

1989년도 가을

한국전산구조공학회 학술발표회 논문집

인공지능을 이용한 교량의 예비설계용 전문가시스템의 개발

Development of Expert System for Preliminary Bridge Design
with Artificial Intelligence

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

ABSTRACT

This paper presents an expert system approach to solve preliminary bridge design problems. The system employs a forward chaining inference strategy to 1) choose the appropriate superstructure types and construction methods and 2) use the solutions chosen in 1) to determine a list of ranked alternatives.

The basic information used in the selection is collected from various sources. Due to the uncertainties presented in the information collected, Fuzzy sets are used to handle these uncertainties in the system.

Finally to approve this system some applications are made to select superstructure types and construction methods of them.

1. 서론

일반적으로 토목공학에 있어서의 구조해석이나 계산작업의 면에서 컴퓨터의 이용은 거의 확립되었다고 말해도 과언은 아니다. 현재에는 단순한 기술적인 측면 뿐만 아니라 보다 넓은 범위에 있어서 컴퓨터를 이용하려는 노력이 행해지고 있다. 1960년대 후반에 미국에 있어서 그의 개념이 생겨난 CAD(Computer Aided Design) System을 포함한 자동설계의 보급은 그 현상의 하나이고, 현재 토목공학의 각 분야에서 설계지원 시스템으로서 이용되고 있다.

그러나 보다 상위의 단계인 예비설계에 있어서 적절한 설계를 위해서는 교종, 경간, 교각의 위치등은 법규, 지형조건, 환경조건, 경제조건등의 여러조건을 주시해 가면서 설계자의 상당한 숙련 및 경험이 필요하고 또한 고도의 지식도 함께 요구된다. 그렇지만 오늘날과 같이 기술이 급속하게 발달해 전문성이 분화되어 1인의 토목기술자가 여러분야에 충분한 경험을 쌓아 그것을 기초로 하여 교량등의 특정구조물의 형식선정을 수행하는등 보다 상위의 단계에 있어서의 컴퓨터의 이용은 현재로는 실행되고 있지않다. 이같은 문제를 해결하는 수단으로서 인공지능(Artificial Intelligence)분야 중에서 특히 최근에 주목을 받고 있는 전문가 시스템(Expert System)이 있다.

전문가 시스템이란 해결해야할 문제에 속하는 영역의 전문지식(전문적 사실과 경험적 지식)을 데이터 베이스(Data Base)화 하여 비전문가가 이것을 이용해서 매우 충분한 문제를 전문가와 동등한 정도의 수준으로 해결하는 것을 목표로 하는 시스템이다. 최근에 비교적 성공적인 결실을 거둔 전문가 시스템을 보면 의사의 진단을 위한 MYCIN, 광택탐사를 위한 PROSPECTOR 및 컴퓨터의 설치계획을 위한 R1등이 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, 구조해석법의 선정을 위한 SACON, 내진손상도 해석을 위한 SAGE 및 구조안정성 평가를 위한 HOWSAFE, DAPS등이 있다.

본 논문에서는 이 전문가시스템을 이용하여 교량의 예비설계 부분인 상부구조의 형식 및 가설공법을 선정하고, 설계자 및 법규등에서 얻은 지식에 대한 불확실성(uncertainty)을 해결하기 위하여 Fuzzy 이론을 도입하였다.

2. 시스템의 배경

2.1 전문가 시스템

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 문제가 되는 것은 지식의 획득, 지식의 표현, 지식의 이용 및 사용자와 기계와의 인터페이스(interface)의 4가지를 들 수 있다. 그중에서 가장 중요한 문제는 지식의 획득이다. 지식중에서 전문가의 경험적 지식을 얻어내는 일은 매우 어렵고 그와 같은 지식은 아무리 전문가라 하더라도 표현상의 어려움이 있기 때문이다. 그러므로 이 경험적 지식을 어떻게 알기쉽게 체계화하여 정립할 것인가 하는 문제가 지식베이스 구축의 성공여부를 결정한다.

전문가 시스템의 대표적인 표현으로서 production system이 있는데 이 시스템에는 IF(조건부), THEN(실행부)의 형태를 가지는 production rule을 모은 지식베이스가 있다. 이 시스템의 특징은 지식을 이해하기 쉽고 정의, 변경 및 확장이 용이하다는 것이다.

본 논문에서는 production system 방식에 적합한 전문가 시스템 개발용 도구(tool)인 K-CLIPS(KAIST-C Language Integrated Production System)을 이용하여 본 시스템을 구축하였다.

* 정회원 한국과학기술원 교수
** 정회원 한국과학기술원 박사과정

2.2 시스템 구축용 도구

본 시스템에서는 전문가 시스템의 구축을 위하여 기존의 도구인 K-CLIPS를 이용함으로써 우선 지식베이스를 구축하는 노력을 감소할 수 있고, 또한 제한된 시간내에 획득, 입력되는 지식의 양을 쉽게 확장할 수 있다. K-CLIPS는 NASA에서 개발한 CLIPS를 바탕으로 하여 본원 토목공학과에서 그 기능을 확장한 전진추론(forward chaining)방식의 전문가 시스템 개발용 도구이다. 이 도구의 주요 구조는 그림 1에서 보는 바와 같이 지식베이스, 지능형 에디터(knowledge editor), 추론기관(inference engine), 인터프리터(interpreter) 및 사용자 인터페이스(user interface)로 되어 있다.

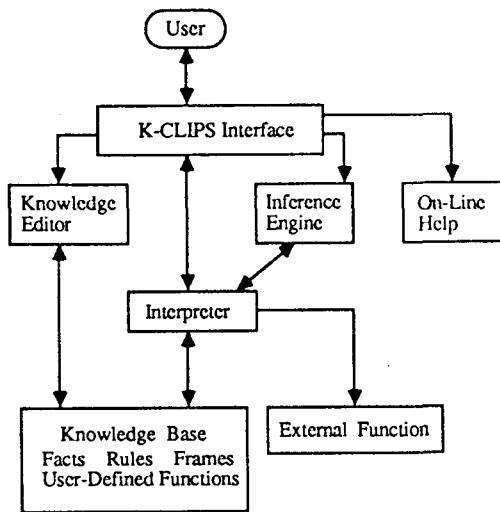


Fig.1 The Structure of K-CLIPS

3. 시스템의 구축 및 개요

3.1 시스템의 선정과정

교량계획에 있어서 기본적으로 고려되어야 할 사항은 가교위치와 노선선형에 있다. 모든 교량은 노선의 선형에 준하여 설계가 이루어져야 하며, 일단 가교위치가 정해지면 교장, 지간, 교대, 교각의 위치 및 방향, 형하고와 깊이등이 문제가 된다. 이것들은 현장의 지형, 지질상태 이외에도 교차하는 하천과 도로등에 관리자의 의향이 중요한 요소가 되므로 기본조사물 충분히 하고 관리자와의 충분한 협의를 거쳐야 한다.

다음 단계로 하부구조, 상부구조 및 가설공법의 선정이 있는데 여기서 더욱 중요한 요인으로 되는 것이 경제성의 문제이다. 가령 지간분할을 적게하면 기초의 수가 적게 끝나 상부구조의 중량이 크게 되어 기초를 견고하게 하여야 하고, 반면에 지간분할을 많게 하면 기초의 수가 많게 끝나 상부공의 중량이 작게 되어 기초는 안정하게 된다. 이와 같은 경제성의 문제는 하부, 상부구조의 일체로서 다루어지도록 하여 지간분할, 기초형식을 결정하지 않으면 안된다. 또한 경제성 이외에도 시공성, 유지관리성, 주행의 안정성 및 경관성에 대해서도 충분한 고려를 하여야 한다.

이상과 같은 배경 및 관점에서 본 논문에서는 교량의 예비설계를 대상으로 각 전문가의 지식, 경험을 토대로 한 부시스템(sub system)을 설정하고 또한 그것들을 합성한 전체 시스템(total system)의 구축을 목표로 하는 것이다. 물론 각 부시스템간에는 동일 지표로 할 수 없는 것, 결정론적으로 설정할 수 없는 것등의 문제점이 있다. 이상과 같은 사항을 고려한 예비설계의 순서는 그림 2와 같다.

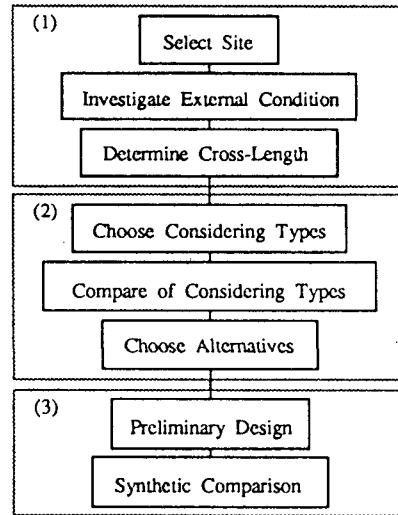


Fig.2 A Flow of Preliminary Bridge Design

그림 2에서 (1) 교량 가설지점의 지형, 지질, 인접노선계획의 상황, 하천의 개수계획 및 하천의 관리 조건등을 토대로 교장을 결정하는 작업이다. (2) 교종, 지간분할, 구조등에 대해서 충분한 검토를 행하여, 적당하다고 생각되는 교종에서 하부구조, 상부구조 및 가설공법에 대해서 2-3 종류를 선정하는 작업이다. (3) (2)에서 선정된 종류에 대해서 개략설계를 행하여 경제성, 구조특성에 대해서 종합비교를 행한다.

본 논문에서는 이같은 예비설계 업무내에서 (2)에서의 사용을 전제로 한 prototype의 시스템 구축을 한다. 본 시스템에서 고려하고 있는 상부구조의 형식 및 가설공법은 표 1, 표 2와 같고, 이에 대한 지식베이스의 구축은 시방서, 실시설계 보고서, 교량전문가의 경험을 토대로한 의견을 참고로 하여 지식을 체계화하였다. 지식의 표현형식은 IF-THEN 형식의 production rule로 하였고, 지식의 애매한 정도를 표현하는 척도로서 확신도를 사용하였는데, 본 연구에서는 Fuzzy이론으로부터 이에 대한 해결을 했다. 이에 대한 본 시스템의 선정순서는 그림 3과 같다.

3.2 상부구조형식 및 가설공법 선정시스템

본 시스템에서 고려된 상부구조의 형식은 표 1에서 나타난 바와 같이 강교와 콘크리트교로 분리할 수 있다. 상부구조의 형식을 선정시 고려할 조건으로는 아주 많이 있지만 본 시스템에서는 그중에서 중요하다고 생각되는 bridge geometry, main span length, girder depth, truss height, arch rise, bridge site, bridge elevation, ease of maintenance, ease of

Table 1 Lists of Superstructures

Steel superstructures	Concrete superstructures
Simple plate girder bridge	Precast slab bridge
Conti. plate girder bridge	Simple p.c. girder bridge
Simple box girder bridge	Conti. p.c. girder bridge
Conti. box girder bridge	Simple p.c. box girder bridge
Orthotropic deck bridge	Conti. p.c. box girder bridge
Simple truss bridge	Segmental bridge
Conti. truss bgridge	Arch bridge
Langer bridge	
- upper deck	
- through deck	
Lohse bridge	
- upper deck	
- half-through deck	
- through deck	
Arch bridge	

Table 2 Lists of Construction Methods

Steel superstructures	Concrete superstructures
Staging method	Cast-in-place method
- with truck crane	Precast method
- with cable crane	- with truck crane
- with stiffleg derrick	- with floating crane
- with floating crane	- with erection truss
Cable crane erection	- with gantry crane
Cable erection method	Movable scaffolding method
Erection truss method	Incremental launching method
Pushing out method	Free cantilever method
- with erection truss	- cast-in-place method
- with erection nose	- precast method
- with barge	Progressive placing method
- with movable bent	
Cantilever method	
- with truck crane	
- with cable crane	
- with stiffleg derrick	
- with floating crane	
Large block method	
- with truck crane	
- with floating crane	
- with barge	

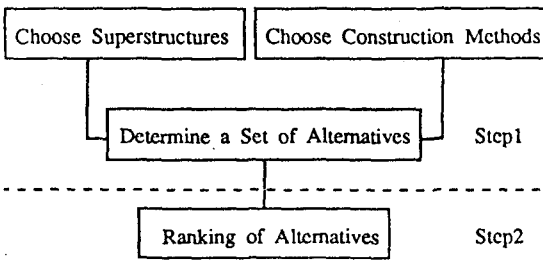


Fig.3 A Flow of This System

fabrication 및 appearance등을 들 수있다. bridge system은 단순교와 연속교로 분리할 수있고, bridge

geometry는 직선교와 곡선교로 분리할 수있고, main span length는 각 교종에 따라 각각 이상적인 지간이 있는데 실제로는 하부구조와의 관계, 교장등의 제한 때문에 생각한 것처럼 쉽게 정해지지 않는다. 그래서 본 시스템에서는 문헌 및 전문가의 의견을 참고로 각 교종별로 적용지간의 범위를 정했다. 또한 bridge site는 하천부, 산간부 및 기타지역으로 분류하고, maintenance는 콘크리트교에서는 보통 도장은 불필요하므로 유지비용은 적은 것으로 고려하여 강교보다는 좋다고 생각되고, 강교는 도장이 정기적으로 행해져야 하므로 유지비용이 많이 드는 것으로 고려한다. 또한 fabrication에 있어서는 안전성, 난이도, 공기, 관리성 및 가설공비등이 판정요소로 들 수있을 것이다. 마지막으로 appearance는 선정요소를 고정화 하는 것은 어렵기 때문에 교종과 가설장소로부터 판정한다.

다음으로 가설공법에 대해서는 표 2에 나타난 바와 같이 강교와 콘크리트교에 대해서 각각 가설공법이 분류되었다. 현장의 여러조건을 고려한 가설공법의 선정에 대한 흐름도는 그림 4와 같다. 이상과 같은 과정으로 상부구조의 형식과 가설공법이 얻어지면 본 시스템에서는 표 3으로부터 각 상부구조의 형식에 적합한 가설공법들이 몇가지 나오게 된다. 이렇게 얻어진 비교안들은 공학적인 판단에 의하여 A, B, C, D, E의 5단계로 등급을 부여한다. 가령 상부구조에

대해서는 표 4에서와 같이 main span length, girder depth, appearance 및 maintenance등에 의하여 부여되며, 또한 가설공법에 대해서는 표 5에서와 같이 site geometry, site environment 및 superstructure type등에 의해 등급이 부여된다. 이러한 공학적 판단에 의해 평가된 비교안들은 Fuzzy 이론에 의하여 최종적으로 상부구조의 형식 및 가설공법이 선정되게 된다.

Table 4 Rating Table of Superstructures (in Case of Concrete Superstructures)

Sup-struct. type	Concrete Superstructures						
	p.c. slab	p.c. girder		p.c. box girder			arch
		simp	cont	simp	cont	seg.	
Judgement factor							
Main span length:							
20 - 50 m	A	A	A	A	A	D	D
51 - 75 m	D	D	C	C	B	A	B
101 - 150 m	D	D	D	D	D	A	A
Girder depth:							
1.6 - 2.5 m	B	A	B	B	A	C	E
2.6 - 3.5 m	C	B	B	D	C	B	E
Height of arch, truss:							
11 - 15 m	E	E	E	E	E	E	B
16 - 20 m	E	E	E	E	E	E	A
Ease of fabrication	A	A	A	A	A	B	B
Ease of maintenance	A	A	A	A	A	A	A
Apperance:							
river area	E	A	A	A	A	A	E
valley or the like	E	E	E	E	E	B	A
metropolitan area	E	B	B	B	B	B	E

where A: very good, B: good, C: fair, D: poor, E: unknown
simp: simple span, cont: continuous span
seg: segmental bridge

Table 3 Rating Table of Superstructures and Construction Methods (for Steel Superstructures)

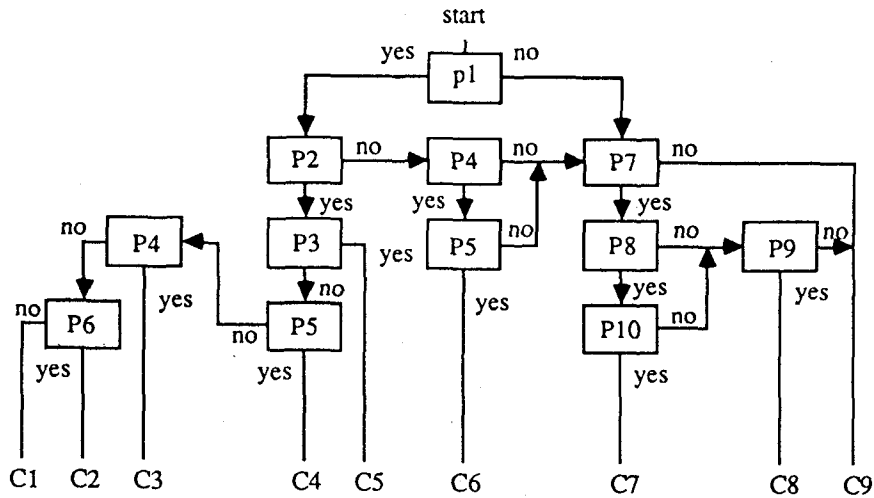
Superstructure type Construction method	Steel Superstructures												
	girder		box girder		orth	truss		langer		lohse			arch
	simp	cont	simp	cont	deck	simp	cont	up.d	th.d	up.d	ht.d	th.d	
Staging method													
- with cable crane	B	B	B	B	B	B	C	E	B	E	E	B	B
- with stiffleg derrick	E	B	C	B	B	B	B	E	E	E	E	E	E
- with floating crane	E	E	B	B	B	B	B	E	E	E	E	E	B
Cable crane method	C	C	E	E	E	A	C	A	A	E	E	A	A
Cable erection method	E	E	E	E	E	E	E	A	A	A	A	C	E
Erection truss method	B	B	B	B	B	E	E	E	E	E	E	E	E
Pushing out method													
- with erection truss	E	B	E	B	B	B	E	E	B	E	E	C	D
- with erection nose	A	A	A	A	A	E	E	E	E	E	E	E	E
- with movable bent	B	E	E	E	E	E	E	E	B	E	E	B	B
Cantilever method													
- with cable crane	E	B	E	B	B	E	B	E	E	E	E	E	E
- with floating crane	E	B	E	B	B	E	B	E	E	E	E	E	E
Large block method													
- with truck crane	A	C	A	C	E	E	E	E	E	E	E	E	E
- with floating crane	E	E	B	B	B	B	B	E	C	E	B	C	C

where A: very good, B: good, C: fair, D: poor, E: not consider
 sim: simple span, cont: continuous span, orth deck: orthotropic deck bridge
 up.d: upper deck, th.d: through deck, ht.d: half through deck

Table 5 Rating Table of Construction Methods (in Case of Steel Construction Methods)

Construction method Judgement factor	For Steel Superstructures									
	staging method		cable crane method	erection truss method	pushing out method		cantilever method		large block method	
	with t.c	with c.c			with e.n	with m.b	with c.c	with f.c	with t.c	with f.c
Superstructure geometry: curved bridge	A	B	D	A	D	D	D	D	C	D
high-level bridge (h > 29 m)	D	B	A	A	A	A	A	A	C	A
Possible work in narrow working area	D	B	C	A	A	D	A	C	C	C
Require rapid construction	A	C	C	C	B	A	C	B	A	A
Multi-span construction	A	C	C	B	A	C	B	B	A	B
Minimal disturbance to the existing traffic	D	C	A	A	A	C	B	B	A	B
Economic	B	B	C	B	B	C	B	B	B	B
Construction in valley area	D	C	A	B	B	D	A	E	D	E
Construction on soft ground	D	C	A	A	A	B	A	E	D	E
Ease of construction	A	C	D	C	C	C	C	B	A	B

where A: very good, B: good, C: fair, D: poor, E: not consider
 t.c: truck crane, f.c: floating crane, c.c: cable crane
 e.n: erection nose, m.b: movable bent



- P1 -> The working area under the bridge is available.
 P2 -> It is possible to place temporary bent for erection.
 P3 -> The truck crane or trailer or the like can be entered into the working area.
 P4 -> There is a yard for fabrication near the site.
 P5 -> The floating crane or barge can be entered into the working area.
 P6 -> A cable crane equipment can be installed for erection.
 P7 -> There is a working space at the one or both end of the bridge.
 P8 -> Some part of some span can place temporary bent for erection.
 P9 -> The cable erection equipment can be installed for erection.
 P10-> The trucker(or floating) crane or trailer or the like can be entered into some part of working area.
- C1 -> (1) Staging method with stiffleg derrick
 (2) Cantilever method with stiffleg derrick
 (3) Precast method with erection truss
 C2 -> (1) Staging method with cable crane
 (2) Cantilever method with cable crane
 .
 .
 .
 C9 -> (1) Erection truss method
 (2) Progressive placing method
 (3) Incremental launching method
 (4) Movable scaffolding method

Fig.4 A Flow for Choosing Construction Methods

3.3 Fuzzy 이론에 의한 비교안의 평가시스템

본 시스템에서는 평가항목의 애매한 요소를 표현하는 데 Fuzzy 이론을 이용하였다. 평가항목에 있어서의 경관성등은 설계자의 성격이나 학습과정(생활배경이나 평가자로서의 경험)등의 인간 본래의 주관에 기인하는 애매한 요소가 많이 포함된다. 이 같은 주관적이고 애매한 요소를 수학적으로 취급하기 위한 한 수법으로서 Fuzzy 이론이 있고, 확신도등으로부터 보

다 유연하게 애매한 요소가 표현가능한 것이다. 전문가 시스템은 인간에 의한 판단을 컴퓨터에 대행 또는 지원시키는 것이지만 기계에 걸기 위한 지식을 수치화하는 것은 피할 수가 없다. 예를 들면 IF(지간이 길다.), THEN(크레인 가설공법이 적합하지 않다.)인 것을 IF(지간>60M), THEN(크레인 가설이 불가)라는 것처럼이다. 이런 사항들을 보완하는 것이 Fuzzy 이론이고 본 시스템에 있어서도 유효성이 있는 것으로 생각된다.

예를 들면 표 6에서 보는 바와 같이 두 평가항

Table 6 Rating Table for Example

Judgement factors	Weight	Ratings for A1	Ratings for A2
C1	very important	good	fair
C2	rather unimportant	fair	good

RULE 1
 IF CONSIDER C1
 THEN THE SUITABILITY OF USING A1 SHOULD BE GOOD
 and THE SUITABILITY OF USING A2 SHOULD BE FAIR

RULE 2
 IF CONSIDER C2
 THEN THE SUITABILITY OF USING A1 SHOULD BE FAIR
 and THE SUITABILITY OF USING A2 SHOULD BE GOOD

FACT: CONSIDER C1 (VERY IMPORTANT)
 CONSIDER C2 (RATHER UNIMPORTANT)

Fig.5 Typical Rules for Example

목(judgement factor)으로서 두 후보(alternative)에 대한 평가를 원한다면, 단 여기서 C1, C2는 평가항목이고, A1, A2는 후보이며, good, fair는 등급(rating)을 나타낸다. 이를 rule의 형태로 표현하면 그림 5와 같다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 방법을 이용한다. 만일 A_1, A_2, \dots, A_m 을 후보로 하고, a_1, a_2, \dots, a_n 을 평가항목으로 할 때, 주어진 후보 A_i 에 관계된 평가항목 a_j 에 대한 등급은 r_{ij} 로 한다. 또한 평가항목 a_j 에 대한 중요도(weight)를 w_j 라 할 때, 후보 A_i 는 다음 식과 같은 weighted average rating을 갖는다.

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j r_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (1)$$

이 weighted average rating은 A_1, A_2, \dots, A_m 의 후보순서로 유도된다. 이러한 접근방법은 실제문제에서 rating과 weight의 정확한 수치적 표현을 할 수 있다. 그러나 만일 rating과 weight가 fuzzy set으로서 표현된다면 후보 A_i 의 평가항목 a_j 에 대한 fuzzy rating은 membership function $\mu_{r_{ij}}(r_{ij})$ 로 나타내어진다(여기서 $r_{ij} \in R$). 이와 비슷하게 평가항목 a_j 에 대한 상대적인 중요도는 $\mu_{w_j}(w_j)$ 로 나타내어진다(여기서 $w_j \in R$). 또한 모든 membership function은 [0,1]사이의 값이다. 이때 rating과 weighted membership function 그래프는 그림 6과 같이 삼각형으로 나타내어진다. Fuzzy set을 이용해서 후보 A_i 의 ranking을 위해서 Bass와 Kwakernaak에 의해 발표된 방법을 고려하면 함수 $g_i(z) : R^{2n} \rightarrow R$ 은 다음 식과 같다.

$$g_i(z) = \frac{\sum_{j=1}^n w_j r_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_j} = \bar{r}, \quad i=1, \dots, m \quad (2)$$

$$z = \begin{bmatrix} w_1, \dots, w_n \\ r_{i1}, \dots, r_{in} \end{bmatrix}$$

또한 membership function $\mu_{z_i}(z)$ 은 다음 식과 같이 표현된다.

$$\mu_{z_i}(z) = \left[\bigwedge_{j=1}^n \mu_{w_j}(w_j) \right] \wedge \left[\bigwedge_{j=1}^n \mu_{r_{ij}}(r_{ij}) \right] \quad (3)$$

여기서 $g_i : R^{2n} \rightarrow R$ 를 Fuzzy set z_i 의 mapping을 통하여 Fuzzy set R_i 는 membership function과 함께 다음과 같이 유도된다.

$$\mu_{R_i}(\bar{r}) = \text{Sup}_{z: z_i(z)=\bar{r}} \mu_{z_i}(z), \quad \bar{r} \in R \quad (4)$$

이러한 membership function은 후보 A_i 의 마지막 rating을 부여한다. 결국 각 후보에 대한 최종적인 ranking 그래프가 얻어지고, 이 그래프에 의해 Fuzzy set을 배열한다. 최종적인 ranking 그래프의 해결을 위한 가장 직접적인 방법은 그래프의 화면상의 비교이지만 이는 컴퓨터 실행에 있어서 적당하지 않으므로 여기서는 ranking 그래프 아래의 면적의 중심을 각 후보의 ranking 순서로 한다. 또한 최종적인 ranking 그래프의 계산시 continuous membership function 대신에 discrete membership function을 이용한다. 앞의 예에서의 각 후보에 대한 최종적인 ranking 그래프는 그림 7과 같고 이에 대한 면적의 중심은 표 7과 같다. 표 7에서 보는 바와 같이 continuous 그래프와 discrete 그래프에서 얻어진 중심의 값은 약간의 차이가 있는 것을 알 수 있는 데 본 시스템에서는 discrete 그래프에 의한 중심의 값을 이용한다.

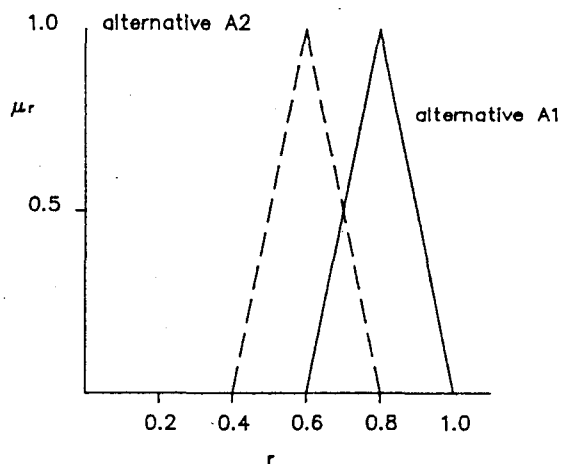


Fig. 7 The Final Ranking Graph for Example

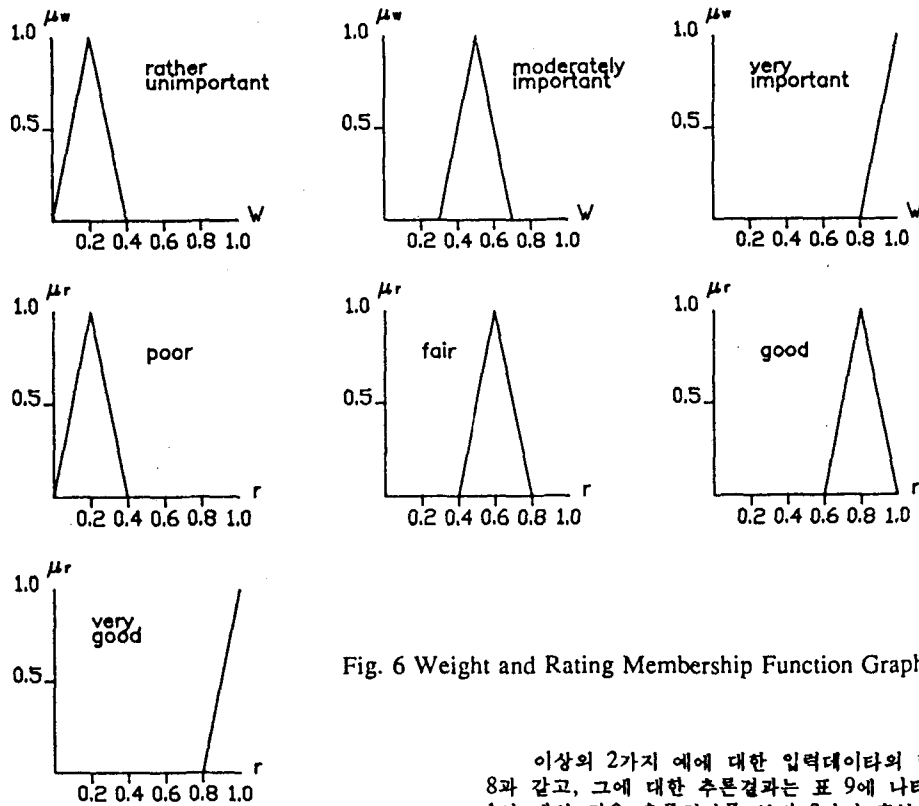


Fig. 6 Weight and Rating Membership Function Graph

Table 7 Centroid of the Final Ranking Graphs

Alternatives	Centroid	
	continuous graph (Fig.8)	discrete graph (obtained from the system)
A1	0.8	0.76
A2	0.6	0.63

4. 본 시스템의 적용 예

본 연구에서 개발한 교량의 예비설계 시스템을 실제에 가설된 교량에 따라 적용하고, 그 적용에 따른 문제점을 검토한다.

(예 1) 본 장작교는 경기도 광주군 중부면 일원의 43번 국도와 광지원천을 통과하며 도시계획 구역 및 학교 주변을 통과하는 상, 하행선 분리된 교량으로 교장은 305M이고, 7경간 연속교이며, 교각의 높이가 약 20M 정도로서 ILM(incremental launching method)에 의한 pc box girder 형식으로 된 교량이다.

(예 2) 본 광지원교는 상, 하행선이 분리된 국도횡단 교로서 교장은 200M이고, 5경간 연속교로 되어 있으며, 곡선교량형태로 되어 있고, 교량 아래에서 작업이 거의 불가능하게 되어 있는 steel box girder 형식으로 된 교량이다.

이상의 2가지 예에 대한 입력데이터의 형태는 표 8과 같고, 그에 대한 추천결과는 표 9에 나타나 있다. 1의 예의 경우 추천결과를 보면 3가지 후보중에서 제 1안인 precast cantilever 방법에 의한 pc box girder 형식의 후보가 택해졌다. 또한 2의 예의 경우 추천결과를 보면 3가지 후보중에서 floating crane의 가설장비를 이용한 cantilever 공법의 steel box girder 형식의 후보가 택해졌다. 이상의 두 예에서 보면 실제의 교량과는 상부구조의 형식은 일치하지만 가설공법상의 차이가 있는데, 이는 본 시스템의 평가항목들이 실제 건설현장에서 설계자가 고려하는 평가항목에 비해서 불완전 하고, 또한 설계자의 의함에 따라 차이가 난다고 볼 수도 있을 것이다. 그렇지만 본 시스템에서 제공된 prototype은 어느정도 만족된 결과를 보인다고 할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 중, 소 교량의 예비설계 단계에 있어서 상부구조의 형식 및 가설공법의 선정에 관한 전문적인 지식을 컴퓨터에 내장하여 전문가 시스템을 구축하였고, 또한 기존의 전문가 시스템 개발 도구인 K-CLIPS를 이용함으로써 그 유효성에 대해서도 검토를 하였다. 그리고 추천결과의 불확실성을 Fuzzy set로 표현함으로써 서로 다른 전문가로부터 얻은 지식이나 데이터를 어느정도 효율적으로 처리하게 하였다.

앞으로 본 시스템이 완전한 시스템으로 이용하려면 모든 현장조건에 적합한 평가항목의 증가가 필요하고, 또한 중, 소 교량의 한계에서 벗어난 모든 교량에 적용할 수 있도록 본 시스템을 확장하여 구축하여야 하며, 마지막으로 예비설계 단계의 일부인 기초형식의 선정시스템을 추가로 구축하여야 하겠다.

Table 8 Input Data used in Example

Judgement factors	Data for Example 1	Data for Example 2
- bridge system	continuous span	continuous span
- bridge geometry	straight bridge	curved bridge
- main span length	45 M	50 M
- girder depth	2.65 M	0.5 - 1.5 M
- truss height	unknown	unknown
- arch rise	unknown	unknown
- bridge geometry (in elevation)	high level bridge	low level bridge
- bridge site	river area	river area
- consider ease of maintenance	yes (very important)	yes (very important)
- consider ease of fabrication	yes (very important)	yes (very important)
- consider appearance	yes (very important)	yes (very important)
- working area under the bridge available	yes	no
- it is possible to place temporary bent	no	no
- truck crane can be entered into working area	-	-
- there is a fabrication yard near site	yes	yes
- floating crane can be entered into working area	yes	no
- a cable crane can be installed	-	-
- there is a working space at the one or both end of the bridge	-	-
- some part of span can place temporary bent	-	-
- truck (or floating) crane can be entered into that part	-	-
- construction in valley area or like	no	no
- construction on soft ground	no	no
- consider method that possible work in narrow working area	yes (rather unimportant)	yes (moderately important)
- consider rapid construction	yes (moderately important)	yes (moderately important)
- consider multi-span construction	no	no
- consider method that minimal disturbance over existing traffic	yes (very important)	yes (very important)
- consider ease of construction	yes (very important)	yes (very important)
- consider economic method	yes (very important)	yes (very important)

Table 9 Results of the Expert System Selection (Given in Descending Order)

	TYPE
E X A M P L E 1	PC BOX GIRDER BRIDGE (.90) by precast cantilever method (.78)
E X A M P L E 1	ORTHOTROPIC DECK BRIDGE (.82) by large block method with floating crane (.82)
E X A M P L E 1	CONTINUOUS TRUSS BRIDGE (.45) by large block method with floating crane (.82)
E X A M P L E 2	STEEL BOX GIRDER BRIDGE (.70) by cantilever method with floating crane (.74)
E X A M P L E 2	THROUGH LANGER BRIDGE (.70) by large block method with floating crane (.74)
E X A M P L E 2	THROUGH LOSHE BRIDGE (.62) by large block method with floating crane (.70)

Note: The number in () is the centroid of the area under a final rating graph

참 고 문 헌

1. M.L. Maher, Expert System for Civil Engineering: Technology and Application, A.S.C.E., 1987.
2. M. Biswas and J.G. Welch, BDES: A Bridge Design Expert System, Journal of Engineering with Computers 2, 1987, pp.125-136.
3. N. Harty, An Aid to Preliminary Design, Proceedings of second International Conference on Application of A.I. in Engineering Problems, Cambridge Massachusetts, 1987.
4. 대한토목학회, 도로교 표준시방서 해설, 사단법인 대한토목학회, 1982.
5. S.M. Bass and H. Kwakernaak, Rating and Ranking of Multiple Aspect Alternatives Using Fuzzy Sets Automatic, Vol. 13, 1977.