

RC 교량의 현장 안전진단을 위한 지식기반시스템의 원형개발

Prototyping of Knowledge-Based Systems for Field Inspection
and Safety Assessment of RC Bridges

황진하* 박종회** 안승수*** 김기현****
Hwang, Jin-Ha Park, Jong-Hoi An, Seoung-Su Kim, Ki-Hyun

Abstract

Prototyping for field inspection safety assessment expert system of bridge structures is presented in this paper. Knowledgebase with production rules is constructed using the semiautomatic method on the basis of bridge inspection manuals and working reports of the related agency. Backward inference method is taken with the aids of external shells as a inference engine of knowledge-based systems. Implementation of the developed prototype system on MS Windows98 will shows inspiring aspects useful to guide and standardize the field works. In the case to be reinforced with abundant knowledge bases, this will be expected to be educate the practicing engineers.

keywords : Knowledgebase, Backward inference, RC bridge, Field inspection, Safety assessment, Expert system

1. 서론

정보화 사회의 핵심요소인 컴퓨터는 초고속의 기술적 성장을 바탕으로 모든 영역에 걸쳐 필수적인 도구로 각광받고 있다. 컴퓨터가 지닌 막대한 정보 처리 능력과 광대한 적용력을 바탕으로 과거 십여 년간 컴

퓨터로 하여금 어떻게 인간의 지식을 모사할 수 있는가에 관한 연구가 수행되고 있다. 인간은 자신이 지닌 지식을 체계화하여 컴퓨터가 인식할 수 있는 형태로 저장, 인간을 흉내내는 지적인 일을 할 수 있는 프로그램을 개발해 왔다.

전문가시스템은 오랫동안 숙련된 전문가의 지식과

* 충북대학교 구조시스템공학과 교수 공학박사

** 충북대학교 구조시스템공학과 강사 공학박사

*** 시설안전기술공단 교량진단1본부 과장

**** 충북대학교 구조시스템공학과 석사과정

E-mail : fegasus@cbucc.chungbuk.ac.kr 043-261-2407

• 본 논문에 대한 토의를 2002년 9월 30일까지 학회로 보내주시면 2003년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

경험을 체계화하여 컴퓨터에 기억시켜둬으로써 전문가가 아닌 많은 사람들이 전문가를 만나지 않고서도 전문가의 능력을 빌릴 수 있도록 한 것으로서 1960년대 후반부터 개발된 화학, 의학, 지질학 등의 분야의 DENDRAL, MYCIN, PROSPECTOR 등으로부터 시작되었으며, 1970년대 초반이후, 대학의 연구도구로서 뿐만 아니라 성공적인 상품으로서 알려지게 되었으며, 현재 다양한 분야에 적용되고 있다(Waterman 1992; Luger 1993; Dan 1990; Greg 1994). 교량구조물은 구조설계 및 시공상의 오류 등으로 인한 초기결함을 내재하고 있고, 공용기간동안의 보수, 부속시설물들의 변화, 차량의 증량화 등으로 인하여 안전성, 내구성 및 사용성 측면의 성능저하 현상이 발생하게 된다.

건설 교통부에서 발간된 '97 교량관리체계개선에 관한 연구¹⁾의 최종 보고서에 의하면 공용중인 교량의 수는 대략 15,000여개에 이르고 시공 중이거나 계획 중인 교량 등을 고려할 때 그 수는 급증하고 있다. 그러나 안전진단을 담당하는 기술자의 부족과 기존 기술자의 안전진단에 대한 인식, 경험 및 교육의 결여로 말미암아 구조물의 점검관리 및 대상시설물의 안전성 평가는 체계적으로 실행되지 못하고 있다. 이러한 실정을 감안, 본 연구에서는 전문가의 경험적 지식을 활용한 규칙기반시스템을 구축하여 경험이 부족한 기술자들에게 현장 안전점검시 구조물 손상 유형에 따른 원인 판단 및 대책을 제시하고, 교량의 현재 상태를 파악할 수 있는 현장점검 전문가시스템의 원형을 개발하였다.

2. 교량안전점검 및 진단

2.1 현장점검 및 진단

구조물을 안전한 상태로 유지관리하기 위해서는 구조물에 대한 안전점검 및 진단을 실시하여 이상유무를 판단한 뒤, 구조적 안전에 문제가 되기 전에 미리 조치를 취해야 한다.

교량 안전점검은 교량에서 발생할 수 있는 구조적 문제점이나 재료의 성능저하 현상 등 구조물에 내재되

어 있는 위험요인을 소정의 경험과 기술을 갖춘 기술자가 육안 또는 점검장비로 조사하고, 그에 적절한 조치를 취함으로써 구조적 안전성 및 기능성을 확보하는데 목적이 있다. 교량의 안전점검 및 진단은 시설물의 실제 현장조사를 통하여 현 상태를 판단하여 시설물에 대한 상태 및 안전성을 평가하고, 제반평가에 대한 기본자료를 제공, 보수·보강 및 성능회복 작업의 우선순위를 결정함으로써 시설물의 안전성 및 합리적인 유지관리를 할 수 있도록 해야한다. 그러므로 점검 및 진단은 정확하여야 할뿐만 아니라 예방적 차원에서 구조물의 과학적 관리체계의 개발을 위하여 수행되어야 한다. 또한 점검 및 진단은 각 구조물에 대한 특수한 구조적 특성을 이해하고, 특별한 문제가 없는지를 검토하여야 하며, 점검 및 진단의 빈도와 수준은 구조형식과 부위 그리고, 붕괴 가능성에 따라 정해야 하고 관련규정과 법규에 의하여 정해진 기준에 따라 수행하여야 한다.

2.2 점검항목 및 상태평가

구조물의 전체적인 변위·변형 여부와 외형상 나타나는 노후화 상태를 육안검사와 실측을 통하여 정성적 및 정량적 자료로 기록하며, 각 부위별로 점검항목을 작성하여 이들을 분석·평가할 경우에 이용한다. 본 연구에서는 안전점검에서 조사하는 점검항목은 건설교통부의 "시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침²⁾"을 이용하여 구성요소별로 총 17개의 점검항목으로 구성하였다. 상태평가는 교량의 상태를 단순하게 양호 또는 불량한 정도로 나타낼 수 없기 때문에 현재 교량에 발생한 결함, 열화, 손상이 구조적 또는 기능적으로 교량에 어떠한 영향을 미치고 있는지를 파악하기 위해 행한다. 교량의 평가는 교량의 현재 상태를 정량적으로 파악하기 위한 것으로, 평가방법은 외관상태와 내하성능에 따라 구분된다.

본 논문에서는 교량정기점검 시 점검자가 보다 객관적인 상태평가를 도출할 수 있도록 상태평가 절차 흐름도와 상태평가 실례를 제시함으로써 점검경험이 적은 점검자가 효과적으로 활용할 수 있도록 하였다. 여기서 점검부재에 대한 접근이 불가능한 경우는 등급

Q를 부여하여 점검되지 않은 부재임을 표시하고, 향후 실시하는 점검 시에 접근장비를 동원하여 점검할 수 있도록 하며, 점검대상 교량에 해당 점검 부위가 없을 경우 X등급으로써 점검 필요성이 없음을 표시한다. 예를 들어 바닥판의 상태평가는 균열, 박리, 파손 및 철근노출 등 7가지 손상유형에 근거하여 상태등급을 판정하였다.

3. 전문가시스템

3.1 구성요소 및 시스템

전문가시스템은 일반적으로 전문가의 지식을 요하는 특수 영역의 문제들을 해결하기 위한 부호화된 지식들을 다루는 프로그램들의 집합이다. 여기서 지식은 전문적인 자료로부터 얻어지며, 추론에 적합한 형태로 부호화되고, 지식베이스로 적재된 후, 테스트를 거쳐 지속적으로 다듬어져야 한다. 전문가시스템은 해결과정을 제어하기 위하여 자료보다는 지식을 사용하며, 알고리즘이나 일반적 탐색 방법보다는 주로 기호 연산을 통하여 추론을 수행한다. 의사결정은 사실과 경험 지식에 근거한 비교 판단의 반복 과정으로 이루어진다. 컴퓨터를 이용하여 경험지식을 갱신하고 효과적으로 사용하기 위해 데이터와 지식들은 처리 가능한 형태로 조직화되어야 한다.

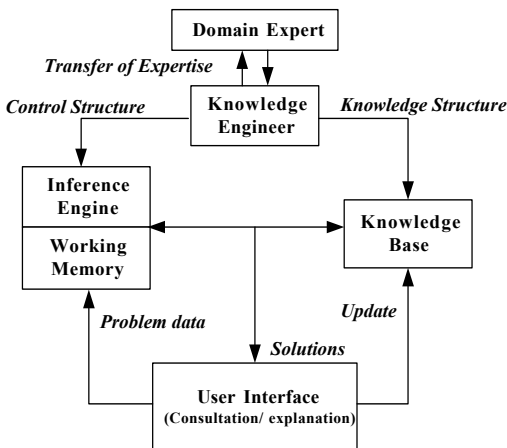


Fig. 1 전문가시스템 구성도

Fig. 1은 일반적인 전문가시스템의 구성을 보여준다. 시스템 구조의 핵심 지식베이스는 실제 전문가가 해당 영역의 문제를 풀기 위해 사용하는 규칙, 사실 또는 직관으로 구성되며 일반적으로 if-then의 규칙으로 저장된다. 활동메모리는 풀고 있는 문제와 관계된 데이터를 나타낸다. 추론엔진은 데이터와 규칙들을 비교 추론하기 위해 지식베이스를 구동하는 제어 장치이다. 추론 과정은 기호적 조작과 경험적 탐색 및 연쇄를 통해 이루어지며, 이것은 인간의 판단 과정과 매우 유사하다.

본 시스템의 기본구성 또한 Fig. 1과 같이 사용자 인터페이스, 추론엔진 및 지식베이스로 구성되어 있으며, 교량구조물의 현장 안전점검 시 실무자 또는 점검자가 점검 및 평가업무를 수행할 수 있도록 Fig. 2와 같이 안전점검과 상태평가에 대한 2개의 모듈로 구성되어 있다. 문제해결을 위한 추론엔진은 VP-EXPERT (DOS)와 UNIK (Windows) 셸을, 지식베이스 또한 두 가지 셸을 이용하여 각각의 문법에 맞게 구축하였다. 사용자 인터페이스는 윈도우98을 플랫폼으로 Visual Basic 6.0을 이용하여 대화상자 형식으로 구성하였다.

안전점검 모듈은 교량의 구조별, 형식별 및 부재별 등으로 분류하였고, 여기서 부재별 손상사항은 점검항목에 따라 적용하였다. 또한 사용자가 구조물 손상에 대하여 시스템과의 질의/응답을 하는 경우, 손상 원인과 함께 대책을 제시하고 관련 사진을 예시하였다.

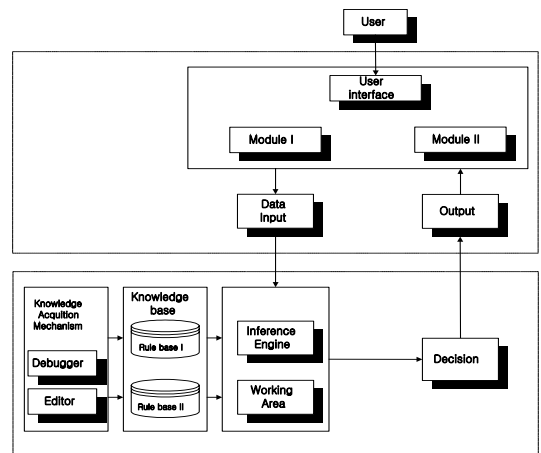


Fig. 2 규칙기반 전문가시스템의 구성

상태평가 모듈은 교량점검자가 점검업무를 수행할 수 있도록 상태평가시스템 구성도와 각 부재별 상태평가를 위한 대표적인 절차도를 기술하고 교량의 손상 사진을 함께 제시하여 체계적인 점검이 이루어질 수 있도록 구성하였다. 바닥판과 콘크리트주형 등의 상태평가모듈은 Fig. 3과 같이 구성된다.

3.2 지식 획득 및 표현

지식획득이란 여러 형태의 지식원천으로부터 필요한 지식을 추출하여, 이를 구조적으로 조직화하는 과정을 말한다. 지식 획득은 지식엔지니어가 영역 전문가와 지식베이스 사이에서 중간적인 역할을 수행함으로써 이루어진다. 전문가로부터 지식을 획득하는 방법은 수작업방법, 반자동화방법 및 자동화방법으로 구분할 수 있는데 본 연구에서는 반자동화방법을 이용하였다.

안전점검에 대한 지식베이스는 교량 안전점검 시 손상이 자주 발생하는 위치, 발생유형, 그리고 부재의 특성에 대한 지식을 구축하여 부재의 취약부위에 대한 점검을 효율적으로 수행할 수 있도록 하였다. 따라서 각 손상에 대한 특징과 원인 및 대책에 대하여 적절한 표현을 통해 지식베이스를 구성하였다.

상태평가는 기존교량을 준공시의 상태와 비교하여 기술하는 것으로서 정확한 상태평가를 하기 위하여서는 평가부위의 노후화 및 파손의 정도뿐만 아니라 그 발생원인과 평가부위 주변의 전반적인 상태를 파악하

여 구조물 전체에 미치는 영향도 고려하여야 하나, 본 연구에서는 건설교통부에서 발간한 교량점검편람³⁾에서 제시한 상태평가 기준, 상태등급의 일반 설명 및 상태평가 절차를 반영하여 부재별 상태평가를 위한 지식베이스를 구축하였다. 지식 표현은 획득한 지식을 시스템에 맞게 표현하는 것이며, 지식베이스는 사실, 관련성, 관계 등을 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태로 저장한 것이다. 지식을 지식베이스로 구축하기 위해서는 생성규칙, 프레임, 의미망과 혼합형 지식표현을 사용할 수 있으나, 본 연구에서는 생성규칙에 의해 지식을 표현하였다.

4. 구현 및 적용

본 원형시스템은 교량 구조에 대한 현장 안전 점검을 체계적이고 효율적으로 지원하기 위한 목적으로 개발되었으며, 생성규칙에 기초한 안전점검과 상태평가의 두 가지 모듈로 구성된다.

교량 점검시 조사해야 할 점검항목에 따라 구축된 안전점검모듈은 비록 초보기술자가 현장 점검을 실시할지라도 본 연구에서 제시한 시스템을 사용할 경우, 구조물에 발생한 손상에 대한 원인 및 대책을 빠르고도 정확하게 파악할 수 있도록 하였고, 상태평가모듈 또한 동일한 조건하에서 현장 안전점검 시 조사된 구조물의 부재별 손상들을 평가할 수 있도록 하였다.

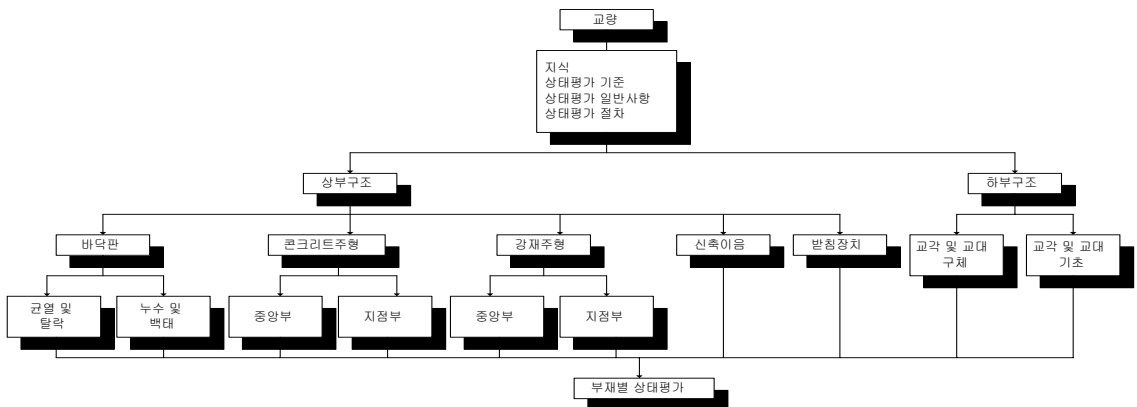


Fig. 3 부재별 상태평가 모듈 구성도

Fig. 4는 윈도우 98환경에서 실행되는 본 연구의 현장 안전점검을 위한 규칙기반 전문가시스템의 초기 화면을 나타낸다. Fig. 5는 안전점검과 상태평가 모듈을 선택할 수 있는 초기화면이며, 사용자 필요에 따라 해당모듈을 선택할 수 있다.

4.1 안전점검 모듈

안전점검 모듈은 사용자와의 질의/응답 과정을 통하여 구체적인 사항들에 접근하여 교량의 구조별, 형식별, 손상크기 및 다른 손상의 유무 등을 입력하는 과정을 통하여 조사자가 구조물에 발생한 손상 조사시 검토되어야 할 사항을 파악하고 그러한 손상에 대한

원인 및 대책에 대한 조언을 제시함으로써 효율적인 현장 안전점검이 이루어질 수 있도록 하였다.

콘크리트 교량에서 많이 발생하는 손상유형에 대하여 각 단계별로 구조적 점검 특성을 고려하였으며, 교량의 상부구조는 트러스, RC T Beam, PSC I Beam 및 PSC 상자형을 다루고 하부구조는 교대, 교각 및 기초로 나누었다.

초기화면의 다음 단계는 손상유형을 선택하는 창이 나타나며, 본 연구에서는 손상유형을 콘크리트 박락 및 박리, 백태, 균열 등으로 구성하였다. 교량에 발생하는 손상에 대한 점검사항이 부위별로 다르기 때문에 결합의 위치는 사용자가 상부구조와 하부구조로 분류하여 선택하게 된다. 상·하부구조가 입력된 후, 구조형식을 선택하는 과정을 통해 시스템에 전달된다.

손상유형이 균열이고 상부구조의 형식이 PSC I 보나 PSC Box 거더의 경우, 설계하중이 작용하는 경우 주형의 인장부 콘크리트에 균열이 발생하지 않도록 시공되었으나 초과하중의 작용과 긴장력의 상실 등으로 공용 중에, 중앙부에서는 휨에 의한 인장균열이, 지점부에서는 전단에 의한 사인장 균열이 발생할 수 있는 구조적 특성이 있다. 따라서 손상이 발생한 부위에 따라 원인 및 대책이 다르므로 중앙부, 지점부 및 1/4 지점부 등으로 구분하여 선택토록 하였다.

손상유형 및 구조별 형식과 위치를 파악한 후 결합의 정도를 파악하는 과정이 필요하게 된다. 균열로 인한 다른 종류의 손상유형이 발생할 경우, 부가적으로 발생할 수 있는 손상의 유무에 대한 진위를 선택하여 손상의 정도를 표현할 수 있도록 하였다. 만일, 균열이 단부에서 일어난 경우, 이에 대한 최종적인 질의 응답이 끝난 뒤, 시스템이 보의 단부에서 균열과 더불어 발생 가능한 박락 가능성의 유무에 대한 질의를 통해 사용자의 답을 요구한다. 현장 점검시 기술자 또는 점검자가 임의의 손상을 발견하고 그 유형 및 정도를 시스템에게 입력하면 시스템은 추론 엔진을 구동하고 새로운 사실에 의하여 조건부가 부합되는 규칙을 찾아 결론부를 실행하여 새로운 사실을 생성한다. 이상과 같이 점검자와 시스템간의 단계별 질의 응답과정을 거쳐서 시스템은 구조물에 발생하는 손상에 대한 최종적인 추론을 수행한다.



Fig. 4 시작화면



Fig. 5 모듈 선정 화면

Fig. 6은 교량의 주형에 발생하는 균열점검에 대한 지식베이스 중 1번 규칙을 표현하고 있다.

Fig. 7은 마지막 추론창과 동시에 제시되는 보조창으로서 초보 또는 경험이 적은 기술자에게 추론결과에 대한 부연설명을 하고 있다. 보조창의 좌측그림은 교량지점부에 발생한 사인장 균열로 콘크리트 보의 단부에 균열로 인한 박락이 생길 수 있는 교량을 나타내고, 우측 상단부는 RC T Beam의 구조적 균열 개요를 보여주고 있다. 보조창의 우측 하단부에는 손상 및 결함의 원인을 제시하였고, 그 아래엔 대책으로 결함 자체가 구조적인 균열이므로 정밀안전진단을 통한 유지보수를 하도록 조언하고 있다.

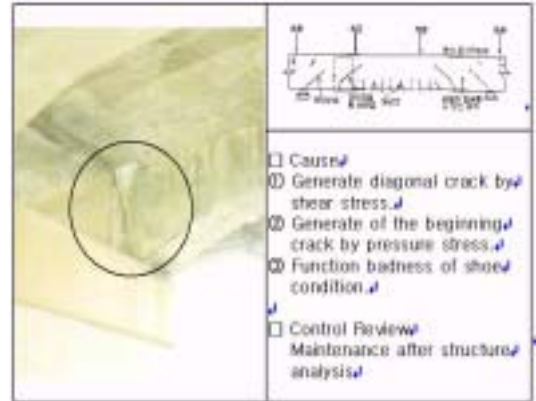


Fig. 7 추론결과 및 부연 설명창(안전점검)

```

ACTIONS
  FIND Inspection_Type
  DISPLAY "This system advises
  {Inspection_Type} inspection ."
  DISPLAY "Press the SPACEBAR to exit.~"
  CLS;
  RULE 1
  IF damage_types = Crack AND
  bridge_structures = Superstructures AND
  type_of_superstructures = RC_T_Beam AND
  location_of_crack_generated
  = Support_region AND
  diagonal_crack_width >= 0.3 AND
  percentage_of_crack_length >= 60 AND
  spalling_possibility_of_end_parts = TRUE
  THEN Inspection_Type = Urgent_precise
  BECAUSE "This damage type is diagonal crack
  by shear stress.";

  ASK damage_types : "What type of damage?";
  CHOICES damage_types : Crack, Spalling,
  Delamination, Efflorescenece ;
  ASK bridge_structures :
  "What is bridge_structures?";
  CHOICES bridge_structures :
  Superstructures, Substructures ;
  ASK type_of_superstructures :

  ASK spalling_possibility_of_end_parts :
  "Is it possible to spall in end parts?";
  CHOICES spalling_possibility_of_end_parts :
  TRUE, FALSE ;
  
```

Fig. 6 균열점검을 위한 규칙베이스와 질의 응답 형식

4.2 상태평가 모듈

상태평가 모듈에서, 사용자는 부재에 관련된 손상상태를 시스템으로부터의 질의에 대한 응답을 함으로써 손상에 대한 구체적인 상태에 접근하게 된다. 본 시스템은 점검경험이 적은 초보기술자도 이러한 과정을 통하여 교량 부재의 현장 상태평가를 효과적으로 내릴 수 있도록 하였다.

바닥판, 콘크리트 주형, 받침장치, 교대 및 교각에 대하여 점검자가 교량에서 발견된 결함, 열화와 같은 손상 등을 각 단계별로 검토함으로써 상태평가가 수행된다. 바닥판 상태평가 시 손상유형을 균열과 박락, 누수와 백태로 구분하고 사용자는 현장에서 발견한 손상의 유형을 선택하게된다. 바닥판에서 흔히 관찰되는 열화의 대표적인 손상 중 백태는 누수로 인하여 콘크리트 내부로 침투한 수분과 시멘트성분이 화학적 반응을 하여 발생하는 것이므로, 백태 발생 시 우선적으로 확인할 사항인 '누수의 흔적이 있는 있는가'를 묻는다.

일차적으로 누수와 백태가 발생하면 콘크리트 바닥판의 열화가 촉진되므로 다음단계에서는 균열발생부위의 열화정도와 콘크리트 표면에 부식의 발생여부를 질의하는 창이 생긴다. 교량 점검자가 현장에서 바닥판의 누수와 백태를 발견했을 때 위와 같이 전문가시스템과의 질의 응답이 이루어지는 동안 시스템은 바닥판에서 발생하는 누수와 백태가 콘크리트 균열 주위의 악화와 콘크리트 표면 부식을 동반한다는 것을 인식한다.

다음 단계로, 발생한 균열 사이로 녹물이나 니토가 발생하거나 부식에 의한 탈락 유무에 대한 질의와 답변을 통해 시스템은 구조물에 발생하는 손상에 대한 최종적인 추론과정을 수행한다.

Fig. 8은 교량의 바닥판 상태평가를 위한 규칙기반 지식베이스 중 21번 규칙을 표현하고 있으며 이것은 손상 유형이 누수와 백태이고, 백태 발생시 누수의 흔적이 있고, 균열 주변으로 누수가 악화되거나 콘크리트 표면에 부식이 발생하였고, 균열 사이로 녹물이나 니토가 발생하거나 부식에 의한 탈락이 있는 경우에 대한 지식베이스의 일부이다.

```

ACTIONS
  DISPLAY "Press the SPACEBAR to start the
consultation.~"
  CLS
  FIND Grade
  DISPLAY "This system estimates that it is
{Grade} Grade."
  DISPLAY "Press the SPACEBAR to exit.~"
  CLS;

RULE 21
IF Damage_classification =
  Water_leakage_and_efflorescence AND
  Marks_of_water_leakage = TRUE AND
  Crack_and_corrosion = TRUE AND
  Rust_silt_spalling = TRUE
THEN Grade = E;

ASK Damage_classification : "What is
classification of damage?";
CHOICES Damage_classification :
Crack_and_Spalling,
Water_leakage_and_efflorescence;
ASK Exposed_reinforce_rod : "Is reinforce
rod of deck exposed?";
CHOICES Exposed_reinforce_rod : TRUE,
FALSE ;

ASK Heavy_efflorescence_crack : "Is heavy
efflorescence around crack generated?";
CHOICES Heavy_efflorescence_crack : TRUE,
FALSE ;
  
```

Fig. 8 상태평가를 위한 규칙베이스와 질의/ 응답 형식

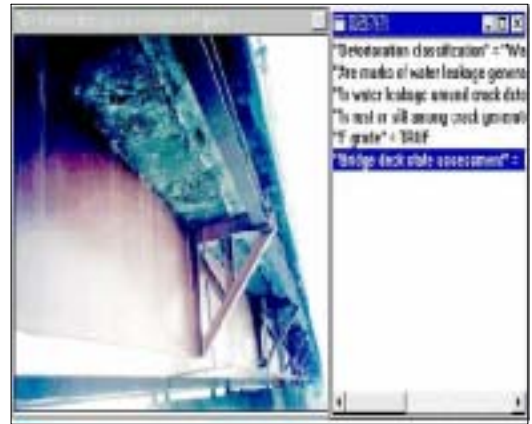


Fig. 9 추론결과 및 부연 설명창(상태평가)

Fig. 9는 균열 주변에 심한 백태가 발생되어 있고, 균열 사이로 녹물이 생겼으며 바닥판이 전체적으로 열화 되었으므로 E 등급으로 상태를 평가하고 있다.

5. 결론

본 연구에서는 교량구조물의 안전점검을 위한 현장 안전진단 전문가시스템의 원형을 개발하였다. 규칙에 기반한 원형시스템은 안전점검지침 및 편람과 기 시행된 점검 및 진단사례에 준거한 지식베이스와 문제해결을 위한 추론 기능 및 사용자 인터페이스로 구성된다. 이를 통하여 점검자로 하여금 손상유형과 부재별 특성으로부터 진단 절차를 수행케 하고 자신의 의견과 비교하여 적절한 다음 조치를 취하도록 함으로써 점검자의 부담을 경감시키고 안전진단 초기 단계에서 보다 합리적인 점검 및 평가가 이루어지도록 하였다. 또한 안전점검에 필요한 항목 및 절차 등과 원인 및 대책 등에 대한 여러 사람의 경험과 지식 및 점검 사례를 체계적으로 축적하고 교육 및 토론에도 활용할 수 있는 기틀을 마련하였다.

인간의 생명과 관련된 구조물의 안전문제를 다룰 때는 전문가 개인의 경험이나 판단보다는 전문가 그룹 또는 다수가 인정한 수치적 기준이나 지침에 근거해야 한다는 점에서 이에 대한 학계의 활발한 연구가 요망된다.

참고문헌

1. “교량관리체계개선에 관한 연구보고서”, 건설교통부, 1997.
2. “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침”, 건설교통부, 1999.
3. “교량점검 편람”, 건설교통부, 1999.
4. “성수대교 안전점검 편람”, 서울시 건설안전 관리 본부, 1999.
5. 건교부고시 제 199-409호, 1999.
6. “성산대교 안전점검 편람”, 서울시 건설안전 관리본부, 1999.
7. “원효대교 안전점검 편람”, 서울시 건설안전 관리본부, 1999.
8. “A Guide to Expert Systems”, Waterman, D. A., 최세일, 유육성 역, 명성출판사, 1992.
9. “Artificial Intelligence”, 2nd Ed., Luger, G., Stubblefield, w., The Benjamin/Cummings Pub. co. Inc, 1993.
10. “Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems”, Dan W. Patterson, PRENTICE-HALL, INC, 1990.
11. “Expert Systems for Business: Concepts and Applications”, D. V. Pigford, Greg Baur, Boyd & Fraser Pub. Co, 1994.

(접수일자 : 2002년 2월 20일)