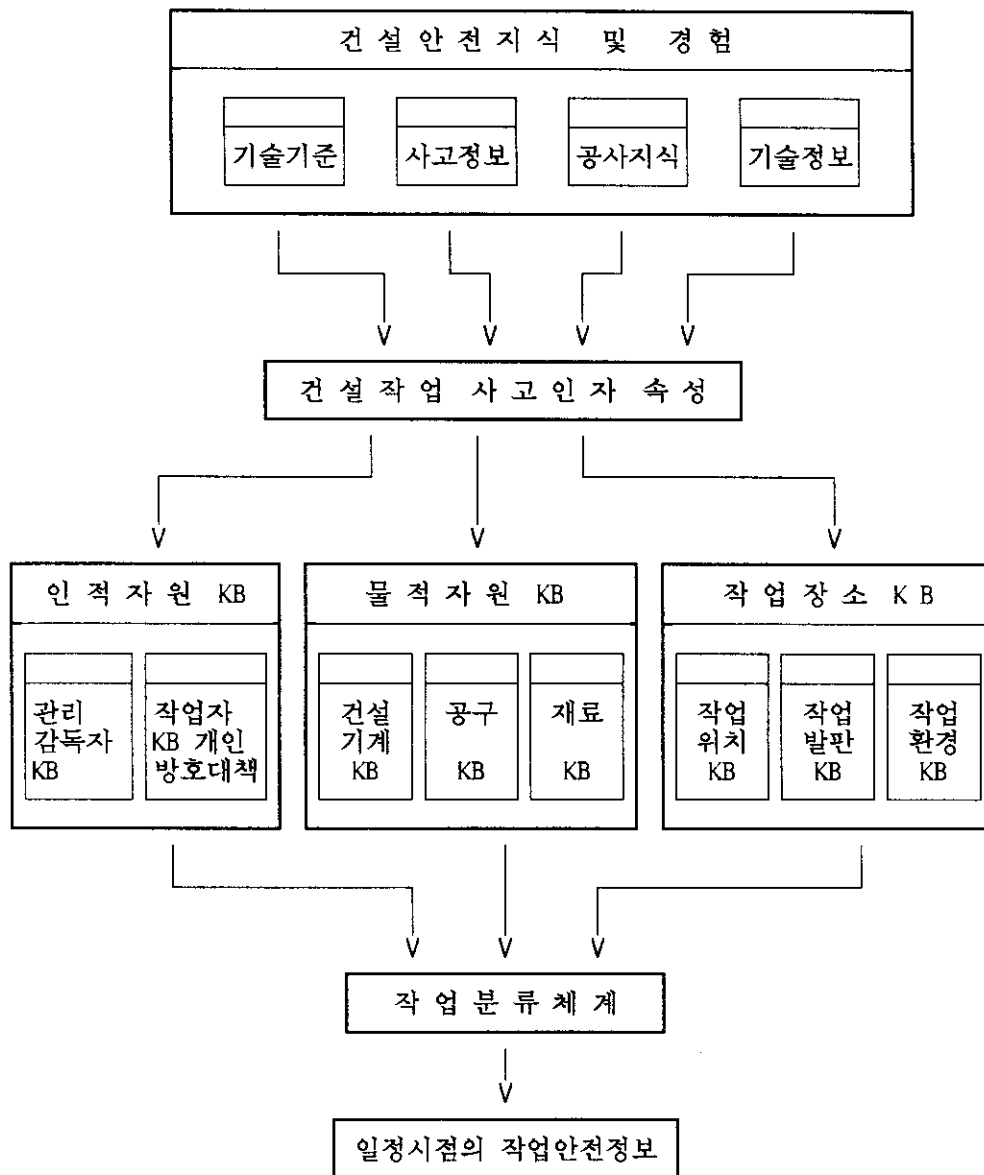
가. 건설안전지식의 저장

안전정보의 저장은 객체지향표현에 의해 작업자원의 불안전 상태를 객체의 위험속성으로 객체내부에 정의하여 저장함으로써 3.1절에서 도출된 안전정보의 네가지 속성을 모두 수용할 수 있다. 즉, 모든 건설작업은 작업분류체계로 표현함으로써 공정 속성을 수용하며, 위험 속성은 자원의 불안전 속성으로 객체 내부의 속성으로 표현된다. 또한 모든 자원은 자원분류체계로 수용되며 자원 속성은 안전지식의 활용상황에 따른다. 이와 같은 안전지식의 조직화 과정을 도시하면 <그림 3-11>과 같다.



<그림 3-11> 건설안전지식의 속성과 분류체계에 의한 조직화

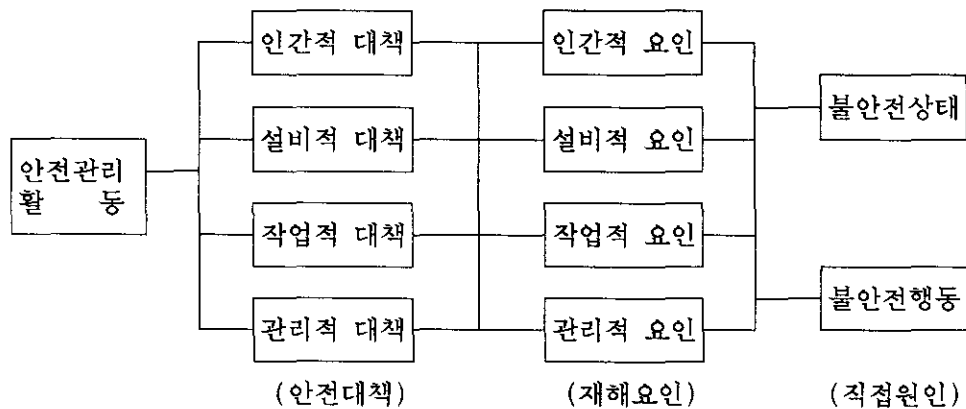
안전지식의 조직화 개념에 의한 안전지식의 저장에 있어 기술기준, 사고정보, 공사 지식, 기술정보등 모든 건설안전지식 및 경험은 작업자, 자원, 작업장소등 건설작업자원의 내부에 객체의 속성으로 저장되며, 필요한 경우 공사분류체계를 통하여 구체적인 작업상황에 관한 내용만이 검색된다. 이상의 안전지식의 저장과정을 도시하면 <그림 3-12>와 같다.



<그림 3-12> 건설안전지식의 저장 과정

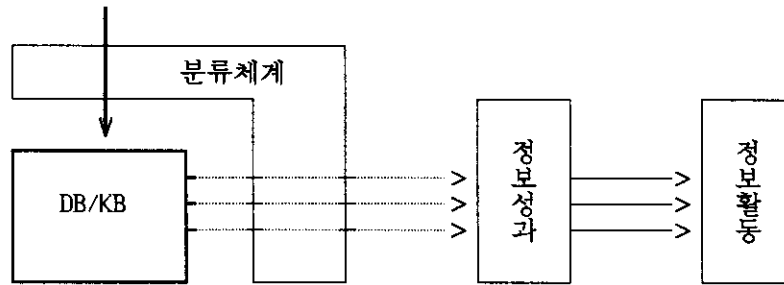
나. 안전지식의 참조

자원은 건설안전정보의 속성으로 정의함으로써 사고인자를 작업자원에 내재시키고 공사분류체계를 통하여 검색하도록 함으로써 안전지식을 공사관리과정에 활용할 수 있으며, 작업방법은 시공법으로서 각 자원의 움직임 또는 취급으로 표현이 가능하다. 일반적 산업안전대책의 대상별 접근방법은 <그림 3-13>과 같이 인간적 대책, 설비적 대책, 작업적 대책 및 관리적 대책으로 구분되며, 본 연구는 이중에서 주로 설비적 요인과 작업적 요인에 관한 안전지식을 대상으로 한다. 그러나 필요한 경우 인간적 요인은 지식기반의 확장으로, 관리적 요인은 기술적 지식의 메타지식으로 표현할 수 있다.



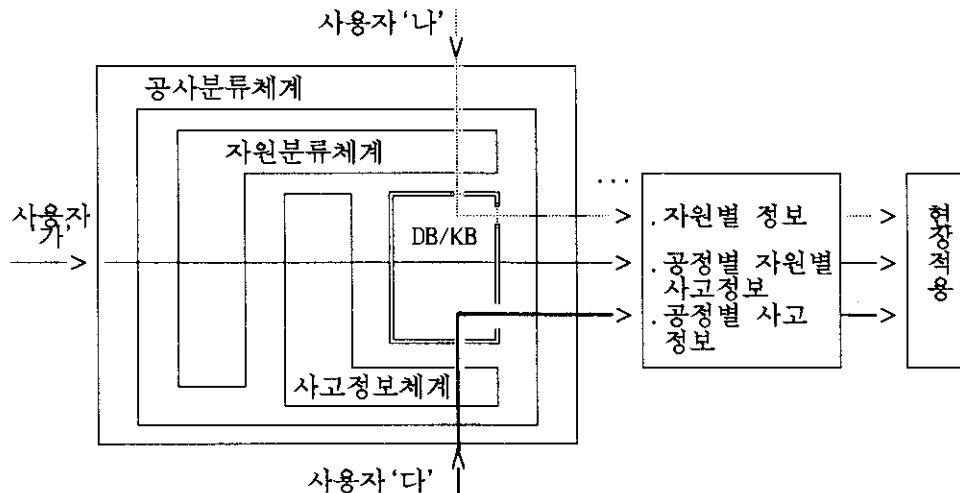
<그림 3-13> 사고요인과 안전대책의 관계

지식기반에 저장된 지식은 공정별, 작업자원별 및 재해유형별로 참조가 가능해야 하며, 필요한 정보의 접근에는 분류체계가 요구된다. 분류체계는 데이터베이스나 지식기반에 구조화된 정보의 저장을 가능하게 하고, 사용자로부터 필요한 정보에 접근 경로를 제공하며 검색결과도 작업상황에 따라 필요한 정보만을 선별하여 제공함으로써 보다 합리적인 안전관리를 가능하게 할 수 있다. 이와같은 분류체계에 의한 정보의 참조과정을 개념적으로 도시하면 <그림 3-14>와 같다.



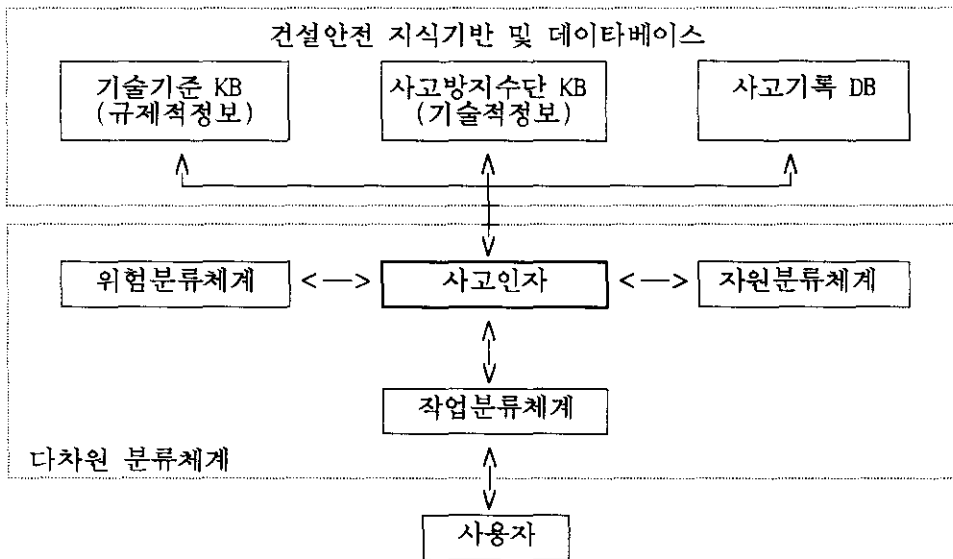
<그림 3-14> 분류체계에 의한 정보의 저장 및 검색

따라서 공정별, 자원별 및 재해유형별 검색을 위해서는 작업분류체계, 자원분류체계 및 사고정보체계등의 다차원 분류체계가 필요하다. 다차원 분류체계에 의한 안전정보의 검색은 분류체계에 의한 검색개념을 확장함으로써 가능하며 앞에서 고찰한 바와 같이 객체지향 개념에서는 다차원 분류체계를 객체의 내부구조로 수용하여 작업이나 자원의 분류체계는 부류 개념에 의해 객체내부에 캡슐화되어 표현되며 별도의 식별자가 없이도 모든 객체에 접근이 가능하다. 따라서 안전지식은 자업자원별로 지식기반에 저장하고, 저장된 정보는 다차원 분류체계를 통해서 필요한 내용만을 작업별, 자원별, 기능별로 검색할 수 있으며, 다차원 분류체계에 의한 정보검색 개념을 도시하면 <그림 3-15>와 같다.



<그림 3-15> 다차원 분류체계에 의한 안전정보 검색

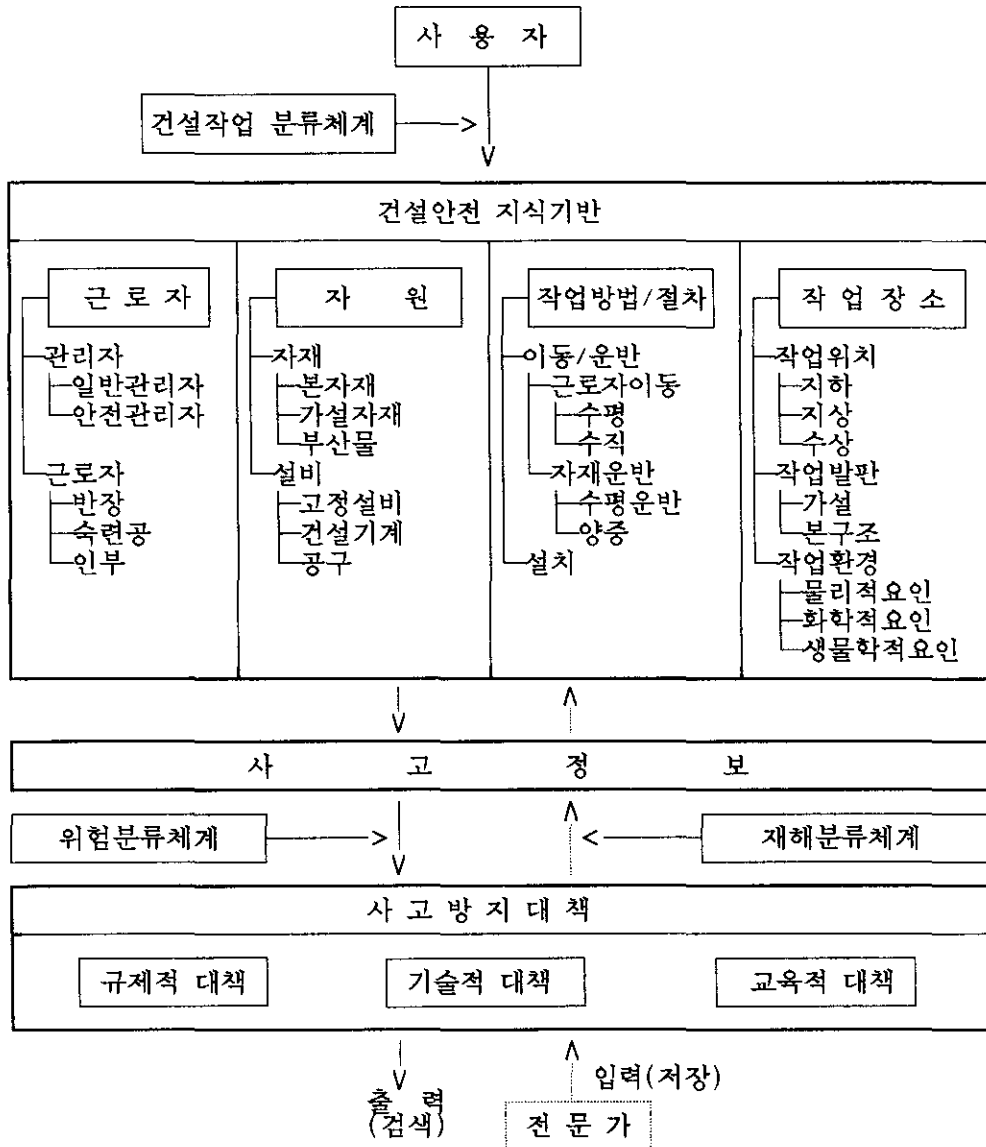
건설안전 지식기반은 기술기준, 사고방지수단, 사고기록등으로 구성되며 이들 정보는 사고인자를 통하여 접근할 수 있다. 사고인자는 위험분류, 작업분류, 자원분류등 정보분류체계상에서 파악할 수 있으므로 결국 사용자는 작업상황을 분류체계상의 사고인자로 해석하여 필요한 정보를 검색할 수 있다. 즉, 모든 안전지식은 다차원 분류체계로 분류될 수 있으며 분류체계는 객체의 내부구조로 수용되어 사용자가 어떠한 정보에도 직접 접근할 수 있다. 이러한 다차원 분류체계에 의한 지식기반 접근방법을 도시하면 <그림 3-16>과 같다.



<그림 3-16> 다차원 분류체계에 의한 지식기반의 접근방법

건설작업은 위계적 분류체계에 의한 부류 개념과 자원객체의 조합으로 표현함으로써 객체의 속성으로 정의된 안전정보는 공정별, 자원별 및 위험 유형별로 참조가 가능하다. 즉, 상이한 분류체계에 속하는 객체 및 객체의 속성은 별도의 식별자가 없이도 객체지향의 기본개념인 관계와 부류의 정의에 의해서 위계구조로 객체내부에 캡슐화되어 식별이 가능하다. 따라서 조직화된 지식은 별도의 과정을 거치지 않고 작업, 자원, 또는 사고유형 객체를 선택함으로써 검색된다. 작업의 위험성은 작업위험 분석과정을 규칙화한 사고규칙집합을 통하여 도출되며 위험제어수단도 제어규칙으로 제공된다. 이상의 고찰결과를 토대로 건설안전지식의 저장 및 검색 과정을 정리하면 사용자는 작업분류체

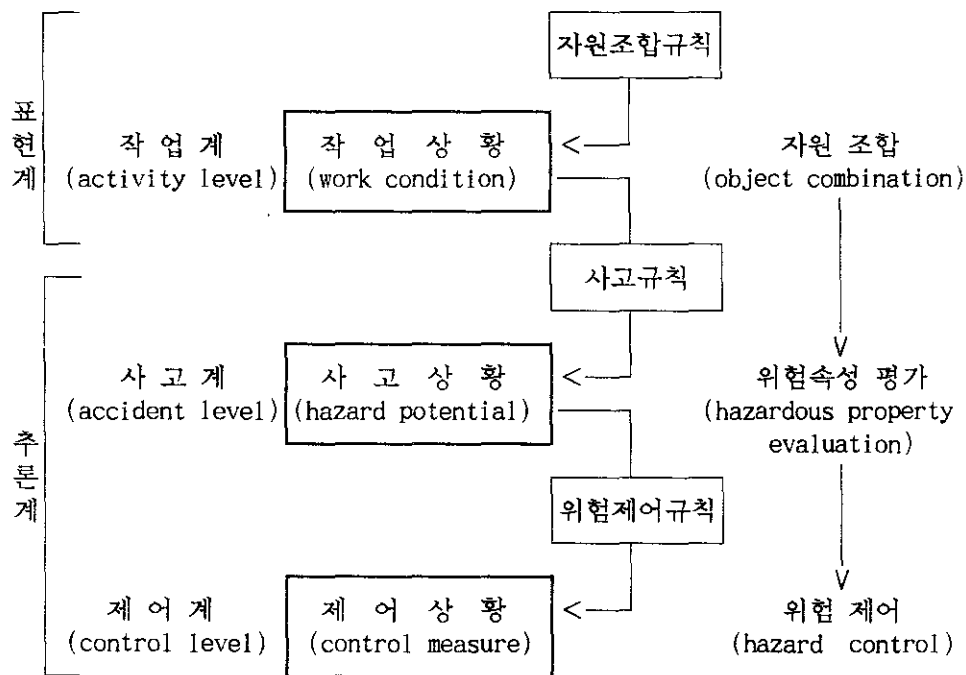
계를 통하여 안전지식기반과 사고기록에 접근하고 필요한 안전대책은 위험의 유형별로 검색되고, 안전지식은 검색과정의 역순으로 입력되며 이를 도시하면 <그림 3-17>과 같다.



<그림 3-17> 건설안전지식의 저장 및 검색 과정

5. 건설안전 정보시스템의 개념적 모형

이상에서 고찰한 바와 같이 모든 건설작업은 작업자, 자재, 공구, 장비 등 소요자원의 조합으로 표현될 수 있다. 작업상황은 작업조건 및 자원 속성의 상호작용이며 사고는 제 자원이 비정상 상태인 경우로서 자원의 위험 속성의 발현이다. 따라서 자원의 속성을 평가함으로써 작업의 위험성을 분석할 수 있으며, 위험성에 대한 대책은 제어전략의 우선순위에 따라 수립될 수 있다. 즉, 건설안전지식은 작업상황을 나타내는 작업계, 작업계의 제 자원의 불안전 속성으로 사고상황을 나타내는 사고계 및 사고방지수단으로 위험성이 제어된 안전한 제어상황의 제어계로 구분할 수 있다. 따라서 건설공사에 적합한 안전지식의 표현 및 추론을 위한 지식의 개념적 모형은 작업계, 사고계 및 제어계로 구성할 수 있으며, 이를 도식하면 <그림 3-18>과 같다.



<그림 3-18> 건설안전 정보시스템의 개념적 모형

작업계는 속성을 내부구조로 가진 자원 객체의 조합에 의하여 작업상황을 나타내는 표현계이다. 작업계의 표현질차는 구체적 작업 선정, 선정된 작업의 자원의 조합, 개개 자원의 속성 정의 순서로 구현된다.

사고계는 위험분석 기능을 수행하는 사고규칙 집합으로서 제어계와 같이 추론계를 구성한다. 사고계는 자원의 위험 속성을 사고규칙에 따라 평가하는 차원으로서 사고상황을 표현한다. 사고유형은 상이한 자원 속성의 상호작용의 결과로서 자원속성의 유형별 결합을 자료수준에서 사고규칙으로 평가된다.

제어계는 위험제어수단을 추론하는 제어규칙집합으로서 사고계와 함께 추론계를 구성한다. 제어규칙집합은 위계화된 위험제어 수단을 제어전략의 우선순위에 따라 추론한다.

제4장 건설안전정보시스템 모형 구축

1. 작업상황모형

가. 객체의 유형 및 상호관계

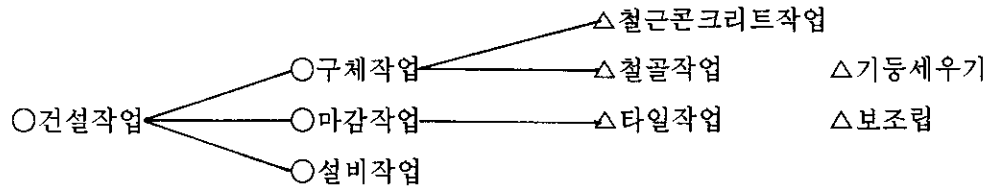
모형은 모형의 제 요건중에서 우선 첫번째 요건인 다양하고 복잡한 건설작업상황을 표현할 수 있어야 한다. 건설작업의 상황은 위험성이 평가되기 이전의 보통의 작업상황, 재해를 일으킬 수 있는 불안정한 사고상황 및 위험이 통제되어 사고의 가능성이 없는 제어상황으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 보통의 작업상황을 구성하는 요소들을 일차적인 객체의 유형으로 파악하고, 사고상황은 작업상황을 구성하는 객체들의 불안전 속성들의 상호작용으로 파악한다. 모든 건설작업은 자원 상태의 조합으로 구성되는 것과 같이, 객체지향표현에서는 작업과 작업의 자원을 객체로 설정하고 이들의 상호관계를 정의함으로써 작업이 표현된다. 즉, 구체적 작업상황은 작업의 조건 및 각 자원들의 상태의 상호작용이며, 작업조건은 작업 객체의 속성으로, 각 자원의 상태는 자원 객체의 속성으로 각각 표현이 가능하다. 따라서 가장 우선적으로 생성되어야 할 객체는 작업의 유형들이며, 다음으로 개개 작업을 구성하는 자원들이 객체로 생성되어야 한다. 이하에서는 작업을 구성하는 객체를 생성하고 이들의 속성을 객체의 내부구조로 정의함으로써 구체적 작업상황을 표현할 수 있는 모형을 제시한다.

작업분류체계상의 모든 건설작업은 객체지향의 부류 개념으로 표현할 수 있다. 작업분할체계는 제3장에서 고찰한 바와 같이 분류차원에 따라 공사수준으로부터 단위동작수준까지 분류가 가능하다. 구체공사, 마감공사, 설비공사등과 같이 공사의 종류에 따른 구분은 하위부류나 각 작업 객체의 속성으로 표현이 가능하며, 객체지향표현에서는 이러한 위계구조는 해당 객체내부에 캡슐화되어 표현된다.

단위 건설작업은 자원의 조합으로 이루어져 있으며, 자원의 유형은 작업자, 자재, 공

구, 장비등의 유형 자원과 작업공간, 작업시간등의 무형 자원으로 구분할 수 있다. 작업상황의 표현을 위한 자원 객체로는 공통의 유형자원인 작업자, 장비, 자재 및 공구를 선정하고, 기타의 무형 자원들은 이들 객체의 속성으로 표현하기로 한다. 단위공정 수준에서 철골작업의 분류체계를 예로 들면 건설작업이라는 부류 밑에는 구체작업, 마감작업, 설비작업등의 하위부류가 있을 수 있다. 또한 단위작업중 철근콘크리트작업과 철골작업은 구체작업의 객체로, 타일작업은 마감작업의 객체로 설정되며, 철골작업 객체에는 기둥세우기, 보조립등의 하위객체를 생성할 수 있고, 이들 작업은 더 하위의 객체로 세분될 수 있다. 이러한 관계를 예시하면 <그림 4-1>과 같으며, 이하의 그림에서 ○는 부류, △는 객체, □는 부류나 객체의 속성을 나타낸다.

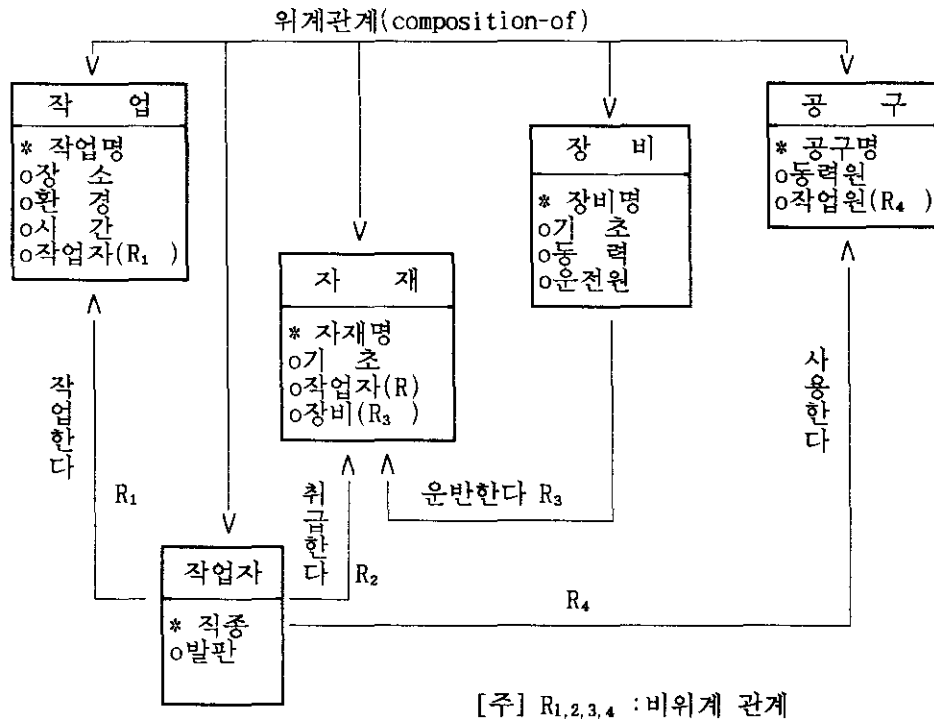
다음으로 작업상황의 표현을 위해서는 객체의 상호관계에 대한 정의가 필요하다. 실세계의 서로 다른 사물사이에는 상관성이 존재하며, 상관성에 참여하는 모든 사물들은 객체로 추상화될 수 있다[김완현;1994]. 관계는 이러한 사물사이에 계통적으로 유지되고 있는 상관성의 한 집합에 대한 추상적 개념으로서, 개념 및 관계를 결정하는 추상화 기구에는 분류와 예시, 군집화와 분해, 일반화와 특수화 및 연계의 네가지가 있다.



<그림 4-1> 건설작업의 객체화

두 사물간의 관계는 일반적 관계나 구체적 관계중의 하나에 속한다. 예를 들면 건설작업에 양중장비를 사용할 경우 건설작업과 양중장비는 일반적 관계이며 특정의 철골공사에 타워크레인을 사용할 경우는 구체적 관계에 속한다. 이러한 관계는 관계의 위계성 유무에 따라 위계관계와 비위계관계로 구분되는데, 위계관계는 두가지 개념을 위계형식으로 연결시킨 것이며, 비위계관계는 두가지 이상 개념의 불규칙한 비위계적

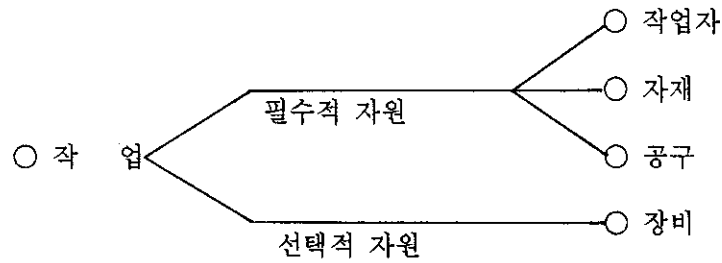
연계방식 또는 연계성을 말한다[Dillon:1993]. 즉, 작업분류체계상의 상위요소와 하위요소사이의 위계관계이며, 작업을 구성하는 작업자원들 사이의 관계는 비위계관계로서, 건설재해의 원인인 사고인자들 사이의 상호관계도 비위계관계이다. 이중에서 작업과 작업을 구성하는 자원들 사이의 관계를 도시하면 <그림 4-2>와 같다.



<그림 4-2> 작업자원의 상호관계

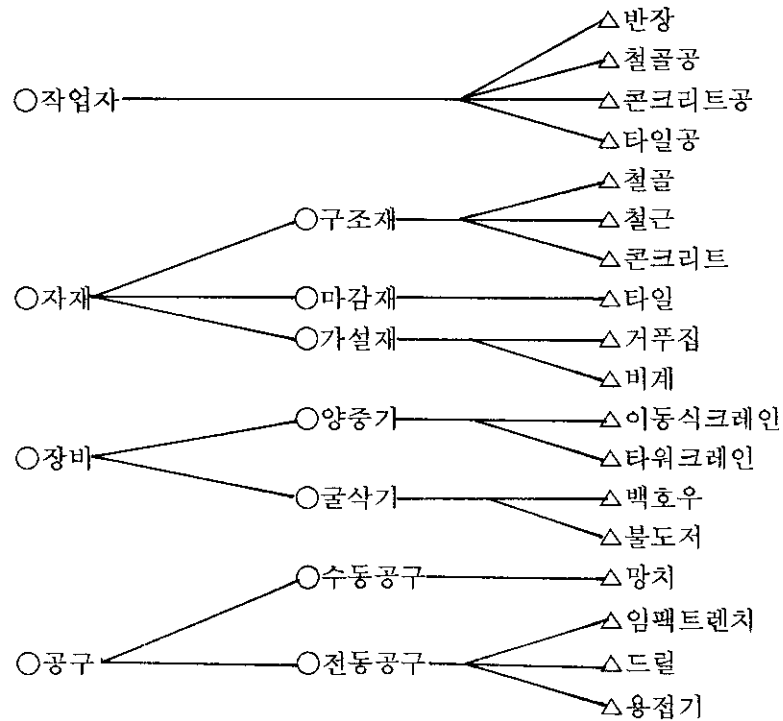
작업과 자원의 비위계 관계는 자원이 작업에 필수적인 경우의 필수적 구성관계와 장비의 경우와 같이 취급자재가 중량물인 경우에만 필요한 선택적 구성관계로 구분할 수 있다. 객체지향표현에서 이상의 작업을 구성하는 자원과 작업의 관계는 <그림 4-3>과 같이 표현된다.

위계관계는 추상화 기구에 따라 일반화 관계, 예시 관계, 구성 관계 및 소속 관계로 구분할 수 있다.



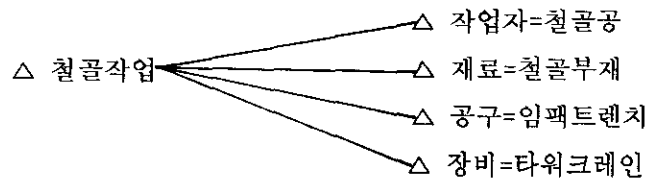
<그림 4-3> 작업과 자원의 조합 관계

정의된 객체의 유형들 중 작업과 작업자원의 관계는 조합 관계이며, 작업분류체계와 같이 동일한 부류내의 작업, 작업자, 자원, 공구, 재료들 사이의 내부적 상호관계는 일반화 관계에 해당한다. 예를 들면 작업자 분류체계상의 작업자와 목공이나 철골공 사이의 관계는 위계관계중 일반화 관계로 표현되는데, 이와같은 관계를 다른 자원들과 함께 예시하면 <그림 4-4>와 같다.



<그림 4-4> 작업 자원의 위계관계

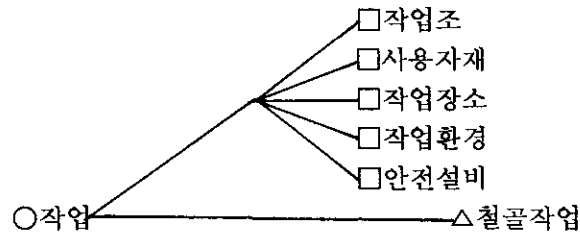
구체적 작업 객체를 구성하는 자원 객체는 작업에 따라 보편적 작업상황을 나타내는 고유값을 가지며, 이 값은 공법이나 사용 자원이 다를 경우는 변경될 수 있다. 철골작업을 예로들면 구성 자원으로 작업자는 철골공, 자재는 철골부재, 공구는 임팩트렌치, 장비는 크레인으로 조합되며, 여기서 크레인은 작업에 소요되는 자재가 중량일 경우에만 필요한 선택적 구성관계이며, 나머지는 필수적 구성관계로서 철골의 접합공법이 볼트접합이 아닌 용접에 의한 경우 공구는 용접기로 설정될 수 있다. 객체의 상호관계에 의한 철골작업의 자원 조합에는 <그림 4-5>와 같다.



<그림 4-5> 철골작업의 자원조합

나. 객체의 내부구조

속성은 추상화된 실체가 내부에 소유한 단하나의 특성에 대한 추상물로서[김완현;1994], 구체적 작업상황은 작업과 자원의 내부구조인 속성들의 집합으로 추상화된다. 따라서 구체적 작업상황은 작업을 구성하는 객체의 성질을 규명하고 이들 속성의 상호관계를 정의함으로써 표현이 가능하다. 앞에서 고찰한 바와 같이 객체의 내부구조는 속성과 활동으로 구성되며, 속성은 객체의 정적 상태를, 활동은 객체의 동적 상호 작용을 표현한다. 즉, 모든 건설작업은 지상, 지면, 지하, 수상, 지중, 개방공간, 폐쇄공간등의 작업장소, 물리적, 화학적 및 생물학적 환경으로 분류되는 작업환경, 그리고 주간, 야간등의 작업시간의 조건하에서 수행되며 이들은 작업의 속성으로 정의될 수 있다. 이러한 관계는 <그림 4-6>에서와 같이 표현될 수 있다.

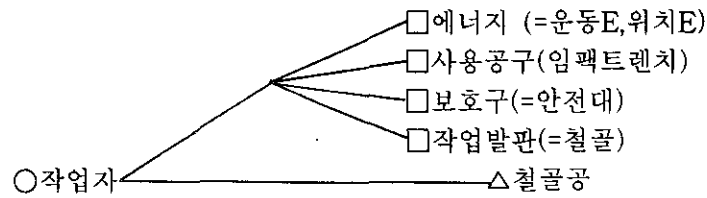


<그림 4-6> 작업 객체의 속성

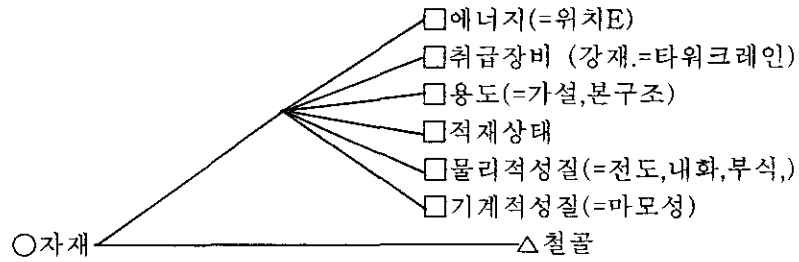
재해는 이러한 속성중에서 특정의 사고와 관련된 속성의 발현이며, 본 연구는 객체가 소유한 제 속성중에서 사고와 관련된 속성만을 대상으로 한다. 추락재해를 예로 들면 지상의 작업으로서 작업발판이 불안정한 상태에서 발생하며, 이러한 불안전 상태는 작업이나 작업을 구성하는 자원의 속성으로 표현이 가능하다. 작업 객체를 예로 들면 위에서 열거한 작업장소, 작업환경, 안전설비, 작업자, 사용자재등이 작업의 속성으로 정의될 수 있으며 이들 속성은 철골작업, 타일작업등 모든 종류의 작업에 공통된 부류 속성에 해당한다. 자원 객체의 경우도 앞에서 객체로 설정한 작업자, 자재, 장비, 공구등에 대하여 동일한 방식으로 정의할 수 있으며 자원의 유형별 속성을 예시하면 <그림 4-7>과 같다.

다. 작업상황의 표현

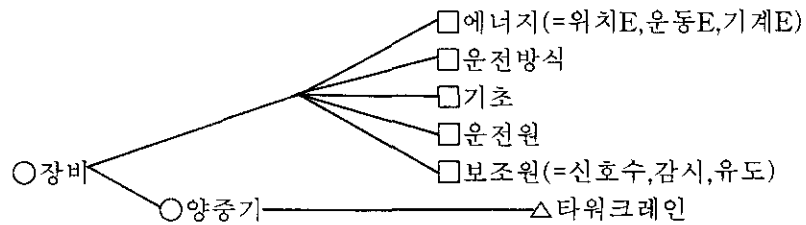
부류나 객체의 속성은 객체의 핵심개념인 부류 및 계승개념에 의해 하위의 부류 및 객체에 계승된다. 즉, 작업의 속성으로 표현되는 작업조건은 객체지향 시스템의 특성 중의 하나인 상속 개념에 의해 하위 부류 및 작업 객체에 계승되며, 작업의 속성은 부류 속성으로서 작업자원의 속성에 우선적으로 영향을 미친다. 따라서 작업 객체와 작업을 구성하는 자원 객체의 상태는 객체지향방법에서는 객체의 내부구조인 속성으로 구체적 작업상황이 표현된다. 예를 들면 모든 작업상황은 작업 속성과 자원 속성의 계승으로 표현되며 이를 도시하면 <그림 4-8>과 같다.



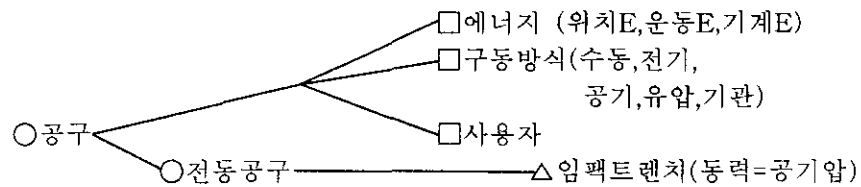
(1) 작업자 객체



(2) 자재 객체



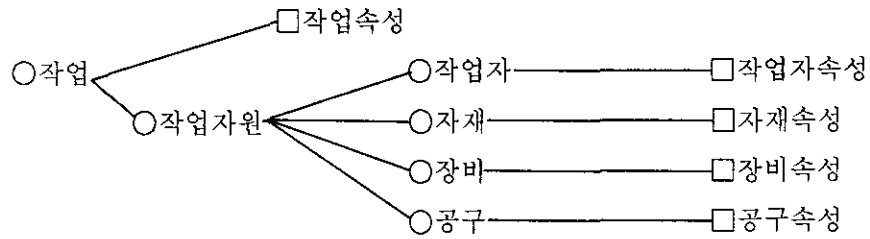
(3) 장비 객체



(4) 공구 객체

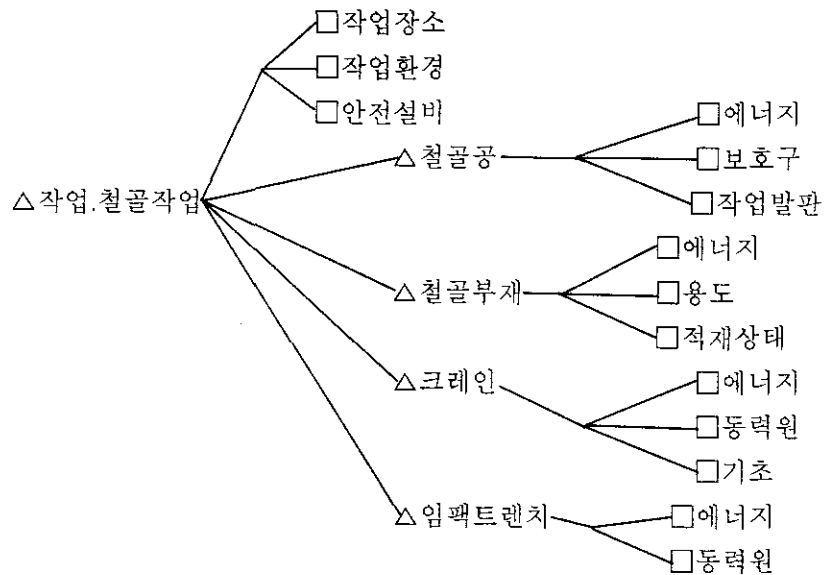
[주] 'E'는 에너지의 약호임.

<그림 4-7> 자원 객체의 속성



<그림 4-8> 객체 속성에 의한 작업상황의 표현

철골작업 상황의 표현을 예로 들면 작업조건은 작업의 속성인 작업장소, 작업환경, 안전설비 등을 계승하며, 철골작업의 자원은 자원상호간의 관계에 의해서 작업자는 철골공, 자재는 철골부재, 장비는 크레인, 공구는 임팩트렌치로 조합되며 각 자원의 속성도 계승된다. 따라서 구체적인 철골작업상황은 작업 속성과 자원 속성의 조합으로 표현되며 이를 도시하면 <그림 4-9>와 같다. 객체지향표현에서 객체의 속성은 <객체명칭>.<속성명칭>의 슬롯형식으로 표현된다.

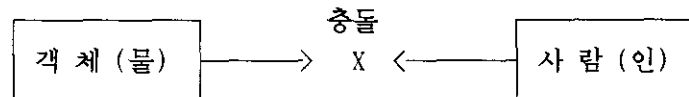


<그림 4-9> 철골작업 상황의 표현

2. 사고상황모형

가. 사고인자의 위험속성

사고란 ‘질병이나 상해, 재산, 설비, 제품 또는 환경의 손상, 생산의 손실이나 손실가능성의 증가등을 야기시키는 바람직하지 않은 모든 상황’을 의미하며, 사건은 ‘사고를 야기시킬 수 있는 가능성이 있는 바람직하지 않은 모든 상황 및 실수’를 의미한다. 재해는 사고로 인한 결과로서 ‘인간과 잠재 에너지를 가진 외부객체와의 충돌 현상’이며, 산업재해를 좀더 구체적으로 정의하면 ‘외부의 에너지가 근로자의 신체에 충돌, 작용하여 근로자의 생명 또는 노동기능을 감퇴시키는 현상’으로 표현된다. 즉, 산업재해는 사람과 에너지의 충돌 관계로 표현될 수 있으며 이를 개념적으로 도시하면 <그림 4-10>과 같다.



<그림 4-10> 사고발생기구의 단순화

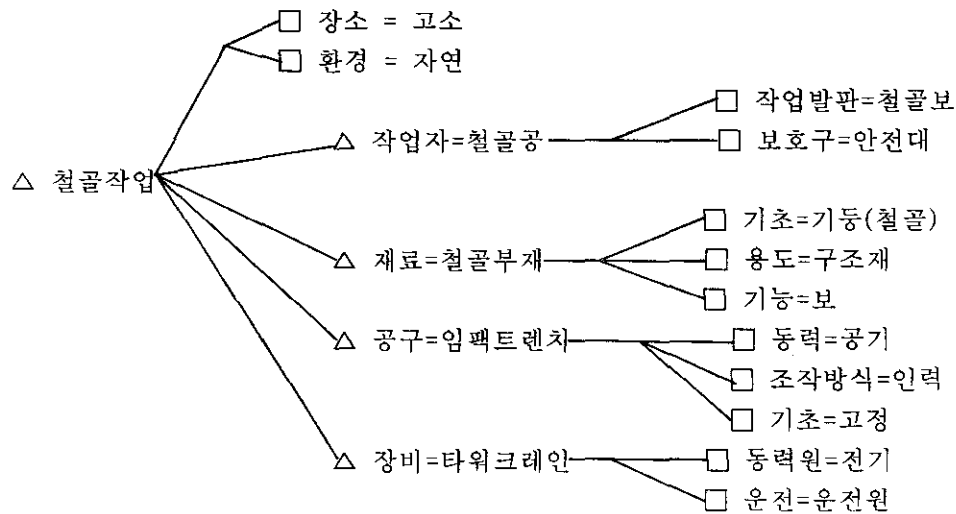
공학적 측면의 산업재해의 구조는 사고인자의 상호 관련성과 사고인자와 사람과의 접촉 형태에 따라 구분될 수 있다. 여기서 사고인자는 사고의 원인을 제공한 기인물과 근로자의 신체에 직접 접촉하여 상해를 입힌 가해물로 구분되나 본 연구에서는 기인물을 사고인자와 동일한 의미로 사용한다. 사고인자의 상호 관련성을 기준한 산업재해의 구조는 집중형, 단순형 및 이들 유형이 혼재한 복합형으로 구분되며, 사람과 기인물과의 접촉 형태에 따른 사고의 형은 에너지 광란형, 사람에 의한 에너지 구역 침입형, 에너지원으로서의 인체와 물체의 충돌형, 그리고 작업환경속의 유해물과 사람의 접촉 또는 흡수형으로 구분된다. 여기서 에너지 광란형은 작업자와 접촉이 없을 경우는 단순한 사건으로 끝나거나 물적 손실만 있는 물적 사고가 되며, 이 물적 사고가 작업자와 접촉할 경우 인적 사고로서 재해가 된다.

사고상황은 작업상황에 내재하며, 사고는 작업상황을 구성하는 객체의 불안전 속성의 발현 또는 이들의 상호작용의 결과이다. 즉, 사고의 가능성은 객체의 제 속성중에서 사고와 관련된 위험 속성을 정의하여, 이들을 모든 객체 유형 및 사고 속성에 공통으로 작용하는 사고규칙으로 평가함으로써 표현이 가능하다. 사고는 작업의 속성인 불안정한 작업조건과 구성 자원의 불안전 상태에서 발생하며, 사고인자는 작업조건, 자원의 상태나 움직임 등 작업상황 모형에 내재하는 요인들중에서 불안전 속성을 갖는 객체이다. 따라서 이러한 불안전 속성을 앞에서 고찰한 위험 속성으로 정의하고 이들의 상호작용을 평가함으로써 작업의 위험성을 표현할 수 있다. 즉, 작업상황은 객체의 속성이 정상상태인 경우와 비정상 상태인 사고상황도 포함하고 있으며, 사고는 자원의 상태가 비정상 상태인 작업상황에서 자원의 위험 속성이 발현된 것으로 볼 수 있다. 여기서는 이러한 상태를 객체의 속성이 정상 상태인 작업상황과 구분하여 사고상황으로 정의한다. 따라서 사고의 가능성은 작업을 구성하는 객체의 위험 속성을 규칙으로 표현함으로써 작업의 위험성을 분석할 수 있다. 여기서 규칙은 위험속성의 상호작용을 규칙화한 것으로서, 이하에서는 사고규칙으로 정의하며 사고규칙으로 표현된 사고상황을 사고상황 모형으로 정의한다.

철골작업을 예로 들면, <그림 4-11>과 같이 철골작업의 속성과 철골작업의 구성 자원인 철골공, 철골부재, 임팩트렌치 및 타워크레인의 불안전 속성으로부터 사고가 발생하며 각각의 속성은 특정의 위험성과 관련된다. 즉, 작업장소가 고소이며 작업자의 작업발판이 불안정한 상태일 경우는 추락위험이 발생할 가능성이 있다. 이와 같은 방식으로 위험 속성의 상호관계를 규칙으로 표현하여 구체적 작업상황에 내재된 위험을 추론할 수 있다.

나. 작업위험의 추론

작업위험의 분석을 위해서는 작업상황을 사고발생기구를 통하여 고찰할 필요가 있다. 사고발생기구는 사고분석 모형으로도 불리며 복잡한 사고발생과정을 단순화시킴으로서 사고의 경위를 법칙화하는데 편리하다.



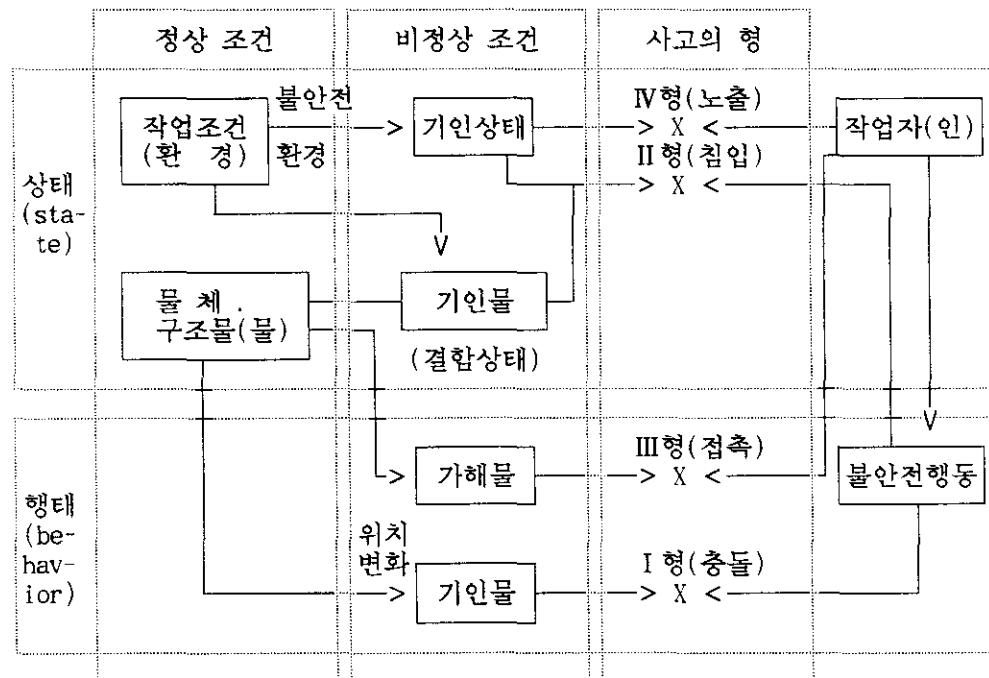
<그림 4-11> 철골작업의 속성 표현

사고발생기구의 모형화를 위한 접근방법에는 사고요인의 인과관계를 중심으로한 접근방법, 작업과 작업자의 관계를 분석대상으로 한 접근방법, 그리고 기존의 재해분석 모형에 의한 접근방법으로 대별할 수 있다. 그러나 대부분의 재해는 다수의 위험요인에 의해 발생하며 복합적 위험분석을 필요로 한다[Heinrich;1980]. 기존의 사고분석 모형은 의사결정 모형, 연쇄모형, 에너지 연쇄모형, 그리고 조직모형의 네가지로 분류할 수 있는데, 대부분의 사고분석 모형은 인간위주의 모형으로서 인간의 행태 특성이나 의사결정 과정등 서로 상이한 분석관점에 의한 단일 차원의 모형이다. 따라서 각각의 모형은 서로 장단점을 가지고 있어 복합적 요인 표현에는 한계가 있으며, 다양하고 복잡한 사고의 원인 및 과정을 이상적으로 묘사할 수 있는 모형은 아직 없는 것으로 판단된다.

산업재해의 공학적 정의에 가장 근사한 모형은 사고를 에너지 변환현상으로 파악한 Ball 모형이기 때문에, 본 연구에서는 Ball의 에너지 모형에 인과관계를 부가한 시스템 모형을 위험제어상황 구축에 응용하여, 사고모형의 정립에도 사고요인의 선후관계에 중점을 두어 자연법칙의 표현에 가장 근사한 시스템모형의 에너지 변환현상으로 파악한다. 에너지 변환은 에너지가 감소하는 방향의 상태전이이며 에너지의 유형에는 위

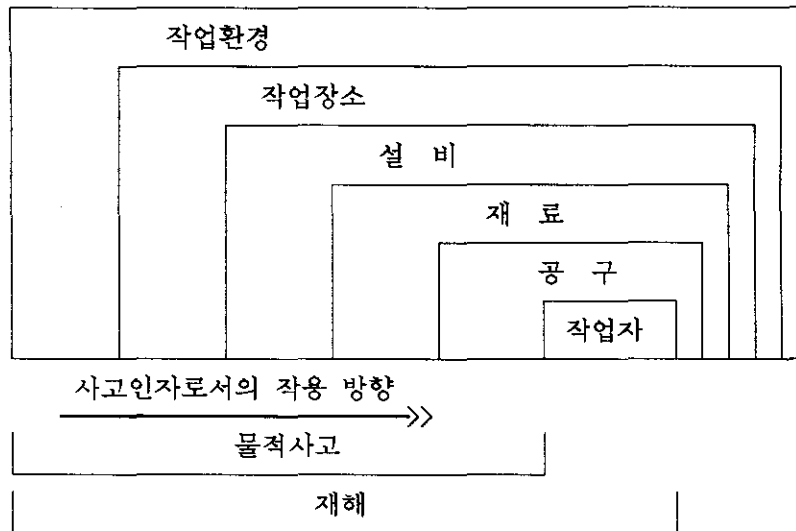
치에너지, 운동에너지, 기계에너지, 전기에너지, 화학적 에너지 등 모든 에너지가 포함된다. 건설재해도 건설생산 시스템내의 바람직하지 않은 에너지 변환현상으로 정의될 수 있으며, 구체적으로는 외부 자원이나 작업자가 보유하고 있는 에너지의 의도되지 않은 비정상적 감소현상이다.

모든 실체의 속성은 정적인 상태와 움직임이 있는 행태로 구분할 수 있다. 재해를 유발시키는 사고인자로서 환경을 포함한 객체의 속성도 정적인 상태와 동적인 행태로 구분될 수 있다. 재해는 외부의 불안전 상태와 사람의 접촉 현상으로서 모든 상태와 행태는 위험성이 없는 정상인 경우와 위험성이 내재한 비정상인 경우로 구분할 수 있다. 상태나 행태가 비정상인 경우에 작업자와 접촉함으로써 사고가 되며 접촉의 형식에 따라 사고의 유형을 구분할 수 있다. 앞에서 고찰한 네가지 사고의 유형을 물체와 사람의 상태와 행태에 따른 접촉의 유형별로 구분하여 도시하면 <그림 4-12>와 같다.



<그림 4-12> 상태와 행태에 따른 사고 유형

건설작업자원이 사고인자로서 사고의 연쇄성 측면에서 영향을 미칠 수 있는 범위는 작업환경, 작업장소, 설비, 공구, 재료, 작업자의 순서로서, 선행하는 인자는 그 이후의 모든 자원에 영향을 미칠 수 있다. 작업자원을 기인물로서의 계층구조로 도시하면 <그림 4-13>과 같으며 외측에 있는 인자는 내부의 모든 인자에 직접 또는 내부의 다른 인자를 경유하여 연쇄적으로 작업자에게 위험을 입힐 수 있다. 이러한 관계는 모두 앞에서 제시한 사고규칙으로 표현될 수 있다. 즉, 사고규칙은 위험속성의 상호작용의 위계에 따라 작업상황내에 잠재된 위험성을 도출할 수 있다. 예를들면 작업장소와 작업자와의 관계에서 작업장소가 고소이고 작업자의 작업발판이 불안전할 경우 작업자의 추락위험이 있으며, 작업환경에 유해물질이 섞여있을 경우 작업자에게는 중독의 위험이 있다.



<그림 4-13> 사고 요인의 영향 범위

또한 작업자가 전동공구를 사용할 경우 전동공구의 절연상태가 불안전하면 감전위험이 있는 것으로 평가된다. 이와 같이 위험요인을 요인들의 우선순위에 따라 순차적으로 평가함으로써 작업의 위험을 분석해 낼 수 있다.

사고는 위험으로부터 발생한다. 위험성은 상해를 포함하여 위해를 일으킬 수 있는

잠재력을 말하며, 위험은 위험성이 실현되어 바람직하지 않은 구체적인 사상이 일어날 가능성을 의미한다[HSE;1991]. 산업안전에서의 위험은 근로자가 작업장에서 접촉하는 물 또는 환경과의 불안정한 상호관계로서, 위험성은 물리적 상황과 인간의 불안전 행동을 모두 포함한다. 그러나 본 연구에서는 인간의 불안전 행동에 의한 위험의 표현은 별도의 과제로 하며, 작업의 위험성은 건설작업중에 사고를 일으킬 수 있는 물리적 요인으로 한정한다.

위험은 관점에 따라 다양하게 분류되나 모든 위험은 발생 확률, 사고로 인한 결과의 중대성, 그리고 사고에 대한 민감도의 세가지 기본 속성을 가지고 있으며, 안전은 위험이 없는 상태로서 위험의 반대개념이다. 위험의 시간적 근접관점에서는 급박한 위험, 위험한 상태, 그리고 경미한 상태로 구분할 수 있으며, 시간적 측면에서 건설작업 위험은 작업상황에 내재하는 위험한 상태가 대부분이다. 위험은 사람에게 미치는 영향에 따라서 상해 위험과 건강상 위험으로 구분할 수 있다. 즉, 안전의 관점에서는 위험하다고 하고 보건의 관점에서는 유해하다고 한다. 건강상의 위험은 위험인자의 종류에 따라 화학적 위험, 물리적 위험, 생물학적 위험 등으로 구분한다. 에너지의 유형에 의해 위험을 분류하면 기계적위험, 화학적위험, 물리적위험, 폭발이나 화재와 같은 에너지위험, 생물학적위험, 그리고 전기적 위험으로 분류되며, 사고발생기구에 가장 부합되는 공학적 분류방식이다.

건설작업의 위험은 추락,낙하, 비래와 같은 개인적위험, 작업장소 또는 설비위험 및 환경위험으로 구분하기도 한다. 본 연구에서 건설작업의 위험 분류는 에너지 유형에 의한 분류방식에 건설작업의 작업방법에 기인한 작업적 위험과 위치에너지의 변환현상인 장소적 위험을 보완한 분류방법을 설정한다.

작업방법적 위험은 굴착, 채석, 하역 등의 작업에서 작업방법을 잘못하여 발생될 수 있는 위험이다. 위험의 종류는 굴착이나 채석작업에서는 지하매설물이나 옹벽의 손괴, 토석의 붕괴 등 하역작업에서는 짐의 붕괴 낙하 등에 의한 위험이 있다. 이와 같은 작업방법에서 생기는 위험은 전형적 옥외산업인 건설작업의 특성에 기인한 것이다.

재해에는 전술한 바와 같이 기계적 위험, 화학적 위험, 에너지 위험, 작업방법적 위험을 방지하더라도 여전히 유효하게 방지하기 어려운 작업장소 자체에서 생기는 위험이 있는데 이를 장소적 위험이라 한다. 장소적 위험은 중력에 의한 위험이 일반적이

며, 대표적인 건설재해 유형들인 추락, 붕괴, 도괴 등이 이 부류에 속한다. 작업장 주변의 정리, 정돈의 불량, 작업환경의 열악 등에 의한 재해도 대부분 장소적 위험에 기인한다. 이상의 위험 유형별 재해의 형태 및 주요 위험원을 정리하면 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 위험의 분류

위험의 종류		사 고 의 형	위험원예
기계적 위험	접촉적 위험	협착, 갇힘, 찢림, 잘림, 스침, 격돌	원동기, 동력기구, 공작기계, 동력공구, 건설기계, 운반기계 등
	물리적 위험	비래, 낙하물에 타격, 추락, 전락	금속공작기계, 건설용기계, 운반기 등
	구조적 위험	파열, 파괴, 절단	압력용기, 고속회전기, 크레인 와이어 등
화학적 위험	폭발 화재 위험	노출, 접촉, 흡수	폭발성, 발화성, 산화성 및 인화성 물질, 가연성 가스 및 분진 등
	생리적 위험	접촉, 흡수	부식성 액체, 독극물, 산소결핍 등
에너지 위험	전기적 위험	감전, 과열, 발화, 시각장애	전기기계기구, 전선, 배선, 전기불꽃, 정전기 방전, 아아크 등
	열 기타 위험	화상, 시각 장애	화염, 고온물체, 레이저 광선, 방사선 등
작업적 위험	작업방법적 위험	추락, 전도, 협착 비래, 낙하물에 타격, 충돌,	건축작업, 토목작업, 운반작업, 하역작업 토석채취작업, 기계의 설치 철거 등
	장소적 위험	추락, 전도, 붕괴 낙하물에 타격	작업발판, 옥상, 통로, 하역장소, 작업장소, 자재설치장소 등

이러한 위험 유형의 규명은 사고규칙을 만드는데 기초자료가 된다. 사고규칙 집합은 추락위험에 대하여 사고속성의 위계에 따라 작업장소, 보호구, 안전설비의 순으로 위험성을 단계별로 평가하여 발생가능한 사고유형을 분석한다. 앞의 철골작업을 예로 추락위험을 평가하는 규칙을 예로 들면 다음과 같다.

규칙11. 추락위험 제거

IF 작업의 장소가 고소이고,
작업자의 작업발판이 안전작업발판이 아니면,
THEN 작업자는 추락할 수 있다.

규칙12. 추락위험 차단

IF 규칙11.의 상태이고,
작업자가 보호구로 안전대를 착용하지 않으면,
THEN 작업자의 추락을 차단할 수 없다.

규칙13. 추락위험 경감

IF 규칙12.의 상태이고,
작업장소에 방망이 없으면,
THEN 작업자의 추락을 경감시킬 수 없다.

다. 사고정보의 활용

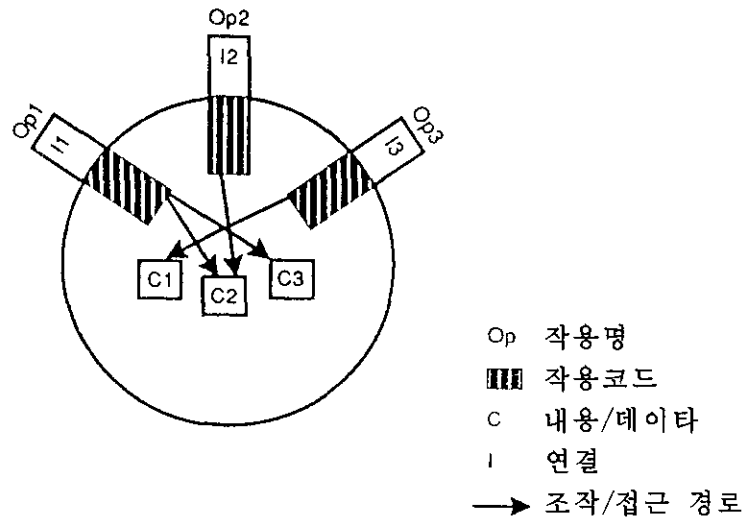
과거 사고사례는 사고방지에 직접적 효과가 있으며, 사고정보 시스템은 효과적인 사고방지를 위한 안전관리에 필수적이다. 건설안전 지식모형에서도 사고정보를 제공할 수 있어야 하나 사고정보의 저장은 데이터베이스 관리 영역으로서 본 모형에서는 제시된 모형과 사고정보의 개념적 연계방법만을 제시한다.

전통적으로 소프트웨어공학과 데이터베이스 관리는 별개의 영역으로 존재하였으며, 데이터베이스 기술은 정보 저장의 정적 측면에 중점을 두어온 반면, 소프트웨어 공학은 정보 처리의 동적 측면을 모형화해 왔다. 즉, 전통적 소프트웨어공학의 절차적 언어는 기능에 초점을 두어 호출, 경로등을 사용하여 실행시키나, 객체지향에서는 자료 구조에 초점을 맞추어 메시지와 메소드에 의해서 프로그램을 실행시킨다. 객체지향 데이터베이스 시스템의 등장으로 자료 자체와 이의 처리 모두의 동시 모형화를 가능케하고 있다[Wilkie:1993].

지식기반 시스템과 데이터베이스 관리시스템의 결합방법에는 느슨한 결합과 밀접한 결합이 있다. 느슨한 결합방법은 연결부분의 정보의 흐름이 좋지 못하여 성능이 떨어지는 단점이 있다. 밀접한 결합은 지식기반 시스템에 데이터베이스 관리시스템의 기능을 보강한 경우와 데이터베이스 관리시스템에 지식기반 시스템의 일부 기능을 보강한 경우로 구분할 수 있다. 전자의 경우는 지식기반 시스템의 기능과 표현을 그대로 사용하므로 시스템의 기능과 표현력은 양호하나, 데이터베이스 관리시스템의 기능 중 많은 부분을 새롭게 구축해야 하며, 데이터의 저장처리가 느려지므로 성능이 떨어진다는 단점이 있다. 후자의 경우는 데이터베이스 관리시스템에 지식기반 시스템의 기능이 보강 되므로 정보처리 기능은 향상되나, 데이터베이스 관리시스템의 모형화 능력으로 인해 표현력이 떨어지며, 데이터베이스 관리시스템의 원래 장점인 정보처리 성능이 떨어진다는 단점이 있다.

지식기반 시스템과 데이터베이스 관리시스템을 결합하는데 있어서 중요한 문제 중의 하나는 두 시스템의 인터페이스에서 발생하는 결합 불일치 문제를 줄이는 것이다. 결합 불일치는 두 시스템의 특성의 차이로 발생하며, 이 문제는 크게 표현능력 및 모형화 능력이 달라서 발생하는 표현력 문제, 두 시스템의 기능의 특징에서 발생하는 기능 문제, 연산능력의 차이에 따른 성능 문제로 구분할 수 있다[민미경;1993]. 결합 불일치 문제의 이상적인 해결방법은 객체지향개념의 도입이다. 결합 시스템 전반에 걸쳐 객체지향개념을 도입할 경우 두 시스템간의 지식이나 자료의 표현방식 및 처리방식을 객체지향방식으로 통일할 수 있으므로 결합 불일치를 해결할 수 있다.

본 연구의 지식모형과 사고정보의 연결방법으로 객체지향 데이터베이스 관리시스템을 이용하면 두 시스템의 객체 모형을 일치시켜 특별한 변환이 필요없이 데이터베이스 관리시스템에 의해 사고정보인 사실베이스가 저장, 관리되고 객체지향의 모든 장점이 그대로 구현된다. 객체지향 데이터베이스 내부의 자료는 객체내부에 캡슐화되어 외부세계로부터 은닉되며 객체 스스로의 작용에 의해서 접근되고 조작된다. 따라서 시스템의 사용자와 다른 객체에 가시적이며 공식적인 접속장치를 통해 모든 객체에 접근할 수 있다. 이러한 객체지향 데이터베이스의 접근방식을 도시하면 <그림 4-14>와 같다[Dillon;1993].



<그림 4-14> 객체지향 데이터베이스의 접근 방법

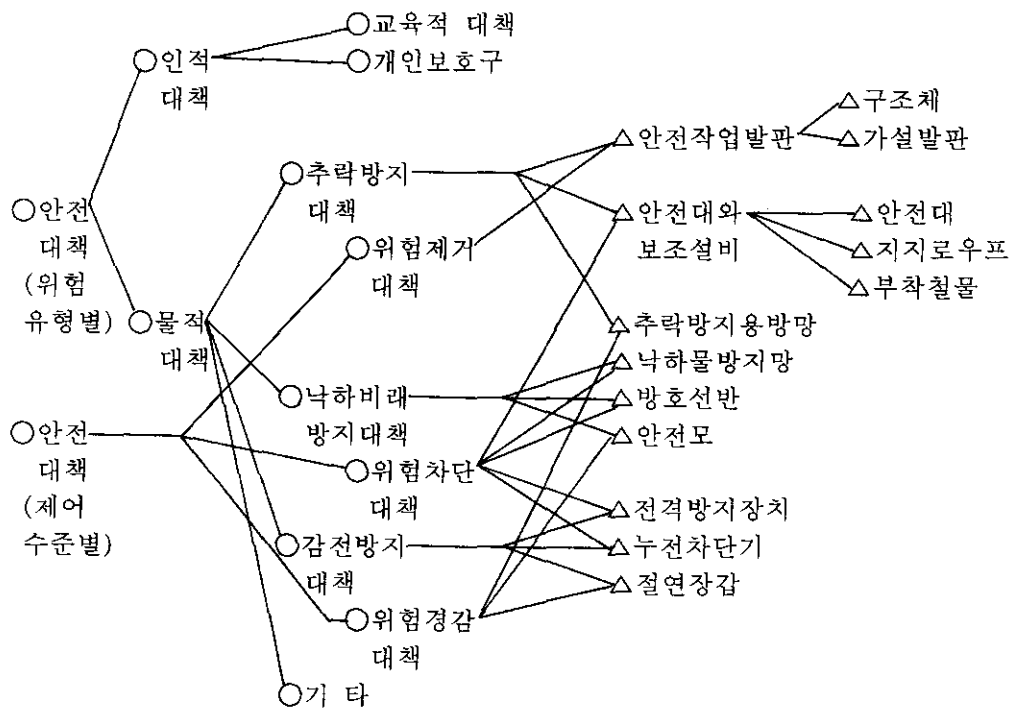
3. 제어상황모형

가. 위험제어수단의 위계

모든 재해는 안전대책의 수립과 실행을 통하여 예방할 수 있으며, 안전대책은 구체적인 위험을 회피하거나 제거할 수 있는 수단이다. 앞에서 고찰한 사고상황에도 잠재한 위험을 제어할 수 있는 수단이 존재하며 이러한 수단은 현재까지 작업전반에 관하여 광범위하게 제시되고 있다. 그러나 구체적인 작업상황에는 사고상황으로 도출된 위험성에 대해서만 제어수단이 제시되어야 하며 이는 기존의 사고방지 수단을 체계화하고 사고상황과 연계시킴으로써 가능하다.

기존의 사고방지를 위한 안전대책은 대분류된 공정이나 사고의 유형별로 산재되어 있다. 그러나 산재된 사고방지대책이 실질적으로 활용되기 위해서는 위험의 유형별로 체계화되어야 하며, 구체적 사고상황에 적합한 대책이 추론될 수 있도록 구성되어야 한다.

사고 유형별로 안전대책을 제공하기 위해서는 사고방지 수단을 앞에서 고찰한 위험의 유형별 및 제어단계별로 분류하여 사고상황과 연계시킴으로써 가능하다. 예를 들면 모든 사고방지수단으로서 안전대책은 실시 대상에 따라 물적 대책과 인적 대책으로 구분되며 물적 대책의 경우는 다시 추락, 낙하비래, 감전등 구체적 위험의 유형별로 분류될 수 있다. 구체적인 예로, 추락위험 방지수단은 위험을 근원적으로 제거할 수 있는 안전작업발판, 추락위험을 차단하는 안전대, 추락자를 받아주는 추락방지용 방망등과 같이 위험의 제어수준별로도 분류될 수 있으며, 이와 같은 안전대책의 체계는 <그림 4-15>에 도시된 바와 같다.



<그림 4-15> 위험제어 수단의 체계화

나. 위험제어수단의 추론

표 4-2 위험제어전략

사고방지를 위한 위험제어전략은 위험제어의 기본원칙으로서 위험제어의 수준을 나타낸다. 위험제어의 수준으로서 모든 안전대책은 위험의 근원적 제거, 위험을 보유한 상태에서 위험원으로부터 격리, 그리고 이미 발생한 위험에 의한 피해의 최소화를 위한 사후대책으로서 경감의 세단계로 구분할 수 있으며 이를 도표화하면 <표 4-2>와 같다.

표 4-2 위험제어전략

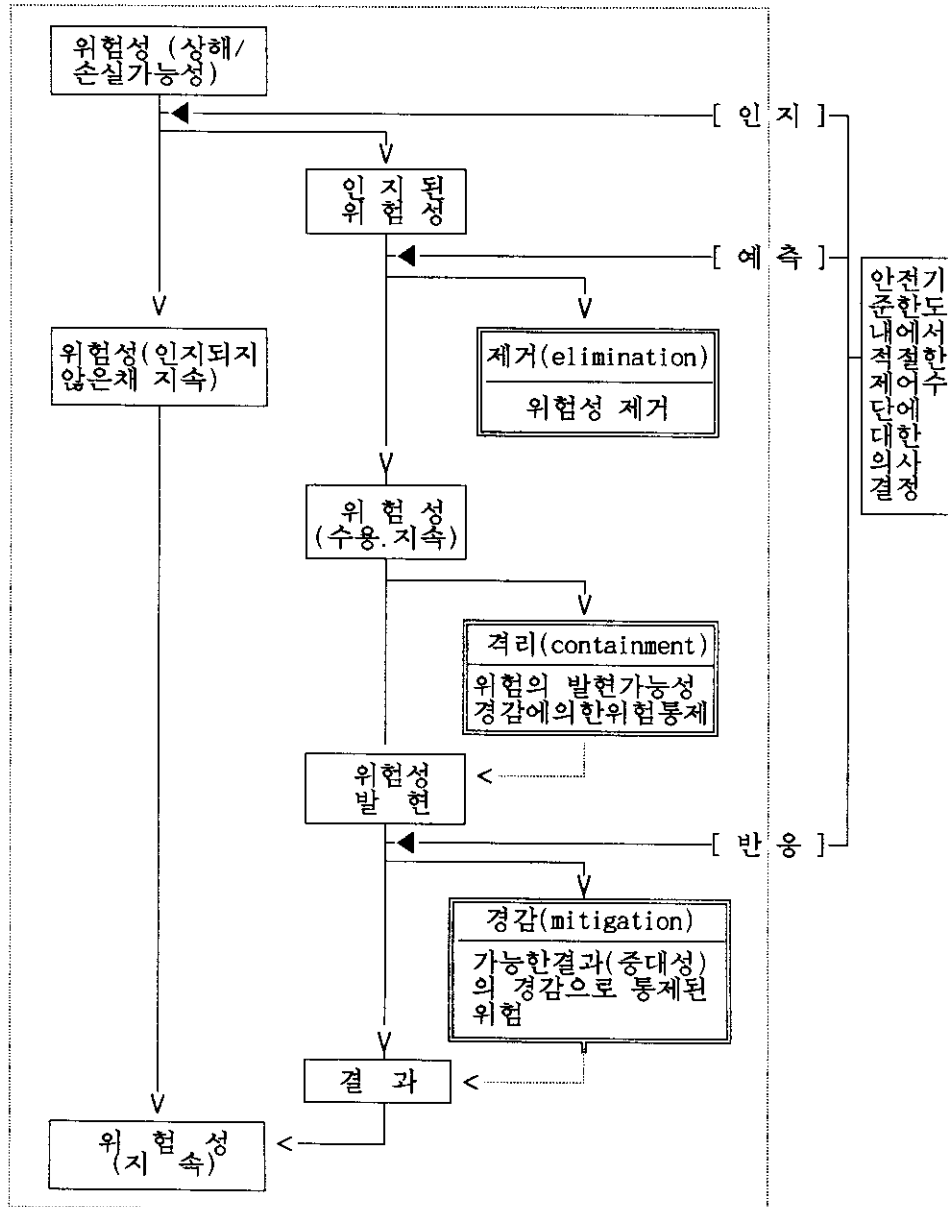
<표 4-2> 위험제어전략

우선순위	기본개념	위험제어방법	기능적 구분	시점 구분
1	방지 (prevention)	제거 (elimination)	수동적 수단 (passive measure)	발생전 대책
2	방호 (protection)	차단(격리, 보유) (Containment)	능동적 수단 (active measure)	전달경로 대책
3	사후 대책 (palliation)	경감 (mitigation)	반응 수단 (reactive measure)	피해자 대책

위의 위험제어전략을 위험의 인식과 발현과정에 따라 도식화한 것이 <그림 4-16>이다[Dawson;1987]. 위험성을 인지하지 못할 경우는 위험성이 지속되며, 위험성을 인지하게 되면 사고를 예측하여 위험을 수용할 것인가 또는 제1단계의 제어전략으로서 위험성을 제거할 것인가 여부를 결정한다. 여기서 위험성이 수용되면 위험성은 지속되며, 다시 제2단계에서 위험성의 차단 여부가 결정된다. 이 단계에서도 위험성을 차단시키지 못할 경우에는 위험성이 발현되며 피해자는 발현된 위험에 반응하게 된다. 여기서 제3단계의 사후조치로서 위험의 발현 결과를 경감시키기 위한 수단을 채택할 수 있으며, 이 조치도 실시하지 않으면 위험의 영향을 그대로 받게 된다.

따라서 이상의 위계구조를 규칙으로 표현함으로써 구체적 사고상황에 필요한 안전대책을 제시해 줄 수 있다. 안전대책은 위험제어전략에 따라 위험을 근원적으로 제거할 수 있는 위험제거대책, 위험으로부터 작업자를 격리시키는 위험차단대책, 위험이

발현된 상황에서 위험의 피해를 최소화하는 위험경감대책의 순으로 추론된다. 이러한 위험제어전략을 규칙으로 나타낸 것이 위험제어규칙이며 앞에서 분석된 추락위험을 구체적인 예로 하여 나타낸 위험제어규칙은 다음과 같다.



<그림 4-16> 위험의 인지 및 제어 과정

규칙21. 추락위험 제거 수단

IF 추락위험을 제거하려면

THEN 작업자의 작업발판은 안전작업발판이어야 한다.

기준제시; 안전작업발판의 기준은 다음과 같다

폭: ($W \geq 0.4m$), 난간: 상부난간 ($0.90m < H_1 < 1.15m$)

중간대의 높이: ($H_2 = 0.45m$), 폭목의 높이: ($H \geq 0.15m$)

규칙22. 추락위험 차단 수단

IF 규칙21의 상태에서 추락위험을 차단하려면

THEN 작업자는 보호구로 안전대를 사용하여야 한다.

기준제시; 안전대 사용방법 및 부착설비 기준

사용종류: 2종, 사용방법,

보조설비: 로프 및 안전블록

부착설비: 지지로우프, 구조체, 전용철물

규칙23. 추락위험 경감 수단

IF 규칙22의 상태에서 추락위험을 경감시키려면

THEN 작업장소에는 안전설비로 방망을 설치하여야 한다.

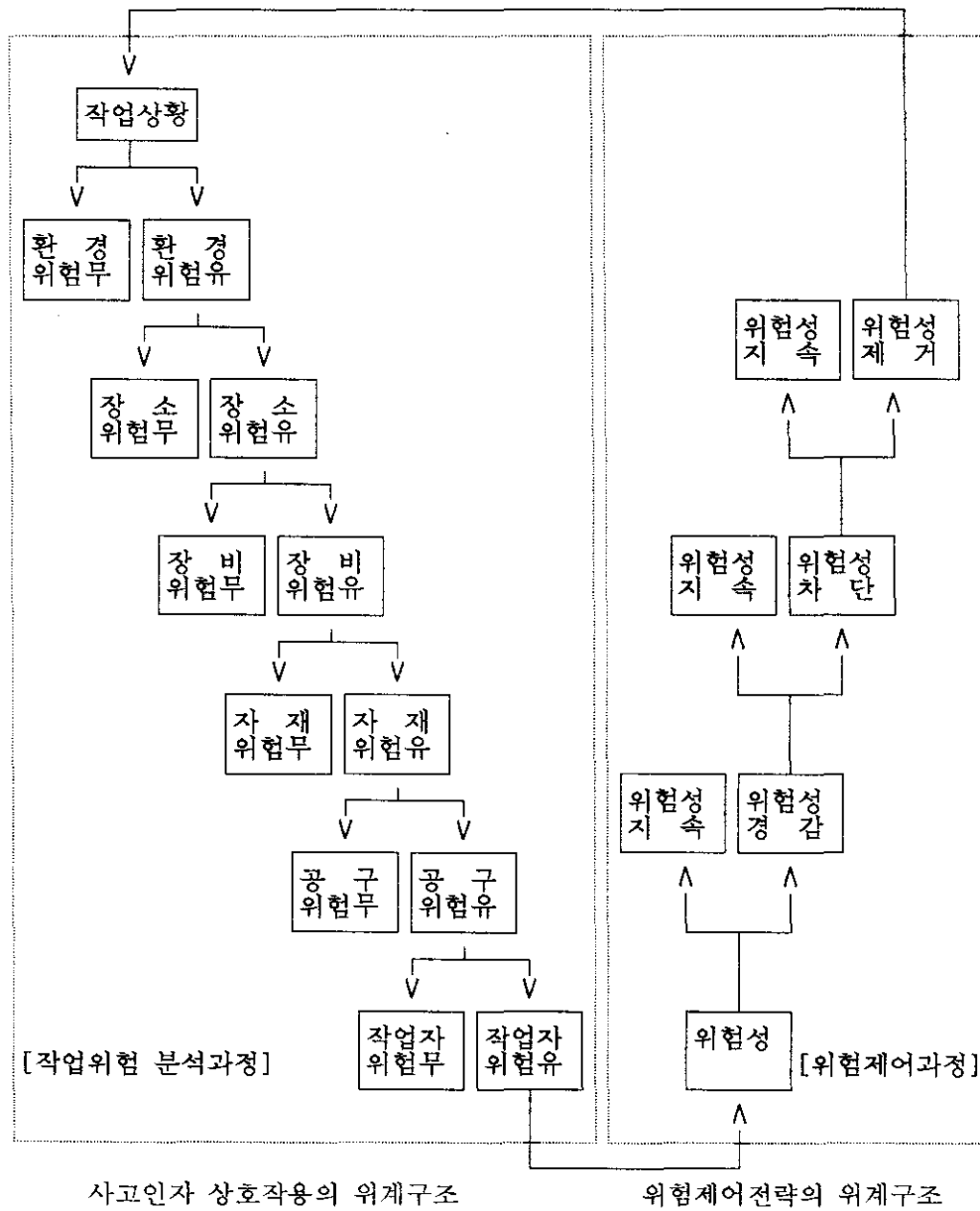
기준제시; 방망의 설치기준

구조: 구성, 재료강도, 지지점 강도

설치기준: 낙하높이, 처짐, 바닥으로 부터 거리

사용방법: 사용전 시험, 보관, 사용금지, 표시사항

이상의 고찰결과를 토대로 위험 분석 및 제어의 위계구조를 도식화하면 <그림 4-17>과 같다. 이 위계구조는 사고인자 위계구조와 위험제어전략 위계구조의 결합으로서 전자는 작업위험 분석을 위한 정보처리 과정을, 후자는 분석된 위험에 대한 제어수단의 참조과정을 나타낸다. 이 두가지의 위계구조의 결합으로 구체적인 작업상황하의 자원의 불안전 속성으로부터 사고의 유형을 예견하고 예견된 사고의 유형을 위험 제어구조로 제어함으로써 사고는 예방될 수 있다. 즉, 작업에 내재한 위험성의 인지수단과 이의 방지수단을 동시에 제시해 줄 수 있다.

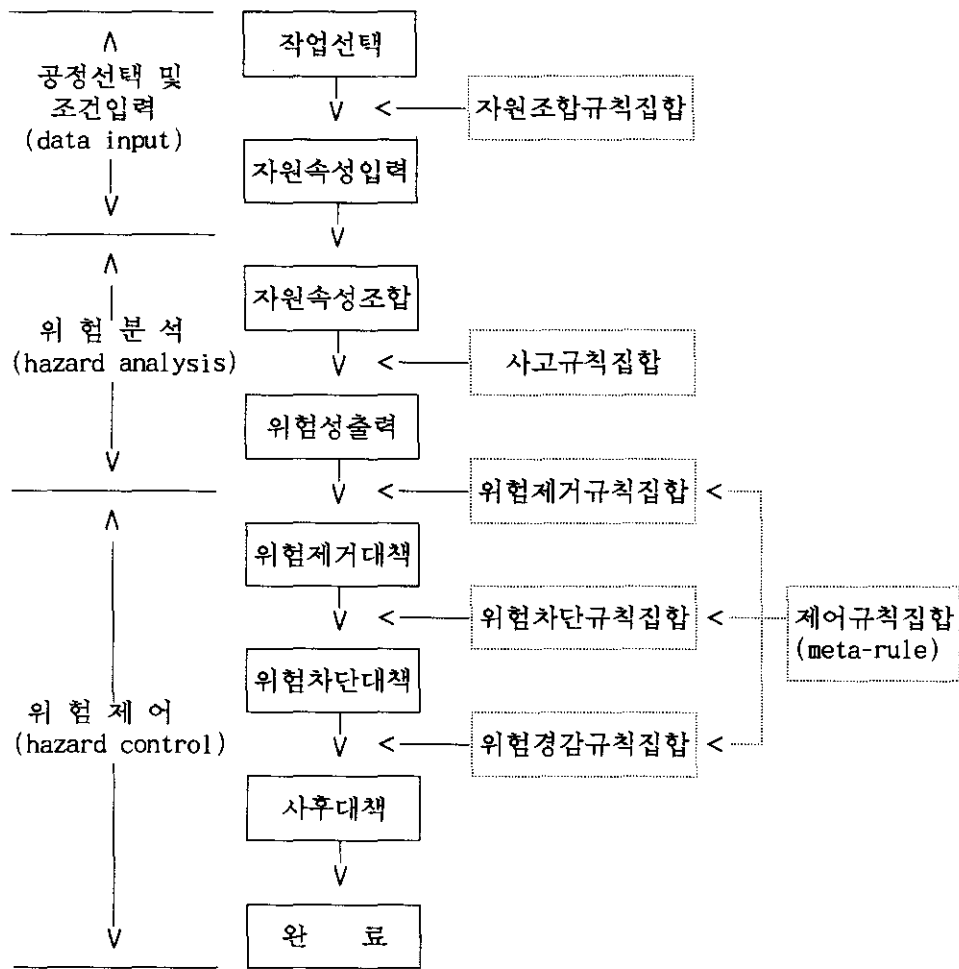


<그림 4-17> 사고상황과 제어상황의 연계

4. 모형의 통합

지능형 건설안전정보정보시스템은 이상의 작업상황 모형, 사고상황 모형 및 제어상황 모형의 통합을 통하여 구체적 작업에 대한 위험성과 위험에 대한 제어수단을 제시하게 된다. 즉, 작업의 안전관리를 위한 작업위험의 분석 및 위험에 대한 대책의 수립은 작업상황 표현, 사고상황 추론 및 제어상황 추론기능을 순차적으로 실행시킴으로써 사고는 방지될 수 있다. 정보시스템 모형은 객체로 구성된 작업상황 모형과 규칙의 집합인 사고상황 모형 및 제어상황 모형으로 구성되며, 여기서 제3장의 작업계는 작업상황 모형으로, 사고계는 사고상황 모형으로, 제어계는 제어상황 모형으로 각각 구현되었다. 작업상황 모형은 작업과 작업을 구성하는 객체로 구체적 작업상황을 표현하고, 사고상황 모형은 작업상황에 잠재한 객체의 위험 속성을 사고규칙집합으로 평가하며, 제어상황 모형은 위험제어규칙으로 분석된 위험의 유형별로 위험제어수단을 제시해 준다.

구축된 모형의 작동과정을 살펴보면, 우선 공정선택 및 작업조건 입력 단계에서는 작업이 선택되면 자원조합규칙으로 필요한 자원을 조합하여 객체의 속성들을 확인하게 된다. 다음의 위험분석단계에서는 사고규칙집합으로 객체의 속성들을 평가하여 가능한 작업의 위험성을 분석해 준다. 이어서 위험제어단계에서는 제어규칙집합으로 위험의 제거대책, 차단대책 및 경감대책을 순차적으로 제시해 준다. 이상의 객체와 규칙집합에 의한 건설안전정보시스템을 모형화하면 <그림 4-18>과 같다. 동시작업이나 선후행 작업과의 간섭 또는 상호작용에 따른 위험은 작업위험분석 단계의 작업규칙집합으로 표현이 가능하나, 본 연구에서는 모형의 간결한 표현을 위하여 이를 생략한다. 사용자의 편의를 높이기 위한 각종 접속장치의 설계도 실용화 단계의 과제로서 본 연구의 범위밖으로 한다.



<그림 4-18> 지능형 건설안전정보시스템의 모형

제5장 모형의 검증

1. 검증방법 및 대상지식

가. 검증의 범위 및 도구

지식기반의 검증은 다수의 규칙을 대상으로 규칙 상호간의 충돌이나 전문가에 의한 판단과 시스템에 의해 도출된 결론과의 합치성 등을 비교하여 추론기능의 논리적 타당성을 증명하고 추론결과의 유효성을 확인하는 과정이다. 그러나 본 연구의 목표는 지식기반의 구축을 위한 모형의 제시로서, 지식기반에 대한 논리적 검증은 추후 실용화를 위한 구현 단계에서 필요한 작업이다. 따라서 여기서는 안전지식의 표현 및 추론 기능으로서 제3장에서 설정된 요건의 충족여부를 확인하는 것으로 제한한다.

모형의 구현은 제2장에서 선정된 지능형 시스템 구현 도구의 추론기관 및 지식편집 기능을 이용하여 구체적 작업상황을 객체지향 방법으로 표현하고, 사고규칙 및 제어규칙으로 작업위험의 분석 및 사고방지대책의 추론 기능을 구현하여, 설정된 요건의 충족여부를 평가하고 실용화를 위한 지식기반의 확장에 따른 문제점을 분석한다.

모형의 검증을 위한 도구는 객체와 규칙의 복합형 지식표현이 가능한 도구이면 동일한 검증 결과를 얻을 수 있으나, 지식표현에 정형화된 양식을 이용하고 자료의 편집이 용이한 도구가 바람직하다. 또한 모형에 의한 지식기반시스템의 개발 단계까지 고려한다면 개발작업을 지원하는 제반 기능이 우수할 것이 요구되며, 이러한 측면에서 인공지능용 고급언어에 의한 도구보다는 C언어와 같은 범용의 언어로 개발되어 사고데이터베이스나 기존 안전정보시스템과 쉽게 통합될 수 있는 도구가 유리하다.

모형의 검증 도구로 이용된 NEXPERT ObjectTM는 제2장에서 고찰한 바와 같이 미국의 Neuron Data사에서 C언어로 개발한 지능형 시스템 구축 도구이다. 이 도구는 지식 표현에 객체와 규칙을 동시에 사용한 복합형 지식표현 도구로서, 서술적 지식은

객체지향 방법으로 표현되고 절차적 지식은 규칙으로 표현된다. 즉, 작업상황은 객체로, 사고상황 및 제어상황은 규칙으로 표현할 수 있어 본 연구에서 제시한 지식모형의 표현에 적합한 도구이다.

이 도구는 지식의 추론에 후향추론, 전향추론 및 혼합추론을 모두 지원한다. 국부적으로 추론전략의 조정이 필요할 경우 추론의 우선순위를 초기에 설정하거나 규칙 및 메타룰에서 재설정할 수 있으며, 추론중에도 추론전략의 수정이 가능하다. 이 도구는 규칙표현에 If<조건문>, <가설>, then<실행문>, else<실행문>의 구조화된 형식을 제공하여 지식기반의 유지보수가 용이하며, 연상 기능(context)으로 논리적 상관관계가 약한 사상사이에도 비단조 추론(nonmonotonic reasoning)이 가능하다.

이 도구는 시스템의 개발을 위한 개발환경과 시스템의 운용을 위한 운용환경을 별도로 제공한다. 개발환경은 규칙과 객체의 편집기, 추론과정을 보여주는 관찰기 및 설명기능, 에러 검색 기능등을 윈도우 환경으로 제공하여 지식기반의 구축을 편리하게 해주며, 이러한 기능들은 모형의 검증에도 유용하게 활용될 수 있다. 또한 이 도구는 외부 프로그램을 통하여 신호 등의 외부 자료를 수신하여 작동하고 추론 결과를 다시 출력할 수 있는 사상 작동식 구조로서 규칙 내부에서 외부와의 다양한 데이터의 입출력이 가능하여 사고데이터베이스와 결합이 용이하며, C언어로 개발되었기 때문에 모형에 의한 지식기반의 구현시 다른 외부 시스템이나 기존의 지식기반과의 통합도 용이하다는 장점을 가지고 있다.

나. 지식의 선정 및 획득

지식모형의 검증에 필요한 지식기반의 구현을 위해서는 문제영역에 관한 지식 획득이 필요하며, 일반적인 지식획득은 지식의 입력, 지식공학자에 의한 처리, 지식기반 구축을 위한 자료형태로의 출력 과정을 거친다. 이러한 전문지식의 획득 방법으로는 관련 문헌, 연구보고서, 데이터베이스, 관련 기록등의 검색과 사용자 및 전문가와의 면담등을 병행하여야 하나, 본 검증의 목표는 지식기반 구축에 필요한 지식의 저장과 추론을 위한 지식모형의 타당성을 확인하는데 있으므로 별도의 지식획득 과정은 거치지 않고 검증에 필요한 최소한의 지식만을 건설안전 작업지침, 건설작업 관련 안전기준

및 법령, 건설재해사례집등의 기존 문헌을 이용하기로 한다.

모형의 검증을 위한 대상 지식으로는 발생 빈도가 높은 유형의 재해를 대표할 수 있는 작업을 선정하고자 한다. 이를 위해서는 건설재해의 유형별 및 작업별 비중을 고찰할 필요가 있다. 우선 건설재해의 유형별로는 추락재해가 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 작업별로는 재해통계가 작성되지 못하고 있으나 최근 한국산업안전공단의 '1992년 상반기 중대재해 조사결과'중에서 직종별 사망자를 보면 <표 5-1>과 같이 조사된 189건의 전체사망자 248명중 철골공이 67명으로 전체의 27%를 차지하여 단일 직종으로는 가장 빈도가 높은 것으로 나타났다.

<표 5-1> 건설업 중대재해의 직종별 피해자 분포

직 종	목공	철골공	철근공	비계공	미장공	전공	기타	계
재해자수	58	67	11	22	14	3	73	248
구성비(%)	23.4	27.0	4.4	8.9	5.7	1.2	29.4	100

[주] 1992년도 상반기에 발생한 건설업의 전체 중대재해 401건중 조사된 189건에 대한 집계임.

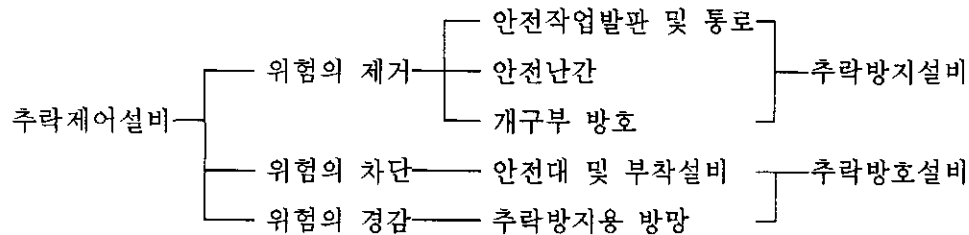
이는 철골작업은 작업장의 대부분이 개구부인 공중에서 장비에 의해 중량의 부재를 취급하는 작업으로 작업발판이나 작업통로등 안전시설의 설치와 활용이 어려운데다 육체적, 심리적 부담도 큰 작업이기 때문으로 사료된다. 또한 철골작업중 발생한 재해의 유형도 대부분이 추락으로 나타나고 있어 추락방지를 위한 집중관리가 요구되고 있다. 따라서 검증 대상지식은 철골작업의 추락에 관한 지식으로 하며, 지식의 획득은 철골작업의 추락방지와 관련된 지식중 안전조직, 안전교육등 일반적인 관리적 대책은 지식기반을 확장함으로써 수용이 가능하므로 추락방지설비에 관한 기술적 수단을 위주로 한다.

2. 철골작업 안전지식의 표현

가. 철골작업 추락방지 지식

추락이란 사람이 중간에서 다른 물체와 접촉없이 자유 낙하하는 것이며, 유사한 용어로 전락이 있는데 계단이나 경사면에서 굴러 떨어지는 것을 말한다. 산업재해 분류에서는 동일하게 떨어지는 것이라도 물체의 경우는 낙하로 용어를 구분하여 사용하고 있다. 노동부 예규 제56호로 고시된 '산업재해 조사규정'에서는 추락의 발생형태를 사람이 건축물, 비계, 기계, 사다리, 계단, 경사면, 나무 등에서 떨어지는 것으로 하여 전락을 추락의 범주에 포함하여 분류하고 있으며, 본 연구에서도 추락은 전락의 개념을 포함한 것으로 한다. 추락의 발생은 중력과 사물 위치의 고저차에 기인하며 역학적 의미에서는 위치에너지의 감소현상이다. 즉, 추락이 발생하기 위해서는 작업자의 위치가 고소이고 작업장소에 추락할 수 있는 개구부가 있어야 한다. 보통 사람은 추락의 존재를 경험적으로 이해하고 있지만 항상 의식하고 있지는 않으며, 추락의 결과로서 사람이 물체에 부딪혀 사망하거나 부상함으로써 추락재해가 된다.

철골작업의 추락방지대책을 위험제어전략에 따라 위험제거대책, 위험차단대책 및 위험경감대책으로 체계화하면 <그림 5-1>과 같이 구분할 수 있다.



<그림 5-1> 추락제어설비의 분류

안전작업발판은 작업자가 자신을 위해 별다른 행위를 하지 않아도 보호되는 수동적 설비로서 추락위험 제거수단에 해당된다. 또한 안전대 및 부착설비는 작업자가 직접 착용하고 보조 로우프를 지지구조물에 거는 등 추락을 방지하기 위한 적극적 방어행위가 요구되는 능동적 설비로서 추락위험의 차단수단이다. 추락방지용 방망은 추락하는 작업자를 저지시켜 2차재해를 경감시켜주는 보조적 장치로서 추락위험 경감수단에 해당한다.

철골작업에는 원칙적으로 추락위험의 제거나 차단 설비중 하나는 필수적으로 해야 하며 경감 설비는 이중의 안전장치로서 전자의 설비가 방호에 실패하였을 경우를 대비한 보조설비로 반드시 설치되어야 한다. 안전모도 추락 위험의 경감 효과는 있지만, 모든 작업자가 작업의 종류에 관계없이 기본적으로 착용해야 하는 개인보호구로서 모형의 검증을 위한 지식표현에서는 제외한다. 이상의 추락방지수단을 위험제어의 단계별로 구체적으로 기술하면 다음과 같다.

(1) 추락위험 제거대책

추락위험에는 고소작업 자체를 없애거나 작업자를 로봇등으로 대체하여 고저차를 만들지 않는 것이 가장 근원적 대책이 될 수 있으나 아직까지는 비현실적인 대책이며, 일반적인 추락위험의 제거수단은 가설비계를 이용하는 것이다. 가설비계란 고소에 설치하여 작업에 사용되는 작업발판과 지지구조물을 말하며 공사완료후에는 철거되는 임시 시설물로서, 사용장소와 목적에 따라 구조, 형상, 재료 등이 다양하다. 비계는 용도에 따라 근로자의 이동을 위한 가설통로와 본작업을 위한 작업발판으로 구분할 수도 있으나 여기서는 두가지 모두를 작업발판으로 표현한다. 추락위험은 작업장소에 안전작업발판을 설치하고, 작업을 위한 통로나 구조물일 경우는 안전난간을 설치하거나 개구부를 폐쇄함으로써 근원적으로 제거될 수 있다. 안전작업발판은 작업자가 불안정한 행동을 해도 추락이 방지될 수 있으며, 설치요건은 바닥으로부터 작업위치까지의 높이가 2m이상인 작업장소이다.

작업발판의 부적합에 기인한 철골작업의 추락재해 유형으로는 작업발판이 없는 상태에서 추락, 가조립된 작은보로부터 추락, 지정통로를 이용하지 않아 추락, 작업발판 외의 장소에 무리하게 올라가서 추락, 승강중 주의부족으로 추락, 조립순서를 무시하여 철골에 충돌하여 추락, 테크플레이트를 잔교로 설치시 추락등이 있다. 추락사고를

일으킬 수 있는 작업발판 자체의 구체적인 불안전 상태의 유형은 상부 방호시설 미비, 안전난간 미비, 폭목 미비, 노출된 측면, 헐겁거나 약한 널판, 널판의 간격이 넓거나 널판 누락, 미끄러운 표면 등이다.

(2) 추락위험 차단대책

추락위험의 차단대책으로는 개인보호구인 안전대와 안전대를 사용하는데 필요한 보조설비로서 안전대 부착설비가 있으며, 안전대와 관련된 기술기준도 크게 안전대 자체에 관한 사항과 안전대의 부착설비에 관한 사항으로 구분된다. 안전대를 반드시 착용해야 할 작업은 높이 2m이상의 추락위험이 있는 작업으로서, 첫째, 폭이 40cm이상인 작업발판이 없는 장소의 작업, 둘째, 작업발판이 있어도 난간대가 없는 장소의 작업, 세째, 난간대로부터 상체를 내밀어 작업하는 경우등으로서 철골작업은 대부분이 이러한 조건에 해당한다.

보호구의 부적합에 기인한 추락재해의 유형으로는 안전대를 사용하지 않아 추락, 안전대를 사용하지 않은 상태에서 이동중 추락, 지지로우프가 없는 상태에서 추락, 안전대의 후크를 해지하지 않은 상태에서 뛰어내리다 추락, 잘못된 안전대 사용방법으로 추락, 안전대의 후크를 지지로우프에 걸지않아 추락, 철골보위에서 미끄러짐 등이 있다.

(3) 추락위험 경감대책

추락위험 경감대책으로는 추락자를 받아주는 추락방지용 방망이 있다. 외국에서는 안전의 확보를 위한 망으로 된 설비를 모두 안전망으로 포괄하여 지칭하고 있으나 국내의 규정에서는 안전망중에서 상부로부터 낙하물에 의한 재해를 방지하기 위한 망은 낙하물 방지망으로 정의하여 작업자의 추락을 저지시키는 방망과 구분하여 규정하고 있다. 방망은 작업장소에 작업발판의 설치가 현저히 곤란한 경우와 작업발판의 끝, 개구부 등에 난간의 설치가 곤란하거나 설치된 난간을 작업의 필요상 임시로 철거하는 경우에 반드시 필요한 안전설비로서 철골작업과 같은 조건에는 필수적이다. 방망의 안전기준에는 구조에 관한 사항으로는 망의 구성, 재료, 제작등을 규정하고 있으며, 사용에 관한 사항으로는 낙하높이, 방망의 처짐, 방망하부에 유지하여야 할 공간으로서 방망과 바닥면과의 높이, 지지점의 강도, 지지점의 응력, 정기시험, 사용의 금지, 표

시사항, 설치방법, 설치위치등을 규정하고 있다.

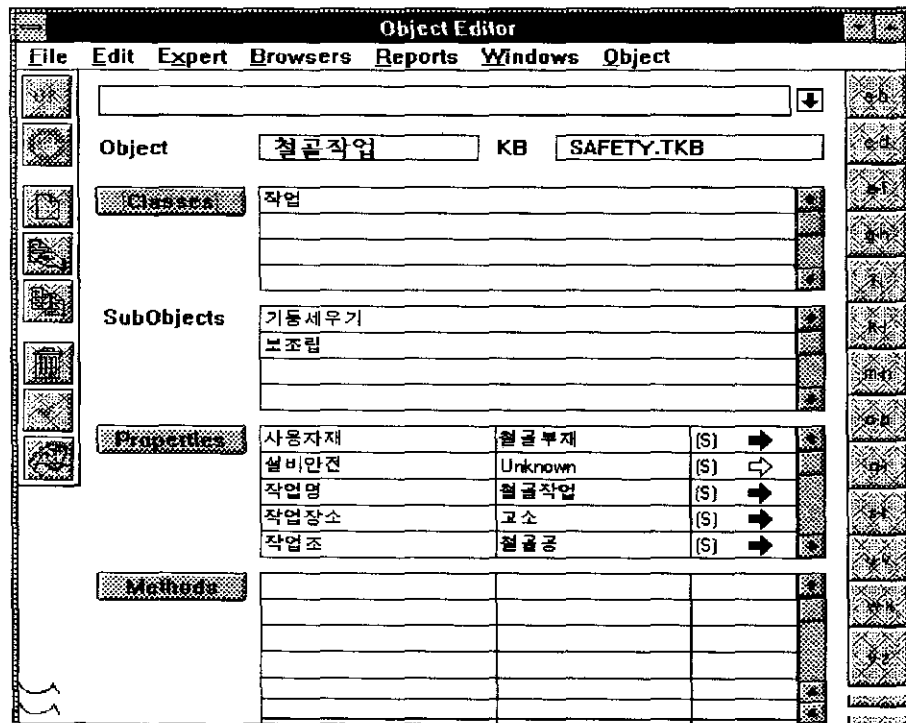
추락위험의 제거나 차단수단이 실패하더라도 방망을 제대로 활용함으로써 추락으로 인한 피해를 최소화 시킬 수 있으며, 위에서 고찰한 (1) 및 (2)항의 추락재해 유형도 추락방지용 방망이 설치되지 않았거나 설치상태가 불안전하여 발생한 것들로서 최종적으로는 안전설비인 방망의 부적합에 기인한다.

이상의 추락방지 지식중 모형의 검증을 위한 지식은 검증작업의 단순화를 위하여 내용의 주요어만을 입력하였으며, 작성된 내용은 '부록'의 '(1) 추락방지 지식'과 같다.

나. 철골작업상황의 표현

작업상황 모형에 의한 철골작업 상황의 객체지향 표현에는 안전과 무관한 객체의 일반적 속성은 사고규칙의 평가대상이 되지 않으므로 제외하며, 제4장에서 든 예들을 그대로 인용한다. 작업상황의 표현을 위한 객체의 생성은 해당 지식기반, 객체명, 부류, 하위객체를 설정하고 객체의 상태인 속성과 객체의 움직임인 메소드를 정의하는 작업이다. 객체와 부류는 검증 도구에서 제공하는 편집기를 이용하여 쉽게 생성할 수 있다. <그림 5-2>는 객체 편집기로 철골작업 객체를 생성하는 예로서 부류는 작업이고, 하위객체는 기둥세우기, 보조립 등이 있을 수 있으며, 객체 속성으로는 사용자재, 안전설비, 작업장소, 작업자 직종 등을 들 수 있는데, 속성은 부류인 '작업' 속성으로부터 계승된 것이다. 부류의 생성에도 유사한 형식의 편집기가 제공된다.

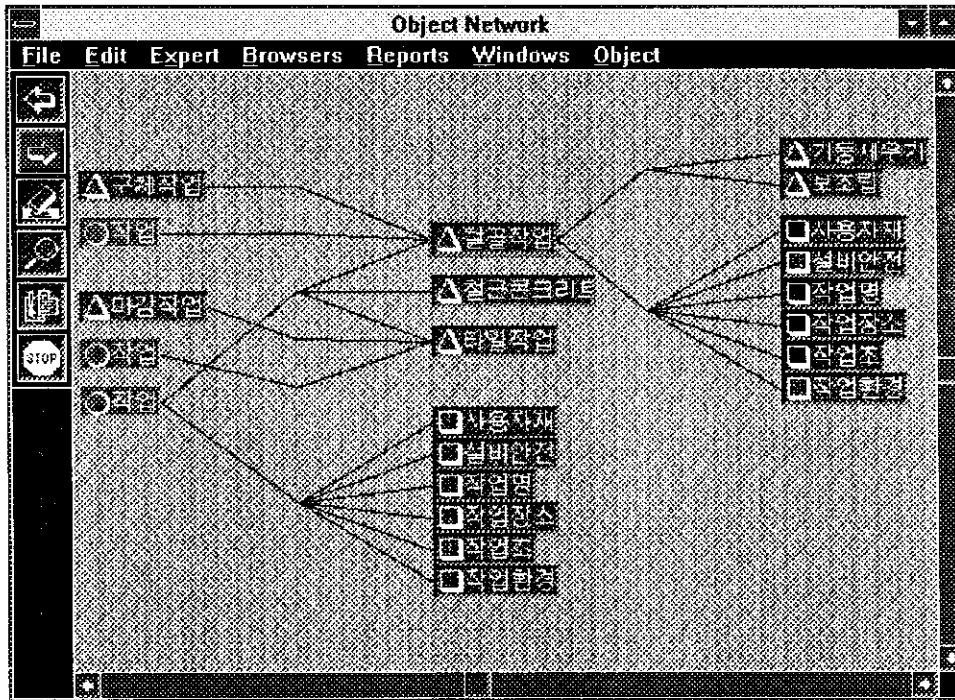
객체나 부류의 속성은 구현 도구에서는 자료로 처리되며, 객체의 속성을 정의할 때는 문자열, 불리언, 정수 등과 같이 자료의 유형을 동시에 지정해 주어야 한다. 철골작업 객체의 속성으로는 사용자재, 안전설비, 작업장소, 작업조, 작업환경 등이며, 모든 정보는 기호추론으로 처리하게되므로 자료의 유형이 문자열일 경우는 통일된 어휘의 사용이 필수적으로서 추후 지식기반시스템의 구현시에는 용어사전의 제공이 필요하다. 검증 작업에 객체 속성으로 정의된 자료의 유형은 대부분 문자열이며 구체적 목록은 '부록'의 '(2) 자료 유형'과 같다.



<그림 5-2> 철골작업 객체의 생성

이상의 자료 유형을 이용하여 생성된 부류의 유형으로는 작업, 자재, 작업자, 수공구, 장비 등이며, 부류와 객체사이의 관계 및 속성의 계승 상태를 화면상의 객체망으로 관찰하면 <그림 5-3> 및 <그림 5-4>와 같다.

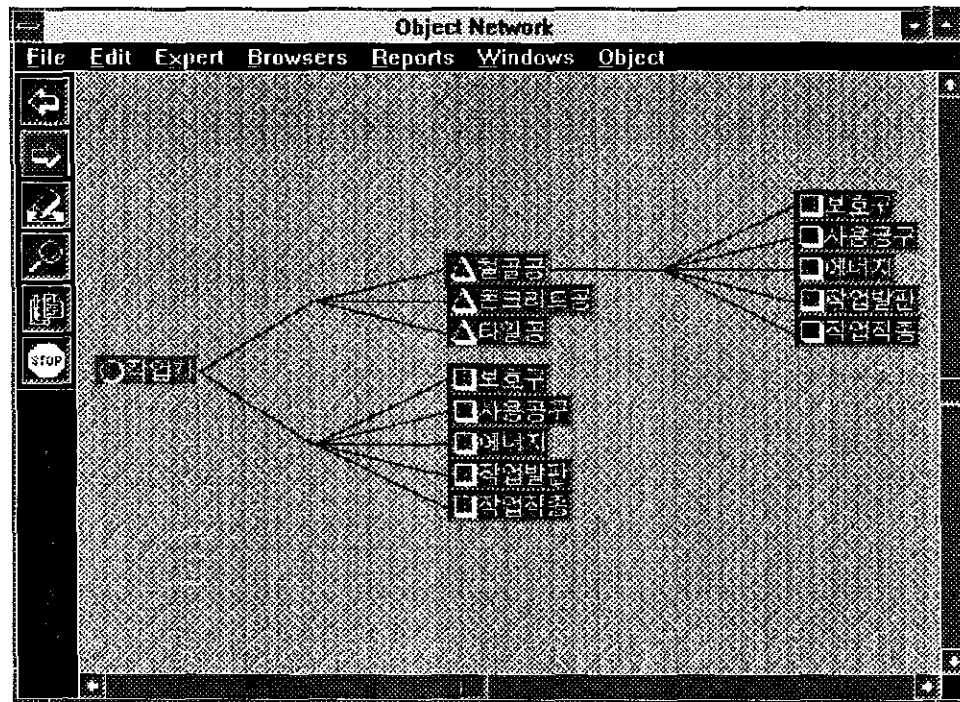
<그림 5-3>은 작업 객체를 예시한 것으로서 철골작업, 철근콘크리트작업, 타일작업 등은 작업의 객체로 분류될 수 있고, 이들 작업 객체는 '작업'의 속성인 사용자재, 안전설비, 작업명, 작업장소, 작업조, 작업환경 등의 속성을 계승한다.



<그림 5-3> 작업 객체의 위계구조 및 속성 계승

<그림 5-4>는 작업자원중에서 작업자를 예로 든 것으로서 철골공, 콘크리트공, 타일공등의 직종이 있으며 이들 작업자 객체는 작업자의 부류 속성인 보호구, 사용공구, 작업발판, 작업직종등의 속성을 계승한다. 검증 작업을 위해 생성된 객체 및 부류의 유형은 '부록'의 '(3) 부류 및 객체'와 같다.

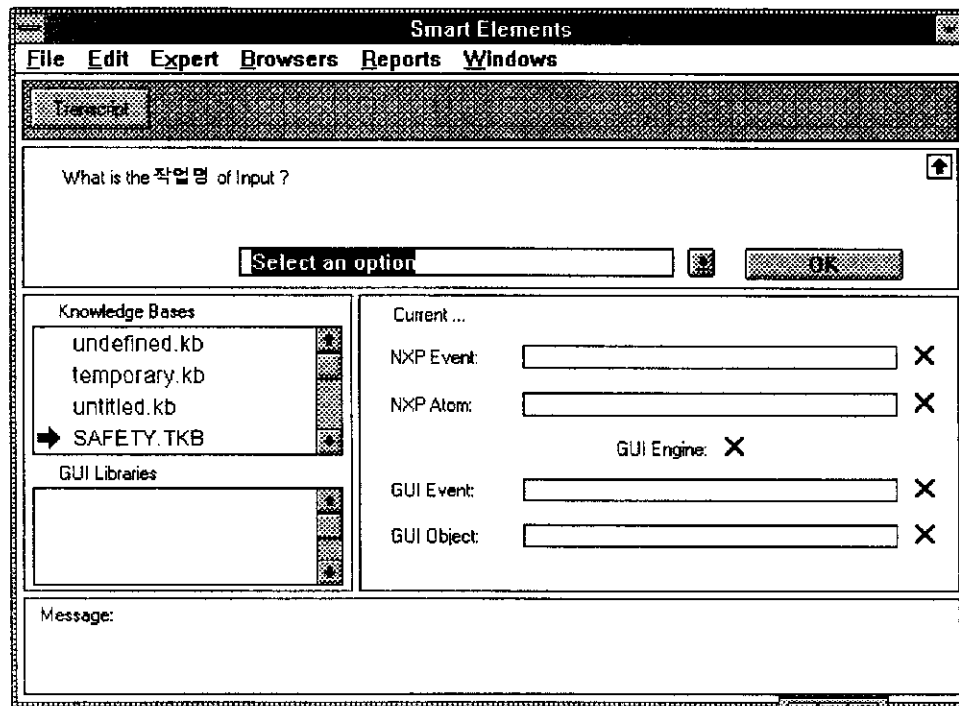
객체의 속성이 고유값을 가질 경우는 객체의 생성과 동시에 해당 자료의 값을 정의해 주어야 하며, 속성이 변수로서 미지의 사실일 때는 지식기반의 추론시 사용자에게 해당 값을 묻게되며, 객체가 특정한 값을 가질 경우는 메타슬롯에 고유값으로 설정할 수 있다. 철골작업을 예로 들면 사용자제의 경우는 철골부재만이 사용되므로 미리 메타슬롯에 정의하여 둬으로써 사용자에게 질문하지 않고 자료를 처리하게 되며, 기타의 속성도 동일한 방식으로 정의된다. 이와 같은 메타슬롯으로 정의된 고유값의 목록은 '부록'의 '(4) 메타슬롯'과 같다.



<그림 5-4> 작업자 객체의 위계구조 및 속성 계승

초기 상태에서 미지의 사항으로 사용자에게 입력을 요구하는 화면의 예는 <그림 5-5>와 같은데, 이 화면에서는 작업위험의 분석을 위해 필요한 작업명의 입력을 요구하고 있다. 이러한 질의 화면은 실제의 시스템 개발시에는 사용자 입장에서 알기쉬운 화면으로 재구성할 수 있다.

작업을 구성하는 자원의 조합은 제3장에서 객체의 상호관계중 비위계관계로 정의하였으며, 검증 도구에서는 번역기능(interpretation)에 의해 선택된 작업에 필요한 자원을 조합한다. 작업의 구성 자원으로 작업자를 조합하는 과정을 예로 들면 <그림 5-6>에 예시한 규칙의 표현과 같이 '<I작업I>.작업조'는 I작업I에 작업자가 조합됨을 나타내며 모든 직종이 작업자로 설정될 수 있다.



<그림 5-5> 미지 사실의 질의 및 입력

이때 작업자는 미지의 값으로 사용자에게 질문을 하게 되며, 만약 첩골작업의 작업자로 첩골공이 메타슬롯에 지정된 경우는 작업자는 바로 첩골공이 조합된다. 동일한 방식으로 첩골공외에도 사용자재는 첩골 부재, 공구는 임팩트렌치, 장비는 타워크레인등으로 첩골작업에 필요한 자원이 조합된다. 즉, 구체적 작업상황은 <그림 5-3>의 작업의 속성으로 정의된 작업조건하에서 <그림 5-4>와 같은 자원 상태의 조합으로 표현된다.

다. 사고규칙 및 제어규칙의 작성

제4장에서 고찰한 바와 같이 사고는 작업상황에 내재한 구성자원사이의 위험속성의 상호작용의 결과이며 이러한 상호작용은 사고규칙으로 표현이 가능하였다. 첩골작업

중 발생가능한 추락재해도 유형은 다양하지만, 추락의 조건은 앞에서 고찰한 바와 같이 '불안전한 작업발판을 사용하는 고소에 위치한 작업자인 경우'로서 이러한 조건은 사고규칙으로 쉽게 표현될 수 있다.

검증 도구의 규칙 편집기는 <그림 5-6>과 같이 조건부인 좌변과 가설 및 실행부인 우변으로 구성된다. 맨 윗줄은 해당 지식기반의 명칭과 규칙의 명칭이며, 좌변은 규칙의 조건부로서 맨 첫칸은 다음 두칸에 대한 연산을 하는 연산자이다. 우변의 화살표 옆칸은 가설이며 이하의 두칸은 실행문이다.

Rule Editor

File Edit Expert Browsers Reports Windows Rule

Rule: R_추락위험_제거 KB: SAFETY.TKB

If = 저리_작업_작업명 "고소" → 추락위험_제거

<> 저리_작업_작업직종 안전작업

Actions

Then Do

Exec	'WriteTo'	@WAIT
Show	"a.\msg3.txt"	@KEEP
Assign	추락위험_제거제	추락위
Assign	추락위험_차단	추락위

Else Do

Assign	추락위험_차단	추락위
--------	---------	-----

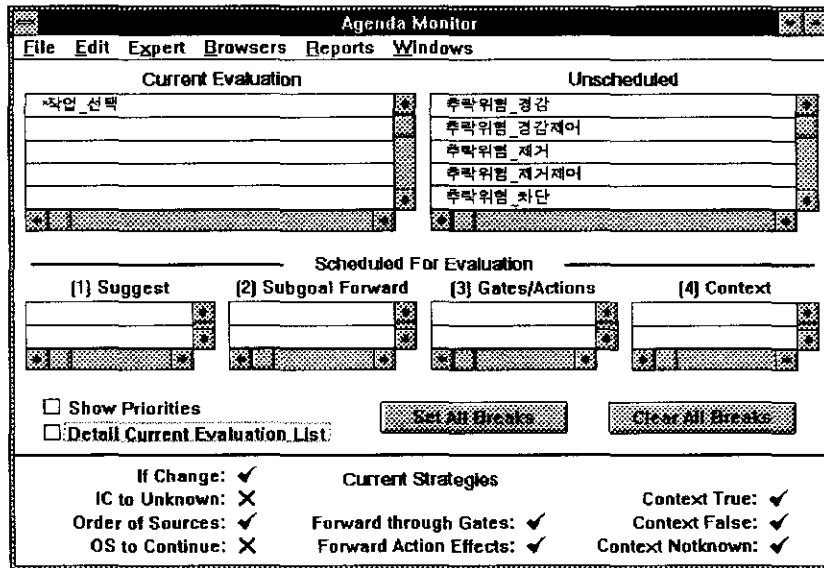
Comments

Why

Inf. Priority Num. 1 Inf. Priority Slot

<그림 5-6> 추락위험 제거규칙의 작성

이 도구의 추론방식은 규칙의 가설을 작업 메모리인 아젠다(agenda)에 올려놓고 가설을 중심으로 추론한다는데 특징이 있으며, 일차적으로 동일한 가설을 갖는 모든 규칙을 실행의 대상으로 한다. 규칙에 의한 추론을 구동시키기 위한 규칙의 집합을 보여주는 어젠다 열람기는 <그림 5-7>과 같은데 이 그림은 '작업_선택' 규칙이 실행중이며 다른 규칙은 아직 대기상태임을 나타낸다.



<그림 5-7> 규칙의 실행

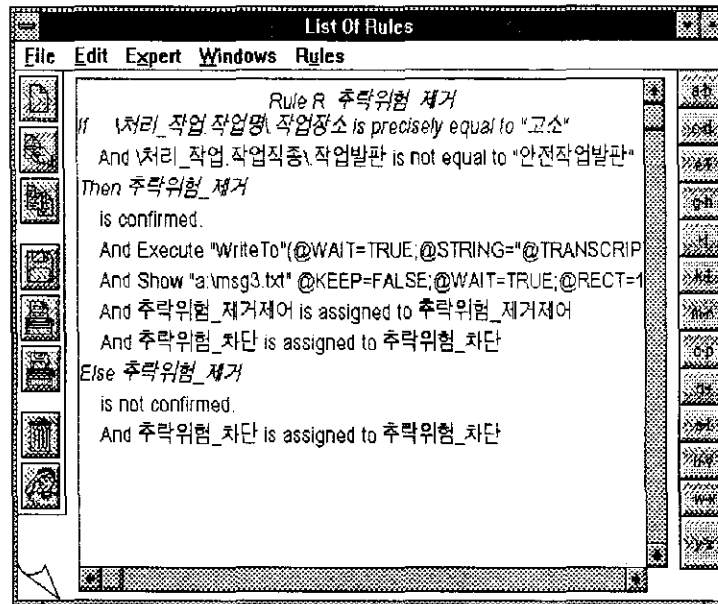
철골작업의 사고규칙중 위험의 제거여부를 평가하는 규칙을 예로 들면, 먼저 철골작업의 '작업장소'가 '고소'인 조건에서 '작업발판'의 상태가 '안전작업발판'이면 다음의 사고규칙인 '추락위험_차단'여부를 평가하게되며, 그렇지 않을 경우 평가 결과로서 "작업자의 추락 위험을 제거할 수 없다!"는 메시지를 내보낸다. 계속하여 위험의 제어수단을 제시해주는 위험제어규칙과 다음의 사고규칙인 '추락위험_차단'여부를 평가하는 규칙을 실행시킨다. 추락위험 제거 규칙을 본 검증작업에 사용한 도구의 양식으로 표현하면 다음과 같다.

```
R_추락위험_제거
IF      =      \처리_작업.작업명\작업장소      "고소"
      <>      \처리_작업.작업직종\작업발판      "안전작업발판"
가설:추락위험_제거
THEN Execute "WriteTo"(WAIT=TRUE;FILE=a:\msg3.txt,\)
              TEXT=작업자의 추락 위험을 제거할 수 없다!
Show      "a:\msg3.txt"
Assign 추락위험_제거제어      추락위험_제거제어
Assign 추락위험_차단      추락위험_차단
```

ELSE Assign 추락위험_차단

추락위험_차단

이상의 규칙 편집기로 작성된 규칙은 <그림 5-8>과 같이 If -, Then -, Else -의 형식의 자연어로 검색할 수 있으며, 구현 도구에 입력된 규칙의 목록은 '부록'의 '(5) 규칙'과 같다.



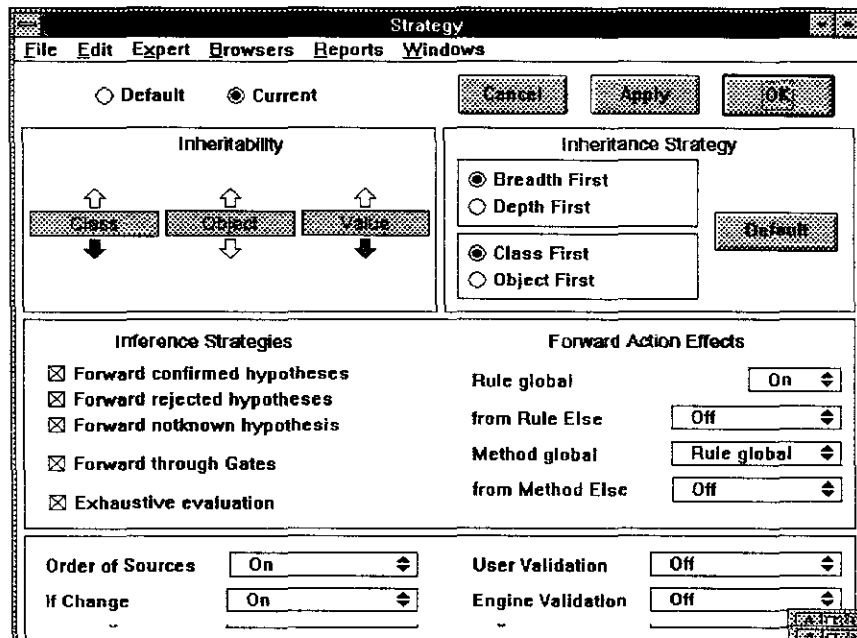
<그림 5-8> 규칙의 열람

3. 검증결과

가. 추론 과정

검증에 이용된 도구의 추론기구는 규칙의 가설을 작업메모리에 올려놓고 관련된 규칙들을 추론전략의 우선순위에 따라 실행해 나간다. 전반적 추론의 우선순위는 후향, 가설, 속성값 및 우변의 순으로 실행한다.

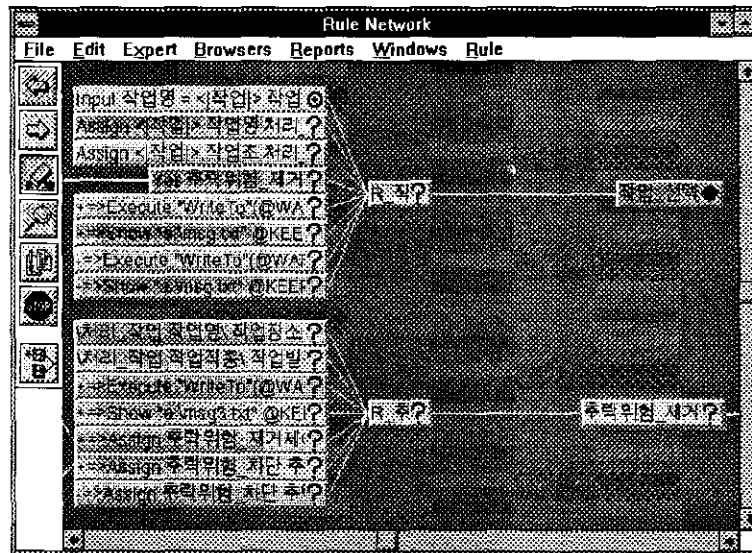
추론전략은 폭우선과 깊이우선, 객체우선과 부류우선중에서 탐색의 우선순위를 설정해 줄 수 있으며, 속성 계승의 방향도 부류, 객체, 자료값의 각각에 대하여 상향 또는 하향으로 계승방향을 지정해 줄 수 있다. 이밖에도 상황에 따라 국부적으로 여러가지 조건을 부여할 수 있으며, 이와 같은 추론 기능은 <그림 5-9>와 같은 추론 제어 기구를 통하여 탐색의 우선순위, 계승의 대상과 방향등이 제어된다.



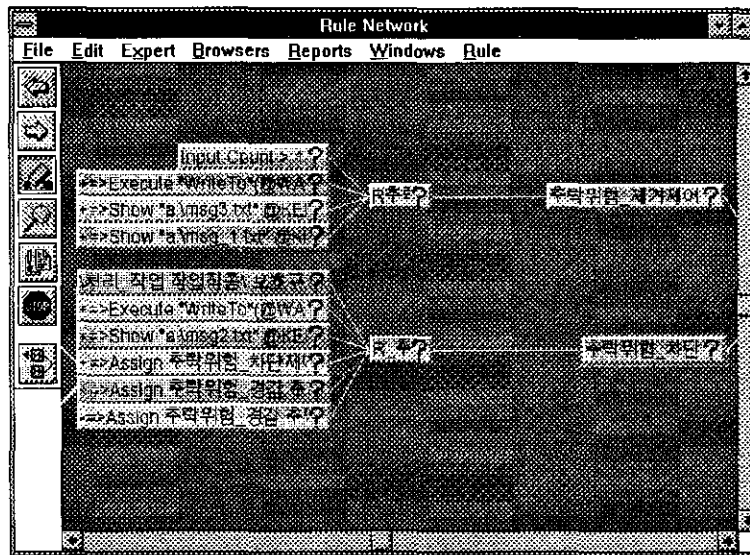
<그림 5-9> 추론 제어

검증 도구의 규칙에 의한 추론은 기본적으로 위험의 유형이나 제어수단을 나타내는 가설로부터 결론에 도달하는 전향추론과 사고인자의 속성을 평가하여 위험의 유형을 도출하는 후향추론이 모두 가능하다. 본 검증 작업에서는 추론기구를 자원의 위험 속성을 평가하여 위험을 도출하고 위험에 대한 대책을 제시하는 후향추론으로, 속성의 계승은 하향으로 설정하였다. 검증 작업에 설정된 추론전략은 '부록'의 '(6) 추론전략'과 같다.

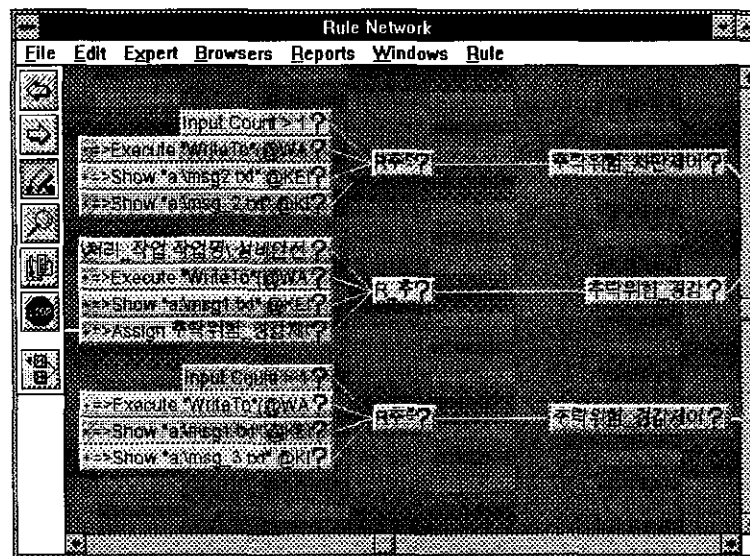
철골작업에 대한 추락위험 분석 및 제어수단의 구체적인 추론과정은 <그림 5-10>의 규칙망 열람기에서 관련된 규칙의 추론순서와 상호관계를 볼 수 있는데, <그림 5-10>중 '(가), (나) 및 (다)'는 화면을 편의상 분리시킨 것으로서, 규칙망 전체의 구조는 그림 '(라)'와 같다. 추론 순서는 그림 '(가)'의 첫번째 규칙으로 분석할 작업을 선택하고 자원조합규칙에 의해 현재의 작업상황인 철골작업에 소요되는 자원을 조합한다. 조합된 자원의 속성 평가에 필요한 자료는 메타슬롯의 고유값이 우선하며, 미지의 사실인 경우는 사용자에게 질문하여 입력된 값을 이용하여 평가한다. 본 검증자료에서는 철골작업의 구성 자원을 철골공, 철골부재, 타워크레인 및 임팩트렌치로 메타슬롯에 미리 정의해 두었다.



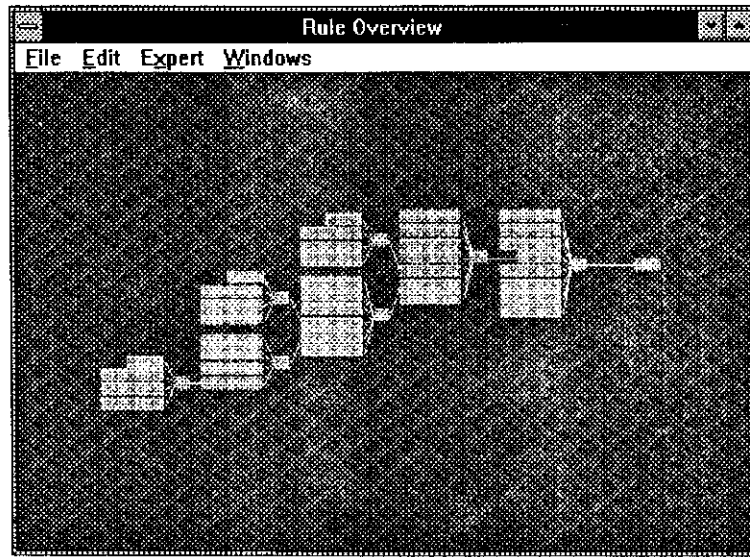
(가) 작업 선택 및 추락위험제거 분석 규칙



(나) 추락위험 제거제어 및 차단 분석 규칙



(다) 추락위험 차단제어 및 경감 분석 규칙



(라) 규칙망 관찰기

<그림 5-10> 규칙의 추론 과정과 규칙망 관찰기

자원조합규칙에 이어서 실행되는 사고규칙은 조합된 자원의 위험 속성사이의 상호 작용을 평가하며, 입력된 속성에 대한 값들은 사고규칙의 위계에 따라 순차적으로 평가되어 작업의 위험성이 도출된다. 즉, 그림 '(가)'의 두번째 사고규칙으로 추락위험이 제거되었는지 여부를 평가하여 위험이 제거되지 않았으면 그림 '(나)'의 첫번째 규칙인 '추락위험_제거' 제어규칙을 실행시켜 위험의 분석결과 및 제어수단을 메시지와 함께 사용자에게 제시해주고, 계속해서 위험의 차단여부를 그림 '(나)'의 두번째 규칙으로 평가한다. 이와 같은 과정으로 그림 '(다)'의 마지막 규칙인 위험의 경감 여부까지 평가함으로써 추락위험의 분석 및 제어과정이 종료되며, 다른 유형의 위험도 유사한 방식으로 제어가 가능하다. 자원별로 정보의 검색이 필요할 경우 특정의 위험속성을 갖는 '자원' 객체는 비교연산으로 탐색되며, 한번 정의된 객체의 속성은 어떤 규칙에서도 호출되어 평가될 수 있다. 즉, 정형화된 사고규칙 및 제어규칙은 동일한 형식으로 모든 위험유형의 분석과 제어수단의 추론에 이용될 수 있다.

나. 결과의 분석

이상의 모형 검증과정에서 나타난 바와 같이 다양한 건설작업상황은 작업을 구성하는 자원 객체의 상호관계로 조합하고 객체의 위험속성을 정의함으로써 용이하게 표현되고, 작업상황에 잠재된 위험성은 사고인자인 객체의 위험속성을 규칙으로 평가하여 제시해 주었으며, 분석된 위험에 대한 제어수단은 제어규칙으로 제시해 주고 있다. 즉, 객체의 속성으로 작업상황의 표현이 가능하며 사고규칙으로는 작업의 위험성이 분석되고 제어규칙으로는 사고방지수단의 추론이 가능하여 본 연구가 목표로한 제반 요건이 충족되었으며, 따라서 작업상황, 사고상황 및 제어상황으로 구성된 지능형 건설안전정보시스템의 모형이 타당함을 알 수 있다. 모형의 검증을 위한 규칙을 작성해 본 결과 사고규칙과 제어규칙을 별개로 작성하는 것보다는 두가지 기능을 연계시켜 동시에 실행시키는 것이 효과적이었다.

기존의 작업위험분석은 사고사례나 경험에 의하여 직관으로 수행되고 있으며, 사고방지를 위한 대책의 수립에 있어서도 구체적 작업상황과 괴리된 일반적인 점검표를 이용하여 불필요한 내용이 많고 위험의 유형과 대책사이의 상관관계도 불명확하였으며, 위험제어수준도 알려주지 못하였다. 그러나 본 연구에서 제시한 지식모형을 이용할 경우 필요한 작업에 대해서만 위험성을 분석하고 이에 대한 대책을 위험제어전략의 우선순위에 따라 제시해 줄 수 있다. 또한 이 모형은 선택된 작업상황에서 가능한 위험성에 대해서만 위험제어수단을 제시하여 줌으로써 불필요한 정보를 배제하였으며, 추론에 필요한 자료도 사용자와 대화형식으로 질문하여 추론해 나감으로써 공사관리자의 안전정보 욕구를 효과적으로 해소시켜 줄 수 있다.

이러한 기능은 분류체계상의 상위의 부류나 객체의 속성을 하위의 부류나 객체가 계승하는 객체지향 표현으로 위계적 분류체계를 객체내부에 수용하여 다양한 건설작업상황의 자연스러운 표현과 공정별 안전지식의 검색이 가능하고, 객체와 별개로 작성된 규칙집합으로는 비교연산과 혼합추론 기능을 이용하여 객체를 조작하고 객체의 속성을 평가할 수 있었기 때문이다. 또한 이러한 구조는 지식의 표현에 있어 단순성과 독립성을 유지하여 지식기반의 확장과 갱신이 용이하며, 정보의 중복도 최소화된다.

모형의 실용화를 위해서 해결해야 할 기술적 과제로는 객체의 위험속성의 효과적 추출과 표준어휘에 의한 통일된 표현이 요구되었다. 이중 객체의 위험속성을 추출하는 방법중의 하나는 기인물인 자원의 불안전 속성을 객체의 수동적 상태와 능동적 행태로 표현할 수 있는 객체지향 사고정보 데이터베이스를 구축하여 객체와 객체의 속성을 지식기반과 공유하고, 작업상황과 직접 관련된 객체의 속성만을 검색하여 규칙의 평가에 활용함으로써 해결이 가능하다. 또한 지능형 시스템과 같이 기호추론(symbolic reasoning)을 하는 지식기반의 어휘 통일은 일반적인 지식기반에서 제공하는 용어사전을 제공함으로써 해결이 가능한 것으로 사료된다. 이밖에 작업자나 자원의 행태도 객체지향의 메소드로 표현함으로써 작업상황의 모의실험이 가능하나 이에 관한 연구는 본 연구의 범위밖으로서 후속 과제로 한다.

제6장 결 론

모든 산업재해의 근본원인에는 ‘관리상 결함’이 선행하며 건설재해의 방지도 안전 관리 수준의 향상이 근원적 대책이 될 수 있다. 의사결정을 본질로 하는 관리업무에는 정보가 필수적이며 건설현장의 안전관리 수준도 안전정보를 효과적으로 활용함으로써 대폭 개선이 가능하다. 따라서 본 연구는 안전정보의 효과적 활용을 통한 건설재해의 방지를 목적으로, 흩어져 있는 안전정보를 조직적으로 저장하고, 구체적 작업 상황에 필요한 내용만을 제공할 수 있는 지능형 건설안전정보시스템의 실용화를 위한 기초적 연구로서 지식표현방법에 의한 건설안전정보시스템의 개념적 모형을 제시하기 위하여 수행되었다.

모형 구축을 위한 대상영역의 분석에는 객체지향방법을 응용하였으며, 조직적인 안전정보의 저장과 지능적 검색을 위한 모형의 표현에는 객체지향 지식표현방법과 규칙표현방법을 결합시킨 복합형 지식표현방법을 이용하였다. 모형의 타당성은 일반적인 지능형 시스템 구축도구를 이용하여 검증하였으며, 이 과정에서 얻어진 주요한 결론은 다음과 같다.

(1) 조직화된 정보로서 건설안전지식은 복잡하고 다양한 작업상황 속에 잠재된 위험성을 알려주고, 인지된 위험의 제어수단을 제시해 주는 기능을 한다. 따라서 건설안전지식은 작업상황을 사실적으로 나타내는 표현계와 작업상황에 내재한 위험성을 분석하고 이에 대한 제어수단을 제시하는 지능작용을 하는 추론계의 조합으로 표현할 수 있으며, 각 차원은 현장에서 작동되는 단계에 따라 위험여부를 확인하고자 하는 작업상황 모형, 선택된 작업의 위험을 분석하는 사고상황 모형, 그리고 위험제거에 관한 대책을 제시하는 제어상황 모형으로 구성할 수 있다.

(2) 작업상황 모형은 객체의 상호관계로 표현된다. 작업상황을 표현하는 객체의 유형은 작업과 작업의 구성자원인 작업자, 자재, 장비, 그리고 공구로 설정할 수 있으며, 객체들 사이의 상호관계는 위계관계 또는 비위계관계로 설명될 수 있다. 구체적 작업상황의 표현을 위하여 작업 객체는 작업장소, 작업환경, 안전설비등의 속성을 가지며,

자원 객체들도 고유한 속성을 가진다. 이들 제 속성중에서 사고를 유발시킬 수 있는 위험속성이 사고인자가 되며 이러한 속성은 다양한 분류체계와 함께 독립된 객체의 내부구조로 은닉, 표현된다. 따라서 작업상황 모형은 객체의 상호관계와 이들의 속성으로 복잡한 건설작업 상황을 효과적으로 표현해 준다.

(3) 사고상황 모형은 작업상황을 구성하는 객체의 위험속성을 평가하는 구조화된 사고규칙의 집합으로 구성된다. 사고규칙은 사고인자들 사이의 상호작용으로 가능한 위험의 유형을 규칙으로 표현한 것으로서, 객체 위험속성의 상호작용을 작업환경, 작업장소, 장비, 자재, 공구 및 작업자의 위계구조로 평가하여 작업상황에 내재된 위험성을 분석해 준다.

(4) 제어상황 모형은 위험의 유형별로 체계화된 위험제어수단을 위험제어원칙에 따라 제시해 주는 위험제어규칙의 집합으로 구성된다. 위험제어규칙은 위험제어 원칙을 규칙으로 표현한 것으로서, 사고상황 모형에서 분석된 위험에 대하여 위험의 제거, 차단 및 경감의 순서로 안전대책을 제시해 준다.

(5) 지능형 건설안전정보시스템의 개념적 모형은 이상 세 모형의 통합으로 완성되었다. 모형의 작동과정은 작업상황 모형에서 작업공정이 선택되면 자원조합 규칙으로 필요한 자원을 선택하여 이들 작업조건으로서 객체의 속성을 확인한다. 사고상황 모형에서는 사고규칙집합으로 확인된 자원 속성들의 상호작용을 평가하여 가능한 위험성을 예측하고, 제어상황 모형에서는 위험제어전략에 따라서 예측된 위험원을 근본적으로 제거하는 위험제거수단, 작업자를 위험성으로부터 격리시키는 위험차단수단, 그리고 위험성의 발현시 피해를 최소화하는 위험경감수단을 차례로 제시해 준다.

(6) 철골작업의 추락위험 방지지식을 대상으로 구축된 지식모형의 타당성을 검증한 결과, 지식모형은 작업의 위험성과 위험의 제어수단을 공정위주로 제공함으로써 건설안전정보의 소통에 효과적으로 활용될 수 있음이 확인되었다. 또한 건설안전 지식모형에 저장될 안전지식은 객체와 규칙을 결합시킨 복합형 지식의 형태로 표현되는 것이 유용함을 알 수 있었으며, 안전정보를 저장한 객체의 위계구조는 공사분류체계와

일관성을 가지는 것이 바람직하였다.

(7) 제시된 지식모형을 구성하는 객체의 독립성은 사용자로 하여금 어떠한 정보에도 직접 접근이 가능하도록 해주며, 작업의 위험성을 분석하고 분석된 위험의 제어수단을 제시해 주는 지능작용은 기존 데이터베이스 형태의 평면적 정보제공 방식을 개선하여, 안전정보의 수요자 입장에서 유동적인 건설현장의 안전관리에 필요한 정보만을 지속적으로 종합적으로 제공해 줄 수 있다.

본 연구에서 제시한 지능형 건설안전정보시스템의 실용화를 위한 모형은 안전관리에 필수적인 정보의 소통을 원활하게 하여 재해의 근원인 ‘관리상 결함’을 극복함으로써, 심각한 수준에 있는 건설재해의 감소에 기여할 뿐만 아니라, 건설안전 분야의 정보화를 촉진시키는 효과도 기대할 수 있다. 제안된 모형의 실용화를 촉진시키기 위해서는 객체와 규칙을 자동으로 생성하여 지식기반 구축에 드는 노력을 절감할 수 있는 방법에 대한 후속 연구가 요망된다. 나아가서 객체지향 사고정보 데이터베이스의 구축에 의한 객체 속성의 공유와 퍼지 논리, 확실성 지수, 베이저안 추론 등 확률개념에 의한 위험의 빈도 및 정도에 대한 정량적 정보제공 방안에 관한 연구는 제시된 모형의 표현력을 강화시키는데 기여할 수 있다.

참 고 문 헌

분야별(건설 및 건설안전, 산업안전, 정보과학), 국내, 일본, 서양문헌 순

建設 및 建設安全 분야

- 김경진 외(1992), 건설안전시공 점검체계 모형(MODEL)개발 연구, 건설부.
- 金善國(1992), 設計初期段階에서 共同住宅 프로젝트의 複合型 코스트 모델에 관한 研究, 서울대학교 박사학위논문.
- 金鍾孝(1993), 建設工事に 있어서 揚重作業의 安全管理에 관한 研究, 중앙대학교 박사학위논문.
- 안홍섭(1993), 건설현장의 유동성 대응을 위한 안전관리 정보화 방안에 관한 연구, 산업안전연구원.
- _____ (1992), 철골작업 추락방지시설에 관한 연구, 산업안전연구원.
- 이유섭(1992), “건설현장 안전정보시스템,” 建設技術情報, pp. 34- 35.
- 이한석(1992), 지식베이스 시스템을 이용한 건물디자인 방법에 관한 연구, 연세대학교 박사학위논문.
- 日刊建設(1990.9.24), 日, 노동安全管理 OA화 실현, pp. 16/1-2.
- 韓忠熙 외(1991), 大型 構造物工事의 安全에 關한 研究-現場 安全管理 概念 및 既存 法規檢討를 中心으로-, 한국건설기술연구원.
- 毛利行男(1989), “現場OA化による效率的な勞務 安全管理の實現,” 品質管理, Vol.40, pp. 166-171.
- 猪腰友典 外(1986), “勞務.安全管理用コンピュータの開発と作業所への導入,” 品質管理, pp. 120-125.
- 湫田純(1983), “コンピュータで安全情報を-工事災害豫知情報システム-,” 安全, pp. 23-30.
- Building Knowledge Systems, Inc.(1991), Expert System for Safety

- Prequalification of Construction Contractors**, BKSI, CA..
- Dedobbeleer, N.(1991), **"A Safety Climate Measure for Construction Sites,"** *NSC Journal of Safety Research*, Vol.22, No.2, pp. 97-103.
- Fullman, J. B.(1984), **Construction Safety, Security and Loss Prevention**, Wiley-Interscience Publication.
- Hadipriono, F. C. and Wang H. K.(1986), **"Analysis of Causes of Falsework Failures in Concrete Structures"**, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.112, No.1, pp. 112-121.
- Hadipriono, F. C.(1992a), **"Expert System for Construction Safety I: Fault Tree Models"**, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, Vol.6, No.4.
- _____(1992b), **"Expert System for Construction Safety II; Knowledge Base,"** *Journal of Performance of Constructed Facilities*, ASCE, Vol.6, No.4.
- Hinze, J. and Rebound, P.(1988), **"Safety on Large Building Construction Projects,"** *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol.114, No.2, pp. 286-293.
- IFBWW, **Make Construction Work Safe**(CIS92-1503).
- ILO(1981), **Civil Engineering Work**.
- _____(1985), **Safety and Health in Building and Civil Engineering Work**.
- Institute of Occupational Health(1987), **Occupational Health Care 15 : Systematic Workplace Survey**, Helsinki, Finland.
- Kjellen, U.(1982), **"An Evaluation of Safety Information System at Six Medium-Sized and Large Firms,"** *Journal of Occupational Accidents*, Elsevier, Netherlands, pp. 273-288.
- _____(1983), **The application of an accident process model to the development and testing of changes in the safety**

- information systems of two construction firms," *Journal of Occupational Accidents*, Elsevier, Netherlands, pp. 99-119.
- Krishnamurthy, K., et al(1991), "Computer Assisted System for accident analtsis and fall protection in industrial construction industries," *Advances in Industrial Ergonomics and Safety III*.
- Lifson, Melvin W. and Shaifer, Edward F. Jr.(1987), **Decision and Risk Analysis for Construction Management**, McGraw-Hill.
- Leu, S. S.(1992), **Object-Oriented Representation Model of Construction Technology Information**, Ph.D Thesis, Univ. of Michigan.
- Nam, C. H.(1989), "Toward Understanding of Product Innovation Process in Construction," *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol.115, No.4, pp. 517-534.
- Nisknen, T. and Saarsalmi, O.(1983), "Accident Analysis in the Construction of Building," *Journal of Occupational Accidents*, Vol.5, pp. 89-98.
- Samuelson, N. M. and Levitt, R. E.(1982), **Owner's Guidelines for Selecting Safe Contractors**, 108(CO4), pp. 617-623.
- Shin, Dongwoo(1988), **A Model for Construction Schedule Analysis During the Design Process**, Ph.D Thesis, Univ. of Michigan.
- Stanton, W. A. et al.(1990), "Conceptual Frame Work for Computer-Based Construction Safety Control," *Journal of Construction Engineering and Management.*, Vol.116, No.3, Sep., pp. 383-398.
- Tatum, C. T.(1988), "Classification Systems for Construction Technology," *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol.114, No.3, pp. 344-363.
- The Business Roundtable(1982), **Improving Construction Safety**

Performance, Report A-3.

_____ (1988), **Model for an Owner Safety Process
:Construction Industry Safety Excellence Award Program.**
Us Department of Labor(1983), **Construction Safety**, US Government
Printing Office.

産業安全 분야

金禱經(1990), 産災豫防安全管理論, 明倫堂.

노동부(각년도), 産業災害分析.

동서하이테크(1991), 유해물질 확산에 의한 위험 및 안전도 예측/평가/경보
시스템.

한국산업안전공단(1991), 재해분석기준(코드함목)집.

_____ (1993), 92독일연수 결과보고서Ⅳ(재해통계).

_____ (1992), 재해조사 통계의 발전과정과 현황.

Aaltonen, M. V. P.(1992), "Integration of an accident information
system into computer-aided production management systems
in the chemical industry," *Proceedings of the International
Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety*,
Tampere, Finland.

Abeytungu, P. K.(1993), "Work-Related Diseases - Prevention and
Health Promotion XIII," *World Congress on Occupational
Safety and Health*.

Boley, J. W.(1977), **A Guide to Effective Industrial Safety**, Gulf.

Colling, D. A.(1990), **Industrial Safety:Management and
Technology**, Prentice-Hall.

Commission Decision of 24 February 1988, "Providing for the
Improvement of Information on Safety," *Hygiene and Health*

- at Work*, Official Journal of the European Communities, pp. 14.7.88.
- Crawford, K. C., et al.(1985), **"A Computer Assisted Approach to Hazard Communication:An Update,"** *NLGI SPOKESMAN*, pp. 28-31.
- Dawson, S., et al.(1987), **"How to secure an effective health and safety program at work,"** *Professional Safety* Vol.32, No.1, pp. 32-41.
- Hammer, W.(1989), **Occupational Safety Management and Engineering**, Prentice-Hall.
- Hecker(1991), **The Right to Know - An Employee Guide to Information About Workplace Hazards**, LERC.
- Heino, P., et al.(1992), **"Computer tools for hazard identification, modelling and analysis,"** *Journal of Hazardous Materials*, Elsevier, Amsterdam, pp. 445-463.
- Heinrich, H. W., Peterson D.(1980), and Roos, N., **Industrial Accident Prevention**, McGraw-Hill.
- HSE & HMSO(1991), **Successful Health & Safety Management**.
- Karwowski, W., et al.(1991), **"Computer-Assisted System for Accident Analysis and Fall Protection in Industrial Construction Industries,"** *Advances in Industrial Ergonomics and Safety III*, Texas, pp. 895-900.
- Lindsay, F. D.(1992), **"Successful Health and Safety Management: The Contribution of Management Audit,"** *Safety Science*, Elsevier, pp. 387-402(CIS93-1177).
- Mattila, M., et al.(1992), **"Computer in Ergonomics,"** *Occupational Safety and Health*, Elsevier, Finland.
- Ohio Industry(1992), **Basic Safety and Health Manual**, BWC Division of Safety and Hygiene.

- Petersen, D.(1978), **Techniques of Safety Management**, McGraw-Hill, New York.
- Robert, J.(1990), **Occupational Health and Safety Software Packages**, CCOHS, Canada(CIS91-1469).
- Suokas, J., et al.(1990), "Expert Systems in Safety Management," *Journal of Occupational Accidents*, Elsevier, Finland, pp. 63-78.
- Surry, J.(1971), **Industrial Accident Research**, Univ. of Toronto.
- Takala, J.(1992), **Safety and Health Information Systems: Analysis of Local, National and Global Methods**, Tampere Univ. of Finland.
- Wintraecken, J. J. V. R.(1990), **The Information Analysis Method;Theory and Practice**, Kluwer Academic Pub.

情報科學 분야

- 김일곤(1991), **지식기반 시스템의 지식베이스 형성 및 유지기법**, 서울대학교 박사학위논문.
- 김화수, 고 순주(1993), **인공지능의 이론과 실제**, 집문당.
- 민미경(1993), **대규모 지식베이스의 운용:지식표현, 매칭, 저장관리 기법**, 서울대학교 박사학위논문.
- 오해석(1992), **인공지능 데이터베이스**, 회중당.
- 李東郁, 崔炳弼 편저(1994), **소프트웨어工學**, 尙潮社.

- Assche, F.(ed.)(1991), **Object Oriented Approach in Information Systems**, Elsevier.
- Dillon, T. and Tan, P. L.(1993), **Object-Oriented Conceptual Modeling**, Prentice Hall Press.
- Essink, L. J. B. et al(1991), "Object Modelling and System Dynamics in the Conceptualization Stages of Information Sytems

- Development,”** *Object Oriented Approach in Information Systems*, Elsevier Science Publishers, pp. 89-116.
- Frants, V.(1986), **Soviet Automated Information-Retrieval Systems**, Delphic Associates.
- Henderson-Sellers, B.(1992), **A Book of Object-Oriented Knowledge**, Prentice Hall.
- Huntington, D.(1993), **“Getting the Experts to Build Expert Systems”**, 제3회 인공지능, 신경망 및 퍼지시스템 종합학술대회/전시회.
- Iivari, J.(1991), **“Object-Oriented Design of Information Systems: The design process,”** *Object Oriented Approach in Information Systems*, Elsevier Science Publishers, pp. 61-87.
- Martin, J.(1993), **Principles of Object-Oriented Analysis and Design**, Prentice Hall International.
- Neuron Data, Inc.(1993), **Smart Element Version 1.0 Manual**.
- _____ (1993), **Smart Elements Data Sheet:The Power to Deliver Smarter Client/Server Applications**.
- Wilkie, G.(1993), **Object-Oriented Software Engineering**, Addison-Wesley Pub. Co.

여 백

부 록

모형검증 자료

- (1) 추락방지 지식
- (2) 자료 유형
- (3) 부류 및 객체
- (4) 메타 슬롯
- (5) 규칙
- (6) 추론전략

여 백

(1) 추락방지 지식

msg_1.txt;안전작업발판 기준

1. 폭은 40센티미터 이상,
2. 상부난간의 높이는 90 ~ 115센티미터,
3. 중간대의 높이는 45센티미터,
4. 폭목은 10 ~ 15센티미터.

msg_2.txt;안전대 사용방법

1. 안전대의 종류 : 2종
2. 부착설비 : 지지로우프, 구조채, 전용철물
3. 보조설비 : 로ړ, 안전블록

msg_3.txt;방망의 설치기준;

1. 구조 : 구성, 재료강도, 지지점 강도
2. 설치기준 : 낙하높이, 처짐, 바닥으로 부터 거리
3. 사용방법 : 사용전 시험, 보관, 사용금지, 표시사항

(2) 자료 유형(DATA TYPE LISTING)

(@VERSION=	030)
(@PROPERTY=	Count @TYPE=Integer;)
(@PROPERTY=	구동방식 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	구명 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	기계적성질 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	기초 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	보조원 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	보호구 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	사용공구 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	사용자 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	사용자재 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	설비안전 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=	수공구명 @TYPE=String;)

```

(@PROPERTY=      에너지  @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      용도     @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      운전방식 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      운전원   @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      자재명   @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      작업명   @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      작업발판 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      작업장소 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      작업조   @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      작업직종 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      작업환경 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      장비명   @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      적재상태 @TYPE=String;)
(@PROPERTY=      취급장비 @TYPE=String;)

```

(3) 부류 및 객체(CLASS AND OBJECT LISTING)

```

(@CLASS= 수공구
  (@PROPERTIES=
    구동방식
    사용자
    수공구명
    에너지
  )
)

(@CLASS= 자재
  (@PROPERTIES=
    기계적성질
    에너지
    용도
    자재명
    적재상태
    취급장비
  )
)

(@CLASS= 작업
  (@PROPERTIES=
    사용자재
    설비안전
    작업명
    작업장소
  )
)

```

```

        작업조
        작업환경
    )
)

(@CLASS= 작업자
  (@PROPERTIES=
    보호구
    사용공구
    에너지
    작업발판
    작업직종
  )
)

(@CLASS= 장비
  (@PROPERTIES=
    기초
    보조원
    에너지
    운전방식
    운전원
    장비명
  )
)

(@OBJECT=Input
  (@PROPERTIES=
    Count
    작업명
  )
)

(@OBJECT=구조재
  (@SUBOBJECTS=
    철골
    철근
    콘크리트
  )
)

(@OBJECT=구체작업
  (@SUBOBJECTS=
    철근콘크리트작업
    철골작업
  )
)

(@OBJECT=굴삭기
  (@SUBOBJECTS=
    불도저
  )
)

(@OBJECT=기둥세우기

```

```

        (@PROPERTIES=
            사용자재
            설비안전
            작업장소
            작업조
            작업환경
        )
    )

    (@OBJECT= 마감작업
        (@SUBOBJECTS=
            타일작업
        )
    )

    (@OBJECT= 마감재
        (@SUBOBJECTS=
            타일
        )
    )

    (@OBJECT= 망치
        (@CLASSES=
            수공구
        )
        (@PROPERTIES=
            구동방식
            사용자
            수공구명
            에너지
        )
    )

    (@OBJECT= 보조톱
        (@PROPERTIES=
            사용자재
            설비안전
            작업장소
            작업조
            작업환경
        )
    )

    (@OBJECT= 불도저
        (@CLASSES=
            장비
        )
        (@PROPERTIES=
            기초
            보조원
            에너지
            운전방식
            운전원
            장비명
        )
    )

```

```

(@OBJECT=비계
  (@CLASSES=
    자재
  )
  (@PROPERTIES=
    기계적성질
    에너지
    용도
    자재명
    적재상태
    취급장비
  )
)

(@OBJECT=설비작업
)

(@OBJECT=수동공구
  (@SUBOBJECTS=
    망치
  )
)

(@OBJECT=용접기
  (@CLASSES=
    장비
  )
  (@PROPERTIES=
    기초
    보조원
    에너지
    운전방식
    운전원
    장비명
  )
)

(@OBJECT=이동식크레인
  (@CLASSES=
    장비
  )
  (@PROPERTIES=
    기초
    보조원
    에너지
    운전방식
    운전원
    장비명
  )
)

(@OBJECT=임시재
  (@SUBOBJECTS=
    비계
    형틀
  )
)

```

```

    )
)
(@OBJECT= 임팩트렌치
  (@CLASSES=
    수공구
  )
  (@PROPERTIES=
    구동방식
    사용자
    수공구명
    에너지
  )
)
(@OBJECT= 작업_선택
  (@PROPERTIES=
    Value    @TYPE=Boolean;
  )
)
(@OBJECT= 전동공구
  (@SUBOBJECTS=
    임팩트렌치
    햄머드릴
  )
)
(@OBJECT= 처리_작업
  (@PROPERTIES=
    작업명
    작업직종
  )
)
(@OBJECT= 철골
  (@CLASSES=
    자재
  )
  (@PROPERTIES=
    기계적성질
    에너지
    용도
    자재명
    적재상태
    취급장비
  )
)
(@OBJECT= 철골공
  (@CLASSES=
    작업자
  )
  (@PROPERTIES=
    보호구
    사용공구
  )
)

```

```

        에너지
        작업발판
        작업직종
    )
)

(@OBJECT=철골작업
  (@CLASSES=
    작업
  )
  (@SUBOBJECTS=
    기둥세우기
    보조립
  )
  (@PROPERTIES=
    사용자재
    설비안전
    작업명
    작업장소
    작업조
    작업환경
  )
)

(@OBJECT=철근
  (@CLASSES=
    자재
  )
  (@PROPERTIES=
    기계적성질
    에너지
    용도
    자재명
    적재상태
    취급장비
  )
)

(@OBJECT=철근콘크리트작업
  (@CLASSES=
    작업
  )
  (@PROPERTIES=
    사용자재
    설비안전
    작업명
    작업장소
    작업조
    작업환경
  )
)

(@OBJECT=추락위험_경감
  (@PROPERTIES=
    Value @TYPE=Boolean;
  )
)

```



```

)
(@OBJECT= 추락위험_경감제어
  (@PROPERTIES=
    Value @TYPE=Boolean;
  )
)
(@OBJECT= 추락위험_제거
  (@PROPERTIES=
    Value @TYPE=Boolean;
  )
)
(@OBJECT= 추락위험_제거제어
  (@PROPERTIES=
    Value @TYPE=Boolean;
  )
)
(@OBJECT= 추락위험_차단
  (@PROPERTIES=
    Value @TYPE=Boolean;
  )
)
(@OBJECT= 추락위험_차단제어
  (@PROPERTIES=
    Value @TYPE=Boolean;
  )
)
(@OBJECT= 콘크리트
  (@CLASSES=
    자재
  )
  (@PROPERTIES=
    기계적성질
    에너지
    용도
    자재명
    적재상태
    취급장비
  )
)
(@OBJECT= 콘크리트공
  (@CLASSES=
    작업자
  )
  (@PROPERTIES=
    보호구
    사용공구
    에너지
    작업발판
    작업직종
  )
)

```

```

    )
  )

  (@OBJECT=크레인
    (@SUBOBJECTS=
      이동식크레인
      타워크레인
    )
  )

  (@OBJECT=타워크레인
    (@CLASSES=
      장비
    )
    (@PROPERTIES=
      기초
      보조원
      에너지
      운전방식
      운전원
      장비명
    )
  )

  (@OBJECT=타일
    (@CLASSES=
      자재
    )
    (@PROPERTIES=
      기계적성질
      에너지
      용도
      자재명
      적재상태
      취급장비
    )
  )

  (@OBJECT=타일공
    (@CLASSES=
      작업자
    )
    (@PROPERTIES=
      보호구
      사용공구
      에너지
      작업발판
      작업직종
    )
  )

  (@OBJECT=타일작업
    (@CLASSES=
      작업
    )
    (@PROPERTIES=

```

```

        사용자재
        설비안전
        작업명
        작업장소
        작업조
        작업환경
    )
)

(@OBJECT= 햄머드릴
  (@CLASSES=
    수공구
  )
  (@PROPERTIES=
    구동방식
    사용자
    수공구명
    에너지
  )
)

(@OBJECT= 형틀
  (@CLASSES=
    자재
  )
  (@PROPERTIES=
    기계적성질
    에너지
    용도
    자재명
    적재상태
    취급장비
  )
)

```

(4) 메타 슬롯(META SLOT LISTING)

```

(@META= Input.Count
  (@PRIVINITVAL=10)
)

(@META= 망치.수공구명
  (@PRIVINITVAL="망치")
)

(@META= 불도저.장비명
  (@PRIVINITVAL="불도저")
)

(@META= 비계.자재명
  (@PRIVINITVAL="비계")
)

```

```

)

(@META= 용접기.장비명
  (@PRIVINITVAL="용접기")
)

(@META= 이동식크레인.장비명
  (@PRIVINITVAL="이동식크레인")
)

(@META= 임팩트렌치.수공구명
  (@PRIVINITVAL="임팩트렌치")
)

(@META= 철판.자재명
  (@PRIVINITVAL="철판")
)

(@META= 철판공.사용공구
  (@PRIVINITVAL="임팩트렌치")
)

(@META= 철판공.작업직종
  (@PRIVINITVAL="철판공")
)

(@META= 철판작업.사용자재
  (@PRIVINITVAL="철판부재")
)

(@META= 철판작업.작업명
  (@PRIVINITVAL="철판작업")
)

(@META= 철판작업.작업장소
  (@PRIVINITVAL="고소")
)

(@META= 철판작업.작업조
  (@PRIVINITVAL="철판공")
)

(@META= 철근.자재명
  (@PRIVINITVAL="철근")
)

(@META= 철근콘크리트작업.작업명
  (@PRIVINITVAL="철근콘크리트작업")
)

(@META= 콘크리트.자재명
  (@PRIVINITVAL="콘크리트")
)

(@META= 콘크리트공.작업직종
  (@PRIVINITVAL="콘크리트공")
)

```

```

)

(@META=   타워크레인.장비명
  (@PRIVINITVAL="타워크레인")
)

(@META=   타일.자재명
  (@PRIVINITVAL="타일")
)

(@META=   타일공.작업직종
  (@PRIVINITVAL="타일공")
)

(@META=   타일작업.작업명
  (@PRIVINITVAL="타일작업")
)

(@META=   햄머드릴.수공구명
  (@PRIVINITVAL="햄머드릴")
)

(@META=   형틀.자재명
  (@PRIVINITVAL="형틀")
)

```

(5) 규칙(RULE LISTING)

```

(@RULE=   R_작업_선택
  (@LHS=
    (=      (Input.작업명)      (<|작업|>.작업명))
    (Assign (<|작업|>.작업명) (처리_작업.작업명))
    (Assign (<|작업|>.작업조) (처리_작업.작업직종))
    (Yes    (추락위험_제거))
  )
  (@HYPO=      작업_선택)
  (@RHS=
    (Execute ("WriteTo"))
  )
  (@WAIT=TRUE;@STRING="@TRANSCRIPT,@FILE=a:\msg.txt,\
  @TEXT=추락 위험 분석이 완료 되었습니다.
  ### 작업 위험 분석을 계속 하시겠습니까?\
  ,@NEW";))
  (Show    ("a:\msg.txt")
    (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
    300;))
  )
  (@EHS=
    (Execute ("WriteTo"))
  )
  (@WAIT=TRUE;@STRING="@TRANSCRIPT,@FILE=a:\msg.txt,\
  @TEXT=추락 위험 분석이 완료 되었습니다.

```

```

## 작업 위험 분석을 계속 하시겠습니까?.\
@NEW";))
    (Show ("a:\msg.txt")
    (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
    )
)

(@RULE= R_추락위험_경감
(@LHS=
    (<> (\처리_작업.작업명\.설비안전) ("방망"))
    )
(@HYPO= 추락위험_경감)
(@RHS=
    (Execute ("WriteTo")
    (@WAIT=TRUE;@STRING="@TRANSCRIPT,@FILE=a:\msg1.txt,\
@TEXT=작업자의 추락 위험을 경감할 수 없다.\
@NEW";))
    (Show ("a:\msg1.txt")
    (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
    (Assign (추락위험_경감제어) (추락위험_경감제어))
    )
)
)
(@RULE= R_추락위험_제거
(@LHS=
    (= (\처리_작업.작업명\.작업장소) ("고소"))
    (<> (\처리_작업.작업직종\작업발판) ("안전작업발판"))
    )
(@HYPO= 추락위험_제거)
(@RHS=
    (Execute ("WriteTo")
    (@WAIT=TRUE;@STRING="@TRANSCRIPT,@FILE=a:\msg3.txt,\
@TEXT=작업자의 추락 위험을 제거할 수 없다.\
@NEW";))
    (Show ("a:\msg3.txt")
    (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
    (Assign (추락위험_제거제어) (추락위험_제거제어))
    (Assign (추락위험_차단) (추락위험_차단))
    )
    (@EHS=
    (Assign (추락위험_차단) (추락위험_차단))
    )
)
)
)
(@RULE= R_추락위험_차단
(@LHS=
    (<> (\처리_작업.작업직종\보호구) ("안전대"))
    )
(@HYPO= 추락위험_차단)
(@RHS=
    (Execute ("WriteTo")
    (@WAIT=TRUE;@STRING="@TRANSCRIPT,@FILE=a:\msg2.txt,\
@TEXT=작업자의 추락 위험을 차단할수 없다.\
@NEW";))

```

```

        (Show ("a:\msg2.txt")
        (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
        (Assign (추락위험_차단제어) (추락위험_차단제어))
        (Assign (추락위험_경감) (추락위험_경감))
    )
    (@EHS=
        (Assign (추락위험_경감) (추락위험_경감))
    )
)

(@RULE= R추락위험_경감제어
    (@LHS=
        (> (Input.Count) (1))
    )
    (@HYPO= 추락위험_경감제어)
    (@RHS=
        (Execute ("WriteTo")
        (@WAIT=TRUE;@STRING="@TRANSCRIPT,@FILE=a:\msg1.txt,\
@TEXT=추락 위험을 경감하려면 방망을 설치하여야 합니다.,\
@NEW";))
        (Show ("a:\msg1.txt")
        (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
        (Show ("a:\msg_3.txt")
        (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
        )
    )
)

(@RULE= R추락위험_제거제어
    (@LHS=
        (> (Input.Count) (1))
    )
    (@HYPO= 추락위험_제거제어)
    (@RHS=
        (Execute ("WriteTo")
        (@WAIT=TRUE;@STRING="@TRANSCRIPT,@FILE=a:\msg3.txt,\
@TEXT=추락 위험을 제거하려면 작업자의 작업발판은 안전작업발판을
사용하여야 합니다.
裏,@NEW";))
        (Show ("a:\msg3.txt")
        (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
        (Show ("a:\msg_1.txt")
        (@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
        )
    )
)

(@RULE= R추락위험_차단제어
    (@LHS=
        (> (Input.Count) (1))
    )
    (@HYPO= 추락위험_차단제어)
    (@RHS=

```

```

        (Execute ("WriteTo")
(@WAIT=TRUE;@STRING="@TRANSCRIPT,@FILE=a:\msg2.txt,\
@TEXT=추락 위험을 차단하려면 작업자는 안전대를 착용하여야 합니다.,\
@NEW";))
        (Show ("a:\msg2.txt")
(@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
        (Show ("a:\msg_2.txt")
(@KEEP=FALSE;@WAIT=TRUE;@RECT=100,100,300,\
300;))
    )
)

```

(6) 추론 전략(STRATEGY LISTING)

```

(@GLOBALS=
    @INHVALUP=FALSE;
    @INHVALDOWN=TRUE;
    @INHOBJUP=FALSE;
    @INHOBJDOWN=FALSE;
    @INHCLASSUP=FALSE;
    @INHCLASSDOWN=TRUE;
    @INHBREADTH=TRUE;
    @INHPARENT=FALSE;
    @PWTRUE=TRUE;
    @PWFALSE=TRUE;
    @PWNOTKNOWN=TRUE;
    @EXHBWRD=TRUE;
    @PTGATES=TRUE;
    @PFACTIONS=TRUE;
    @SOURCESON=TRUE;
    @CACTIONSON=TRUE;
    @VALIDUSER=FALSE;
    @VALIDENGINE=FALSE;
    @PFEACTIONS=FALSE;
    @PFMACTIONS=GLOBAL;
    @PFMEACTIONS=FALSE;
    @SUGLIST=작업_선택;
)

```


**건설현장의 유동성 대응을 위한
안전정보시스템 실용화 연구**
(연구보고서 토건연 94-2-23)

발행일: 1994. 12. 31

발행인: 원장 徐相學

연구자: 책임연구원 안홍섭

참여자: 책임연구원 박일철

선임연구원 최순주

발행처: 한국산업안전공단

한국산업안전연구원

토목·건축연구실

주 소: 인천직할시 북구 구산동 34-4

전 화: (032) 502-0032

(032) 518-6484~6

<비매품>