大韓土木學會論文集
第12卷 第1號 · 1992年 3月
pp. 9~17

構造工學

교량의 예비설계를 위한 전문가 시스템의 개발

Development of Expert System for a Preliminary Bridge Design

최창근* · 최인혁**
Choi, Chang Koon · Choi, In Hyuk

Abstract

This paper represents the expert system for selecting the superstructure types of bridges in the part of a preliminary bridge design. The system is implemented with the expert system tool called K-CLIPS which uses the production system for knowledge representation and provides the mechanism of forward chaining.

This expert system is composed of a knowledge base, data base and a knowledge module built by the tool which consists of the knowledges on design procedures. During symbolic processing the data base supports the sub system in knowledge base.

요 지

본 논문에서는 교량의 예비설계 단계중에서 상부구조 형식의 선정에 대한 전문가 시스템을 구축하는 것을 나타낸다. 본 시스템을 구축하기 위한 도구로는 전진추론방식 및 생산시스템으로 지식표현되는 전문가 시스템 개발용 도구인 K-CLIPS가 이용되었으며, 이 도구 위에서 구성된 지식 모듈, 데이타 베이스 및 지식 베이스로 시스템이 구성되었다.

지식 모듈은 주로 교량의 형식 선정과정을 관리하는 설계순서에 관한 지식이고, 지식 베이스 내에 있는 각 부 시스템이 심볼처리에 의해 수행되는 과정에서 데이타 베이스는 이를 지원해 주는 역할을 한다.

1. 서 론

일반적으로 교량의 예비설계 중에서 적절한 교량 형식을 선정하기 위해서는 관련법규, 지형조건, 환경조건, 경제조건 등 여러 조건을 고려해야 하며, 특히 설계자의 상당한 숙련 및 경험이 필요하고 또한 고도의 지식도 함께 요구된다. 그렇지만 오늘날과 같이 기술이 급속하게 발달해 전문성이 분화되어 1인의 토목 기술자가 여러 분야에 충분한 경험을 쌓아 그 것을 기초로 하여 교량 등의 특정구조물의 형식을 선정하는 등 보다 상위의 단계에 있어서의 분야에는 매우 어렵게 되어 있다. 또한 여러 의사 결정 단계에서 경험이 풍부한 전문가의 지식 및 [illegible] 결정사항은 시간적인 제약으로 [illegible] 수가 없다.

이러한 의사 결정의 일부를 [illegible]

* 정회원 · 한국과학기술원 토목공학과 교수
** 정회원 · 한국과학기술원 박사과정

컴퓨터로 지원하는 시스템을 전문가 시스템(Expert System)이라 하는데 출현한지 얼마 되지는 않지만 각 분야에서의 역할을 보조기능이 아닌 전문가의 위치에서 문제해결과정을 통하여 질적 및 생산성을 향상시키는데 일익을 담당하게 될 높은 가능성을 가지므로 각 분야에서 활발한 개발이 진행되고 있다.[1]

초기에 비교적 성공적인 결실을 거둔 전문가 시스템을 보면 의사의 진단을 위한 MYCIN,[2] 광맥탐사를 위한 PROSPECTOR[3] 및 컴퓨터의 설치계획을 위한 R1[4] 등이 있으며, 구조공학 분야에서도 수치계산을 주로 행하는 기존의 컴퓨터 이용방법을 기호처리(symbolic processing)에 바탕을 둔 새로운 기법을 도입하여 컴퓨터의 이용효율을 향상시키려는 노력이 이루어지고 있다. 이에 대한 전문가 시스템으로는 중층 건물의 개략설계 지원을 위한 HI-RISE,[5] 구조해석법의 선정을 위한 SACON,[6] 내진손상도 해석을 위한 SAGE,[7] 재료의 파괴해석을 위한 FAX[8] 및 구조안정성 평가를 위한 HOWSAFE,[9] DAPS[10] 등이 있다. 또한 교량의 개략설계를 지원하기 위한 전문가 시스템을 개발하려는 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직까지는 초보적인 단계에 있는 실정이다.[11,12]

본 연구는 제반의 설계조건, 구조요소의 역학적 특성 등에 관한 기존의 이론적 지식과 이 분야에서 오랜 기간동안 축적되어온 기존의 전문가들의 경험적인 지식을 체계적으로 컴퓨터에 내장하여 자동화된 교량예비설계의 전문가 시스템(PBRIDES : A Preliminary BRIdge Design Expert System)을 개발하려는 노력의 하나로서, 특히 교량의 예비설계 과정이 전문가들의 상호 충분한 정보교환에 의하여 진행이 되므로 이러한 일련의 설계과정을 일관된 모델로 적립하는데 그 목적이 있다. 또한 본 시스템을 구축함으로써 설계자가 교량의 예비설계를 할 경우 의사결정을 하는데 있어서 보조수단 내지 자문의 역할을 하게 함으로써 짧은 시간내에 사람이 생각해 볼 수 있는 가능성보다 더 많은 내용의 정보를 검토해 볼 수 있으므로 교량의 예비설계에 큰 도움을 줄 수 있다.

이상과 같은 배경 및 관점에서 본 연구에서는 교량의 예비설계를 대상으로 각 전문가의 지식, 경험을 토대로 한 부시스템을 설정하고, 또한 그것들을 통한 전체시스템의 구축을 목표로 하는 것이다.

2. PBRIDES의 설계 모델

전문가 시스템은 앞에서 설명된 바와 같이 전문적인 지식을 지식베이스(knowledge base)로서 저장하고 그 저장된 것을 이용하여 문제해결을 하는 시스템이다. 여기서 전문적인 지식은 사실(fact)에 관한 지식과 전문가의 경험으로부터 얻은 지식(heuristic knowledge)을 가리킨다. 일반적으로 전문가 시스템의 구축에 있어서 요구되는 것으로는 지식의 획득, 지식의 표현, 지식의 이용 및 사용자와 기계와의 인터페이스(interface)의 4가지를 들 수 있다. 그 중에서 가장 중요한 문제는 지식의 획득이다. 지식중에서 전문가의 경험적 지식을 얻어내는 일은 매우 어렵고 이와 같은 지식은 아무리 전문가라 해도 표현상의 어려움이 있기 때문에 이 경험적 지식을 어떻게 알기쉽게 체계화하여 정립할 것인가 하는 문제가 지식베이스 구축의 성공여부를 좌우한다.

전문가 시스템의 대표적인 지식표현 형식으로서 생산시스템(production system)이 있는데 이 시스템에는 IF(조건부), THEN(실행부)의 형태를 가지는 생산규칙(production rule)을 모은 지식베이스가 있다. 이 시스템의 특징은 지식을 이해하기 쉽고 정의, 변경 및 확장이 용이하다는 것이다.

본 연구에서는 생산시스템 방식에 적합한 K-CLIPS라는 도구(tool)를 이용하여 시스템을 구축하였는 데, PBRIDES는 K-CLIPS 위에서 구성된 지식모듈(knowledge module)과 데이타베이스(data base) 및 지식베이스(knowledge base)로 이루어 진다. 지식모듈은 주로 교량의 예비설계 과정에 따라 제반사항을 관리하는 설계순서에 관한 지식이고, 지식베이스는 다음과 같은 부시스템(sub system)을 포함하고 있다. 즉, 상부구조형식의 선정을 위한 PBRIDES-S, 가설공법의 선정을 위한 PBRIDES-C, 교대, 교각 및 기초구조형식의 선정을 위한 PBRIDES-F이다. 이러한 지식베이스내에 있는 각 부시스템이 지식처리(심볼처리)에 의해 수행되는 과정에서 데이타베이스는 이를 지원해 주는 역할을 한다 (그림 1).

본 논문에서는 위의 부시스템 중에서 교량의 상부구조 형식의 선정을 위한 PBRIDES-S에 대해서만 한정하였으며, 고려되는 각 형식별 설계범위는 다음

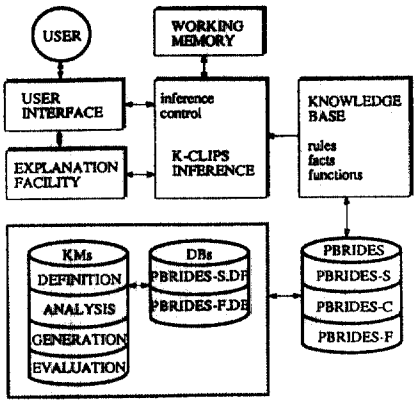

그림 1. PBRIDES의 구조

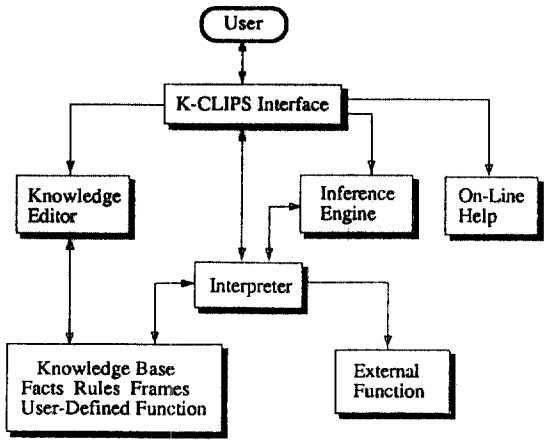

그림 2. K-CLIPS의 구조

Steel	RC	PC
Plate Girder	Solid Slab	Solid Slab
Composite Girder	Hollow Slab	Hollow Slab
Box Girder	T-type Girder	T-type Girder
Truss	Rahmen	Composite Girder
Arch	Arch	Box Girder
Cable Stayed		Preflex Beam
Suspension		Cable Stayed

표 1. PBRIDES-S의 설계범위

표 1과 같다.

3. 시스템 구축용 도구

본 연구에서는 생산시스템 방식에 적합한 전문가 시스템 개발용 도구(tool)인 K-CLIPS(KAIST-C Language Integrated Production System)를 이용하여 본 시스템을 구축하고자 한다.[13] K-CLIPS는 NASA (Johnson Space Center의 A.I. Section)에서 개발한 기존의 CLIPS[14]의 기능을 분석, 검토하여 단점을 보완하고, 인공지능의 전문가 시스템 구축에 대한 기술의 축적과 계속적인 연구로 독자적인 도구를 개발하려는 목적으로 현재 KAIST 토목공학과에서 개발중인 도구이다.

K-CLIPS의 기본구조는 주된 지식베이스와 사용자로 하여금 지식베이스를 조절하도록 해주는 일련의 보조모듈로 다음 그림 2와 같이 구성되며, 현재 MS DOS PC 286, PC 386 및 SUN WORKSTATION에 내장되어 사용되고 있다.

그림 2에서 볼 수 있듯이 지식베이스와 추론기관은 분리되어 있어 단지 지식베이스만 교환하면 여러 분야에 적용이 가능하게 되어 있어서 지식베이스의 관리가 매우 용이하다. 또한 본 시스템의 구축을 위하여 K-CLIPS를 이용함으로써 우선 지식베이스를 구축하는 노력을 감소할 수 있고, 제한된 시간내에 획득, 입력되는 지식의 양을 쉽게 확장할 수 있다.

K-CLIPS의 구조를 간단히 설명하면 지식베이스에 있는 지식은 facts, rules, frames와 user-defined functions의 4개의 부류로 구분할 수 있다. 따라서 지식기반 전문가 시스템을 개발하는 과정은 획득된 지식을 지식베이스 내의 4가지 형태로 표현하는 것이라 할 수 있다. 사용자는 사실 및 프레임으로 static한 지식을 표현하고 이를 조절하기 위한 규칙 및 함수로 이루어진 dynamic한 지식을 설정함으로써 특정분야의 문제해결을 지적으로 해결할 수 있는 프로그램을 작성할 수 있다. 지능형 에디터(knowledge editor)는 사용자로 하여금 지식베이스에 있는 지식을 불러내어 수정, 추가, 삭제 및 재배열등을 가능하게 해준다. 현재 K-CLIPS에서 사용할 수 있는 에디터로는 MicroEmacs가 있다. 추론기관(inference engine)은 지식베이스에 내장된 지식을 처리하는 모듈로서 match-select-execute의 사이클로 구성된다. K-CLIPS의 추론기관은 Rete Algorithm[15]을 바탕으로 구성되어있어 보다 효율적으로 추론할 수

있다. 온 라인 help 기능은 시스템을 구축할 때 K-CLIPS의 정의된 함수들에 대해 보다 상세한 설명을 요구할 경우에 사용된다.

인터프리터(interpreter)는 지식을 단계적으로 테스트하면서 시스템을 구축할 수 있게 하는 모듈로서 K-CLIPS의 모든 모듈은 이것 위에 존재한다. 외부함수는 필요시 FORTRAN, C, Ada등의 언어로 된 프로그램으로 구성하여 전문가시스템 개발에 사용될 수 있다.

4. 지식베이스의 표현

4.1 사실에 의한 표현

사실은 K-CLIPS 도구가 제공하는 데이타 표현의 기본형태이며 프레임과 함께 static한 지식을 표현할 수 있다. 각 사실은 fact-list라 불리우는 사실목록에 위치하게 되고 이것은 정보의 기본단위이다. 규칙은 사실들의 유무에 기초하여 적용되는데, 한 개의 사실은 빈칸(space)으로 분리된 임의의 갯수의 부분(field)으로서 구성되며 사실의 갯수는 오직 컴퓨터의 기억용량에 따라 제한된다. 사실들은 실행(run)을 하기전에 상위레벨에서 fact-list에 추가될 수 있고 또한 규칙의 실행에 따라 추가 또는 삭제될 수 있다. 사실내의 각 부분은 숫자, 단어 또는 문자열중의 하나로 표현된다.

다음 그림 3은 PBRIDES-S의 문제의 정의 단계에서 초기의 여러가지 사실들을 deffacts라는 K-CLIPS에서 제공하는 명령문으로서 fact-list에 추가하는 표현을 나타낸다.

```
(deffacts Problem Definition " represents initial input stage "
   (main.span.length nil nil 10 20 30 40 60 80 100 150 300)
   (constraint main.span.length range2 10 300)
   (bridge.structural.system nil nil)
   (constraint bridge.structural.system oneof simple.span continuous.span)
   (bridge.geometry nil nil)
   (constraint bridge.geometry oneof straight skewed curved)
   (ground.condition nil nil)
   (constraint ground.condition oneof weak normal good excellent)
   (total.length nil nil)
   (constraint total.length range2 10 3000)
   (bridge.site nil nil)
   (constraint bridge.site oneof stream.crossing
                                 secondary.road.overpass
                                 intercity.road.overpass
                                 over.a.valley))
```

그림 3. 사실에 의한 지식표현

4.2 규칙에 의한 표현

규칙은 K-CLIPS의 지식표현의 기본이 되는 방법으로서, 함수와 함께 dynamic한 지식을 표현할 수 있다. 모든 규칙은 조건(conditions) 부분과 조건이 만족될 경우에 취해질 행위(actions) 부분으로 구성된다. 이러한 규칙은 defrule의 명령에 의해서 정의되는데 한 개의 규칙은 적어도 한 개의 조건문과 행위문을 가져야 하며, 규칙이 가질 수 있는 조건문과 행위문의 갯수에 대해서는 제한이 없다. 다음 그림 4는 후보의 평가 단계에 필요한 규칙의 한 예로서 그림에서 보면 조건부와 행위부의 구분은 = >로 사용한다.

```
(defrule Evaluattion " represents for evaluating of the candidates "
      ?rem <- (Candidate ?mat ?sys ?sum&nil $?value)
      (W.F. $?wf)
      = >
      (retract ?rem)
      (format t "Candidate %s-%s is being evaluated.%n" ?mat ?sys)
      (bind ?len (length $?wf))
      (bind ?i 1)
      (bind ?sum 0)
      (while (< = ?i ?len)
         (bind ?sum (+ ?sum (* (nth ?i $?value) (nth ?i $?wf))))
         (bind ?i (+ ?i 1)))
      (bind ?sum(/ (* 4 ?sum) 100))
      (assert (Candidate ?mat ?sys ?sum $?value)))
```

그림 4. 규칙에 의한 지식표현

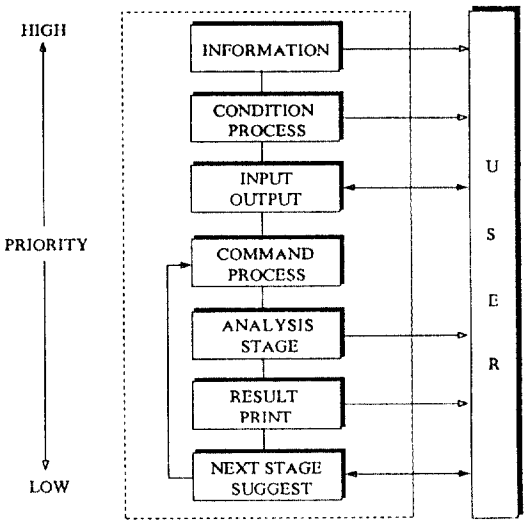

그림 5. 특정단계의 우선권의 개념

또한 기억공간에 존재하는 사실에 대하여 적용가능한 규칙이 여러개가 있을 경우에는 규칙의 성격상 먼저 작용하도록 유도할 필요가 있는 경우가 있다. 예를 들면 어떤 사실에 대하여 조건이 부가 된다면 그 사실로 어떤 일을 하기전에 조건을 먼저 검토해 보는 과정이 필요하다. 그래서 본 시스템에서는 K-

CLIPS가 제공하는 우선권의 개념을 이용하여 특정 단계에서 적용될 규칙을 몇 개의 부류로 분류하였다. 여기서 우선권은 각 규칙을 구성하는 시기에 각 규칙에 부여할 수 있는 수치(−10000~10000)인데, 수치가 높을수록 먼저 작용하게 된다. 본 연구에서 사용된 우선권의 개념은 다음 그림 5와 같다.

5. 지식 베이스의 구축(PBRIDES-S)

본 시스템은 PBRIDES의 부시스템으로서 상부구조의 형식을 선정하는 단계로서 다음 그림 6과 같이 다섯 단계로 구분되어 실행된다.

5.1 문제의 정의/재정의 단계

문제의 목표 및 해가 가져야할 조건들을 제시하는 단계로서 이에 대한 조건은 실제의 교량 예비설계 단계에서 여러 다른 전문성을 가진 사람들의 협력에 의해 이루어지게 되어 상당히 복잡한 문제이다. 본 연구에서는 주로 구조 공학자적인 측면에서 교량의

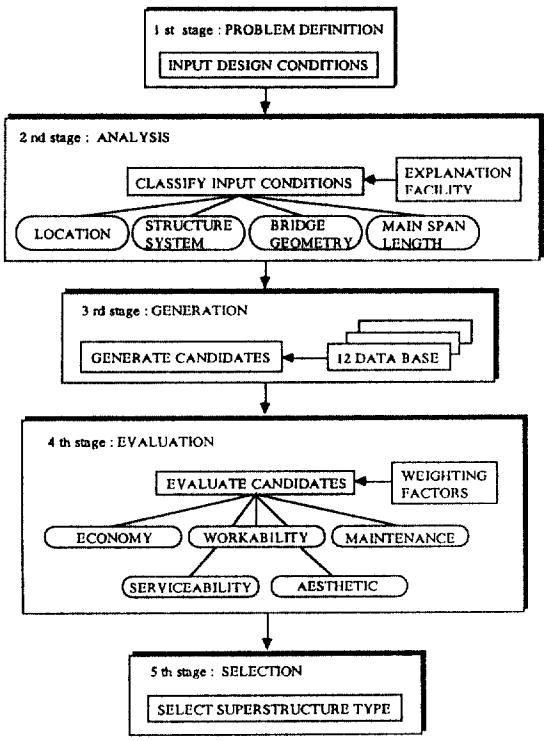

그림 6. 상부구조 형식의 선정단계

예비설계에 관련하게 되는 제반과정을 다루기 위해서 문제의 범위를 구조시스템에 관한 설계분야로 국한하며, 그 조건은 요구되는 입력데이타로서 정의된다.

본 시스템에서의 문제의 정의 모듈에서는 상부구조 형식의 결정시 이용되는 많은 조건들 중에서 가장 중요하게 생각되는 조건들, 즉 교량가설 지점의 위치(stream crossing, secondary road overpass, intercity road overpass, valley overpass), 교장(10~3000 m), 지반조건(weak, normal, good, excellent), 구조시스템(simple span, continuous span), 교량형상(straight, skewed, curved) 및 중앙지간장(10~300m) 등을 고려한다.

5.2 분석단계

여기서는 전 단계에서 입력된 데이타를 분류하여 다음단계의 후보를 생성하기 위한 작업을 하는 단계이다. 입력된 데이타를 분류하는 과정의 모듈은 기존의 교량에 대한 문헌, 보고서 및 논문 등을 통해서 얻은 사실적 지식과 여러 전문가들의 면담을 통해서 얻은 경험적 지식으로 구성하였다.

입력데이타의 분석과정에서는 사용자로부터 입력된 데이타의 형태에 따라 설명기능(explanation facility)을 부여하였다. 이 설명기능은 K-CLIPS 도구에서 제공하지 못하기 때문에 본 시스템에서는 독자적으로 fact-base화 하여 구축하였는 데 각 입력데이타의 추론이 진행되는 동안 설명이 필요한 사실들에 대해 fact-base의 화일을 불러내어 사용자에게 정보를 제공하여 준다. 가령 교량 가설지점의 위치에 대한 입력단계에서는 왜(why) 이 입력데이타가 필요한가? 에 대한 기능과 어떻게(how) 이용되는가에 대한 설명을 사용자에게 제시하며, 또한 입력한 위치에 대한 데이타가 stream crossing일

```
***The start of EXAPLANATION FACILITY***
>> In case of, location is stream crossing.
   In this condition, you must consider
   design high water discharge, and you can
   determine the minimum span length
   and clearance height.
***The end of EXPLANATION FACILITY***

Please, press 〈Return〉 key to continue.
```

그림 7. 분석단계에서의 설명기능

경우에는 계획고 수유량에 의해서 최소지간장 및 형하 여유고를 사용자에게 알려주어 다음 단계의 입력데이타의 구성을 편리하게 하도록 하였다(그림 7).

5.3 생성단계

여기서는 전 단계에서 분석한 입력데이타에 의해 후보를 생성하는 작업을 하는 단계로서, 상부구조 형식의 후보를 생성하기 위해서 그림 8과 같이 입력데이타를 계층(level)별로 트리구조(tree structure)의 형태로 표현하였다.

후보의 생성은 각 계층별로 하나씩 선택되어 조합되는데, 이 단계에서는 깊이우선탐색에 의해 상위계층에서 하위계층까지 선택하여 후보를 생성한다. 본 시스템에서는 모든 입력데이타 중에서 가장 하위계층인 중앙지간장을 가장 중요하게 생각해서 후보를 생성되도록 하였다. 이 지간장은 각 교종에 따라서 각각 이상적인 지간장이 있는데, 교량계획시 경간분할 단계에서는 하천의 상황, 경제성, 용도, 외관 등의 관점에서 검토하는 것이 필요하지만 실제로는 하부구조와의 관계, 교장등의 제한 때문에 생각한 것처럼 쉽게 정해지지 않는다. 그래서 본 시스템에서는 문헌분석[35, 36] 및 전문가의 의견을 참고로 하여 각 교종별로 표준적용지간의 범위를 정하여 교량의 위치, 구조시스템, 형상 및 중앙지간장에 따라 12개의 데이타화일로 후보가 생성되도록 하였다.

또한 후보의 생성과정에서 상위계층과 하위계층의 입력데이타중에서 서로 불합리한 경우(예를 들어 구조시스템이 simple span이고 교량형상이 curved 되어 있는데 중앙지간장을 60m 이상으로 입력할 경우)에는 후보의 생성에서 제외한다.

5.4 평가단계

여기서는 전 단계에서 12개의 데이타화일에 의해 생성된 각 후보에 대해서 여러가지 평가요인에 의해서 평가작업을 하는 단계로서, 이러한 평가요인의 선정은 개인적으로 상당히 차이가 있지만 본 시스템에서는 그 중에서 가장 중요하다고 생각되는 경제성, 시공성, 유지관리성, 주행성 및 미관으로서 평가하도록 하였다.

경제성에 대해서는 각 교종별 지간으로부터 구한

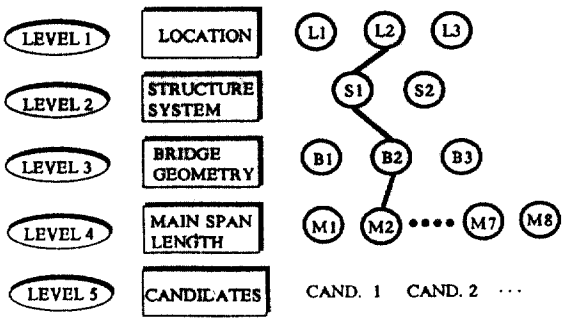

그림 8. 후보 생성단계에서의 트리구조

m^2당의 개략공비를 구하여 각 후보를 평가하도록 되어 있고, 시공성에 대해서는 안전성, 난이도, 공기 및 가설공비 등을 판정요소로 들 수 있을 것이다. 가설공비는 경제성에 포함되기 때문에 시공성이라는 면에서는 제외하고, 안전성 및 난이도는 평가방법이 대단히 어렵지만 과거의 실적수에 의해 평가하고, 공기는 각 교종별 가설공법 및 제조건에 의해 평가를 하도록 하며, 유지관리성에 대해서는 콘크리트교에 대해서는 보통 도장은 불필요하므로 유지비용을 적게 고려하여 강교보다는 좋다고 생각되고, 강교는 도장이 정기적으로 행해지는 것에 의해 콘크리트교보다는 낮게 고려하여 평가하도록 하였으며, 주행성에 대해서는 이의 우열을 판단하는 것은 대단히 곤란하지만 진동, 충격을 가능한 적게하는 것, 즉 신축계수가 적은 것이 주행성을 양호하게 한다. 따라서 교량을 가능한 길게 연속시킨다던지, 지간장을 길게 하는 것 등이 고려된다. 본 시스템에서는 조인트를 고려해서 판정한다. 마지막으로 미관에 대해서는 주위의 영향을 많이 받는 동시에 선정요소를 고정화하는 것은 매우 어렵기 때문에 교종과 가설장소로부터 평가한다.

또한 각 후보에 대해서 평가요인별로 5(매우 좋다), 3(좋다), 1(보통이다), 0(나쁘다)의 4단계로 점수제를 도입하였는데, 이 과정에서 한 사람의 판단에 의한 것이 아니라 여러 참고문헌 및 전문가의 의견을 토대로 해서 점수를 부여하였다. 한편 각 평가요인은 설계자의 개인적인 성향이 중요하다고 판단되어 본 시스템에서는 0.0-1.0 사이의 중요도 계수를 사용자에게 직접 입력받도록 되어 있고, 이 중요도에 각 평가요인별 점수를 곱해서 각각의 비교안별로 합산

(TOP-LEVEL COMMAND)

K-CLIPS% (dribble-on "PBRIDES-S")
K-CLIPS% (reset)
K-CLIPS% (run)

(INPUT PROCESS: INITIAL CONTEXTS)

Select bridge. site:
  1] stream. crossing
  2] secondary. road. overpass
  3] intercity. road. overpass
  4] over. a. valley
Enter your selection〈1-4〉: 2

Enter total. length〈10~3000m〉: 250

Select ground. condition:
  1] weak
  2] normal
  3] good
  4] excellent
Enter your selection〈1-4〉: 2

Select bridge. geometry:
  1] straight
  2] skewed
  3] curved
Enter your selection〈1-3〉: 1

Select bridge. structural. system:
  1] simple. span
  2] continuous. span
Enter your selection〈1-2〉: 2
Enter main. span. length〈10~300m〉: 50

(CANDIDATES GENERATION)

Candidate STEEL-CONTINUOUS. PLATE. GIRDER
Candidate STEEL-CONTINUOUS. COMPOSITE. GIRDER
Candidate STEEL-CONTINUOUS. BOX. GIRDER
Candidate PC-CONTINUOUS. COMPOSITE. GIRDER
Candidate PC-CONTINUOUS. PREFLEX. BEAM
Candidate PC-CONTINUOUS. BOX. GIRDER

(INPUT PROCESS: WEIGHTING FACTORS)

Enter economy. weighting. factor〈0.00~1.00〉: 1

Enter workability. weighting. factor〈0.00~1.00〉: 0.8

Enter maintenance. weighting. factor〈0.00~1.00〉: 0.7

Enter aesthetic. weighting. factor〈0.00~1.00〉: 0.8

Enter serviceability. weighting. factor〈0.00~1.00〉: 0.9

(EVALUATION)

Candidate STEEL-CONTINUOUS. PLATE. GIRDER is being evaluated.
Candidate STEEL-CONTINUOUS. COMPOSITE. GIRDER is being evaluated.
Candidate STEEL-CONTINUOUS. BOX. GIRDER is being evaluated.
Candidate PC-CONTINUOUS. COMPOSITE. GIRDER is being evaluated.
Candidate PC-CONTINUOUS. PREFLEX. BEAM is being evaluated.
Candidate PC-CONTINUOUS. BOX. GIRDER is being evaluated.

(FINAL GOALS)

CANDIDATE〈gen1〉: PC-CONTINUOUS. BOX. GIRDER: [0.71]
CANDIDATE〈gen2〉: PC-CONTINUOUS. PREFLEX. BEAM: [0.54]
CANDIDATE[gen3]: STEEL-CONTINUOUS. COMPOSITE. GIRDER: [0.51]
CANDIDATE[gen4]: STEEL-CONTINUOUS. BOX. GIRDER: [0.48]
CANDIDATE[gen5]: PC-CONTINUOUS. COMPOSITE. GIRDER: [0.46]
CANDIDATE[gen6]: STEEL-CONTINUOUS. PLATE. GIRDER: [0.40]
enter your candidate name[gen1]:

그림 9. PBRIDES-S의 수행 예

을 해서 점수가 높은 순서로 최종적인 후보에 대한 평가가 나타나도록 되어 있다.

5.5 선택단계

사용자는 전의 평가단계에서 평가과정을 거친 추론결과중에서 최종적인 상부구조의 형식을 2~3안정도 선정하는 단계이다. 이 선정된 안은 상부구조 형식의 선정파일로 보존되어 나중에 선정된 가설공법과 하부구조와 조합하도록 되어 있다. 또한 최종의 추론결과를 사용자가 적합하지 않다고 판단하면 다시 문제를 정의하여 추론하도록 되어 있다. 다음 그림 9는 PBRIDES-S의 각 단계별로 수행되는 절차와 추론과정을 보여준다.

6. 지식의 획득(Knowledge Acquisition)

전문가 시스템의 개발에 가장 어렵고 중요한 부분이 지식의 획득에 관한 사항으로서, 지식 중에서 전문가의 경험적 지식을 얻어내는 일은 매우 어렵고 또한 이러한 지식은 아무리 전문가라 해도 표현상의 어려움이 있기 때문에 이 경험적 지식을 어떻게 알기쉽게 체계화하여 정립할 것인가 하는 문제가 지식 베이스 구축의 성공여부를 좌우하게 되는 것이다.

그러나 본 단계의 작업은 많은 시간이 필요하고 또한 상당한 인내가 필요하다. 이는 지식을 제공하는

전문가가 컴퓨터의 일을 잘 이해하며 시스템의 기능이나 특징을 이해하여 얻는 것이 곤란한 경우가 많이 있기 때문이다. 또한 지식베이스의 질을 높이고자 할때 필요한 것은 전문가의 경험적 지식이지만 전문가 자신도 의식하지 못하는 점이 많고 이것을 어떻게 인식시킬 것인가가 중요하다. 일반적으로 지식획득방법으로는 가장 많이 이용되고 있는 공개된 관련자료로부터 지식을 획득하는 방법, 면담법(interview), 체계적 면담법(protocal analysis), 귀납법(induction), repetory grid법 및 모의 실험법(simulation) 등이 있는데,[16] 본 연구에서는 주로 앞의 3방법에 의하여 지식을 획득하였다.

본 연구에서는 초기의 지식획득에는 공개된 관련자료 즉 교량서적,[17] 교량관련 설계시방서,[18] 교량관련 실시설계 보고서[19,20] 및 학술논문 등을 참고하였으며, 입력데이타를 분석, 평가하는 단계와 관련해서는 일부 공개된 관련자료에서 지식을 추출하고 또한 이 과정에서는 경험적 지식에 의해서 이루어지는 부분이 많아서 주로 교량에 관련한 여러 전문가와의 면담을 통해서 지식을 획득하였으며, 특히 평가단계와 관련된 각 후보에 대한 평가점수의 부여과정에서는 여러 전문가들에게 이미 작성된 지식목록을 보여주고 각 전문가들의 의견을 수렴해서 어느 1인의 전문가에 대한 지식에 치우치지 않고 공정성을 유지하도록 하였다. 그리고 이러한 일련의 예비설계 과정을 자세히 전문가에게 다시 설명하여 그 과정에서 수정 및 보완해야할 분야에 대한 지식을 획득하는 체계적 면담법을 이용하였다.

7. 결 론

전문가 시스템의 개발은 전문가 시스템 지원용 도구를 이용하여 지식베이스를 구축하여 이를 이용함으로써 문제를 해결하는 것으로서 지식의 표현형태가 다양하고 또한 지식전체를 체계화하기 쉽다. 이와 같은 점을 고려하면 토목설계의 업무는 거의가 경험적지식 위에서 성립되었기 때문에 전문가 시스템의 응용분야가 대단히 넓다고 생각된다. 현재 토목설계를 대상으로 한 많은 업무가 전문가 시스템의 적용대상으로 거론되는 것과 함께 구체적인 전문가 시스템 개발의 검토단계에 들어가고, 또한 더욱 발전된 단계로 개발되고 있다. 이러한 개발의 결과 토목설계용 전문가 시스템은 적용가능성이 대단히 높은 것으로 입증되기 시작하고 있다.

본 연구에서도 전문가 시스템 개발용 도구인 K-CLIPS를 이용하여 교량의 예비설계 시스템 중에서 상부구조형식의 선정에 대해서 부시스템을 구축한 것으로 토목분야에 있어서는 이같은 형식, 공법의 선정이라는 전문가 시스템의 구축이외에도 설계도면의 검증, 시방서와의 적합, 관련법규와의 검증 등과 같이 한개의 제시된 결론 및 가설을 미리 준비된 지식을 토대로 진단, 판단하는 문제 등에 대해서 전문가 시스템을 도입해서 해결하고자 하는 범위가 있다. 일반적으로 토목분야에 있어서의 전문가 시스템은 단독시스템이 아니고, 지원시스템으로서 기존의 시스템에 조합되어 가는 것에 의해 적용가능성이 넓어진다고 생각된다. 본 연구에 있어서도 교량의 예비설계 전문가 시스템의 개발은 한개의 독립된 시스템으로서 개발하는 것으로 끝나지 않고, CAD시스템이나 적산시스템 및 DBMS(Data Base Management System) 등을 조합해 가는 것으로 장기간에 걸쳐 축적된 소프트웨어를 유효하게 활용가능하다는 점에서 매우 큰 가치가 있다고 생각된다. 또한 실용적인 전문가 시스템의 차원에서 단지 추론결과를 제시하는 것 이외에 왜 그러한 결과가 선정되었는가? 라는 등의 추론과정의 출력이나, 추론결과에 대한 근거의 출력이 설명이 중요하다고 생각되며, 추론결과의 확실성을 사용자에게 제공하기 위하여 certainty factor 등의 확률적 사항에 대한 관한 표현방법을 고려해야 겠으며, 또한 앞으로 가설공법과 결부된 상부구조형식의 선정, 하부구조 및 기초형식의 선정에 대해서도 연구하여 추후에 게재하도록 하겠다.

참 고 문 헌

1. Harmon, P., and King, D., "*Artificial Intelligence in Business: Expert System*", John Wiley and Sons, New York, 1985.
2. Shortliffe, E.H., "*Conputer-Based Medical Consultations: MYCIN*", American Elsevier, New York, 1976.
3. Duda, R.O., et al, "*A computer-Based Consultant*

for Mineral Exploration", Final Report SRI Project 6415, SRI International, 1979.
4. Mcdermodott, J., "*R1: A Rule-Based Configure of Computer system*", Technical Report CMU-CS-80-119, Department of computer science, Carnegie-Mellon Univ. Pittsburgh, 1980.
5. Maher, M.L., and Fenves S.J., "*HI-RISE: A Knowledge-Based Expert System for the Preliminary Structural Design of Hi Rise Buildings*", Report No. R-85-146, department of Civil Eng., Carnegie-Mellon Univ., Pittsburg, PA, 1985.
6. Bennet, J.S., and Englemore, R.S., "SACON: A Knowledge-Based Consultant for Structural Analysis", *Proceedings of the Sixth International Joint Conference on A.I.*, Tokyo, August, 1979, pp.47-49.
7. Melosh, R.J., Verma, A., and Chang, H.Y., "*SAGE: A Consultant for Earthquake Engineering*", Third Chautauqua on Productivity in Eng. and Design (Ed.H.Shaeffer) Kiawah Island, SC,Millford, NH: Wallace Press, 1984.
8. Morrill, J., and Wright, D., "A Knowledge-Based Program for Diagnosing metallurgical failures", *Computers and Structures*, Vol.24(2), 1986, pp.305-311.
9. Levitt, R.E., "HOWSAFE: A Microcomputer-based expert system to evaluate the safety of a construction firm", *Expert systems in civil Eng., ASCE*, 1986, pp.55-66.
10. Ross, T.J., Wong, F.S., et al., "An expert system for damage assessment of protective structure", *Expert system in civil Eng., ASCE*, 1986, pp.109-120.
11. Mrinmay, B., and James, G.W., "BDES: A Bridge design Expert System", *Engineering with Computers* Vol.2, 1987, pp.125-136.
12. Furuta, H., and Shiraisha, N., "Application of Expert System to Structural Engineering", *Proceedings of Korea-Japan Joint Seminar*, Seoul, Korea, 1988.
13. 한국과학기술원, 인공지능을 이용한 고도의 구조해석/설계용 전문가시스템의 개발(I, II, III), 과학기술처, 1988, 1989, 1990.
14. Joseph, G.C., "*CLIPS User's Guide*", 1987.
15. Forgy, C., "RETE: A fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problems", *Artificial Intelligence*, Vol.19, 1982.
16. Anna, H., "Knowledge Elicitation: Issues and Methods", *Computer-Aided Design*, Vol.17, No.9, 1985, pp.445-462.
17. 토목구조물 설계계산예 시리즈, 건설도서, 1988.
18. 도로교 표준시방서, 건설부.
19. 중부고속도로 건설공사 실시설계 보고서, 건설부, 한국도로공사, 1985.
20. 호남고속도로 건설공사 실시설계 보고서, 건설부, 한국도로공사, 1986.

(接受 : 1991. 8. 13)