

범용 전문가시스템 쉘을 이용한 선박의 구조설계 지원 시스템

A Design Support System for the Structural Design of Ships Based on an Expert System Development Shell

한순홍*, 이경호**, 이동곤**, 김은기***, 이규철****

Soon-Hung Han*, Kyung-Ho Lee**, Dong-Kon Lee**, Eun-Ki Kim***, Kyu-Chul Lee****

Abstract

Conventional computer programs developed and used by practicing engineers can be considered to contain expert knowledge and design experience. If these conventional programs are converted into expert systems, the difficult and time consuming process of knowledge acquisition can be simplified. Also the constructed knowledge-base can have higher confidence level than that constructed by the usual knowledge acquisition method of interviews. An existing computer program which is being used by ship structural designers has been reformulated as a design expert system by applying an expert system development shell - Nexpert. Utilizing the callable interface provided by the development shell, external design tools have also been integrated. The interfaced external functions are a graphical user interface (GUI) for the design process control, and graphics functions for the visualization of design results. It is observed that the developed system for design support is useful in two aspects. The trace-back function shows what portion of design rules are applied in arriving at certain design decisions. Also the knowledge-base can be conveniently updated as design rules of the classification societies are updated.

1. 머리말

전문가시스템, 또는 좀더 넓은 범위의 인공

지능을 공학설계에 이용해 보고자 하는 노력은 여러분야에서 시도되고 있으며, 선박설계 분야에서도 계속해서 추구하고 있다.[6,10,14,17, 18,20]. 하지만 공학설계라는 작업이 매우 복잡한 작업으로, 그 자체를 파악하는 것도 아직껏 연구의 대상이기 때문에, 설계실무에 전문

* 과학기술원 서울분원 자동화 및 설계공학과

** 해사기술연구소 CSDP사업단

*** 대우조선 영업설계부

**** 충남대학교 컴퓨터공학과

가시스템을 성공적으로 이용하고 있다는 보고는 많지 않다.

조선분야 내에서 전문가시스템을 이용하는 그동안의 시도를 살펴보면, 그 사용도구에 의해 두가지로 분류될 수 있다. 첫째는, 조선 전용의 전문가시스템 셸(Shell)을 개발하여 이용하는 것이다[7, 9, 12]. 이러한 시도는 조선분야의 특수성을 최대한 이용하여, 작고 효율적인 시스템을 구성할 수 있다는 장점을 갖는다. 둘째는 상업용으로 개발된 범용 전문가시스템 셸을 선박설계에 응용하는 것이다[5, 6, 13, 19]. 이것은 범용 시스템이 제공하는 다양하고 안정된 기능들을 구사할 수 있으며, 셸 개발에 소요되는 연구노력을 개별 전문분야에 집중시킬 수 있다는 장점이 있다.

이 연구를 통하여 얻고자한 것은, 전문가시스템 기법을 적용하였을 때, 특히 범용 시스템 셸을 이용하였을 때, 기존에 설계현장에서 사용하고 있는 중앙단면 설계용 프로그램에 비해 어떠한 차이점을, 또는 개선된 점을 얻을 수 있는 가를 밝히는 것이다. 결과적으로 인간 전문가를 대체하려는 전문가시스템 본래의 목적을 추구하기 보다는, 전문가시스템이 제공하는 부수적인 잇점을 이용하여, 설계자의 생산성을 향상시키는데 중점을 두었다.

사용된 용어에 대해 한가지 주의할 점은, 선급규정과 지식베이스 내의 규칙에 대한 구분이다. 영어로는 두가지가 모두 Rule이므로 이들을 구분하기 위하여, 선급 Rule은 '규정'으로, 지식베이스의 Rule은 '규칙'으로 일관되게 사용하였다.

2. 선급규정에 의한 중앙단면의 구조설계

Gero[17]에 의하면, 설계란 기능정의(Function)를 구성원들 간의 상관관계를 규정 짓는 구조(Structure)로 변환하는 것이고, 그

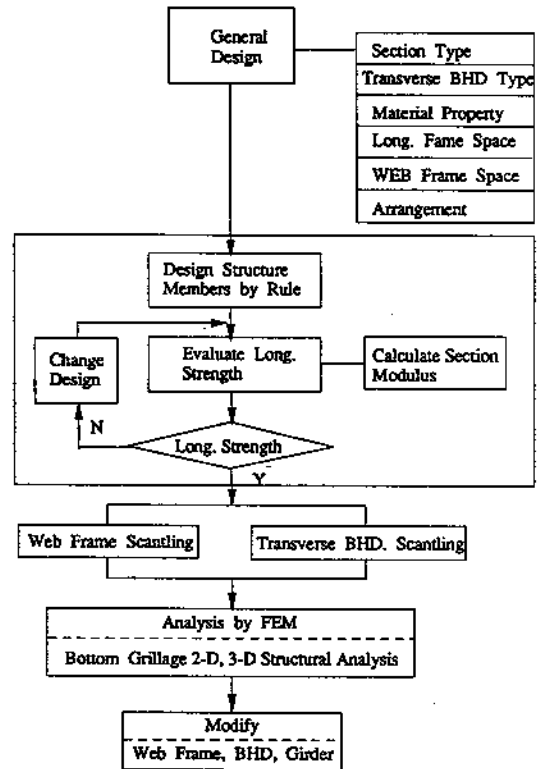


Fig.1 선박 중앙단면 설계의 과정 [4]

들 사이를 매개하는 것은 그 설계대상물의 거동(Behavior)이라고 한다.

전통적인 선박의 구조설계는, 해상보험의 등급을 매기기 위하여 기술적인 검토를 수행하는, 선급협회는 조직에서 만든 선급규정에 따라 많은 부분이 이루어지고 있다. Gero의 설계에 대한 정의를 '선급규정에 의한 선박중앙단면의 설계'에 적용해 보면, 주어진 운항환경에서 특정한 화물을 안전하게 운반하여야 한다는 선박의 기능(Function)을, 적절한 치수를 갖는 강판들 간의 구조(Structure)로 변환시키는 작업이라고 할 수 있으며, 이때 거동(Behavior)은 선급규정의 요구조건이라는 사항으로 간접적으로 나타나는 중앙단면의 응력이나 강도(強度)들이다.

선급규정에 의한 중앙단면의 구조설계는 Fig. 1과 같은 과정을 거치며, 이중 선급규정이

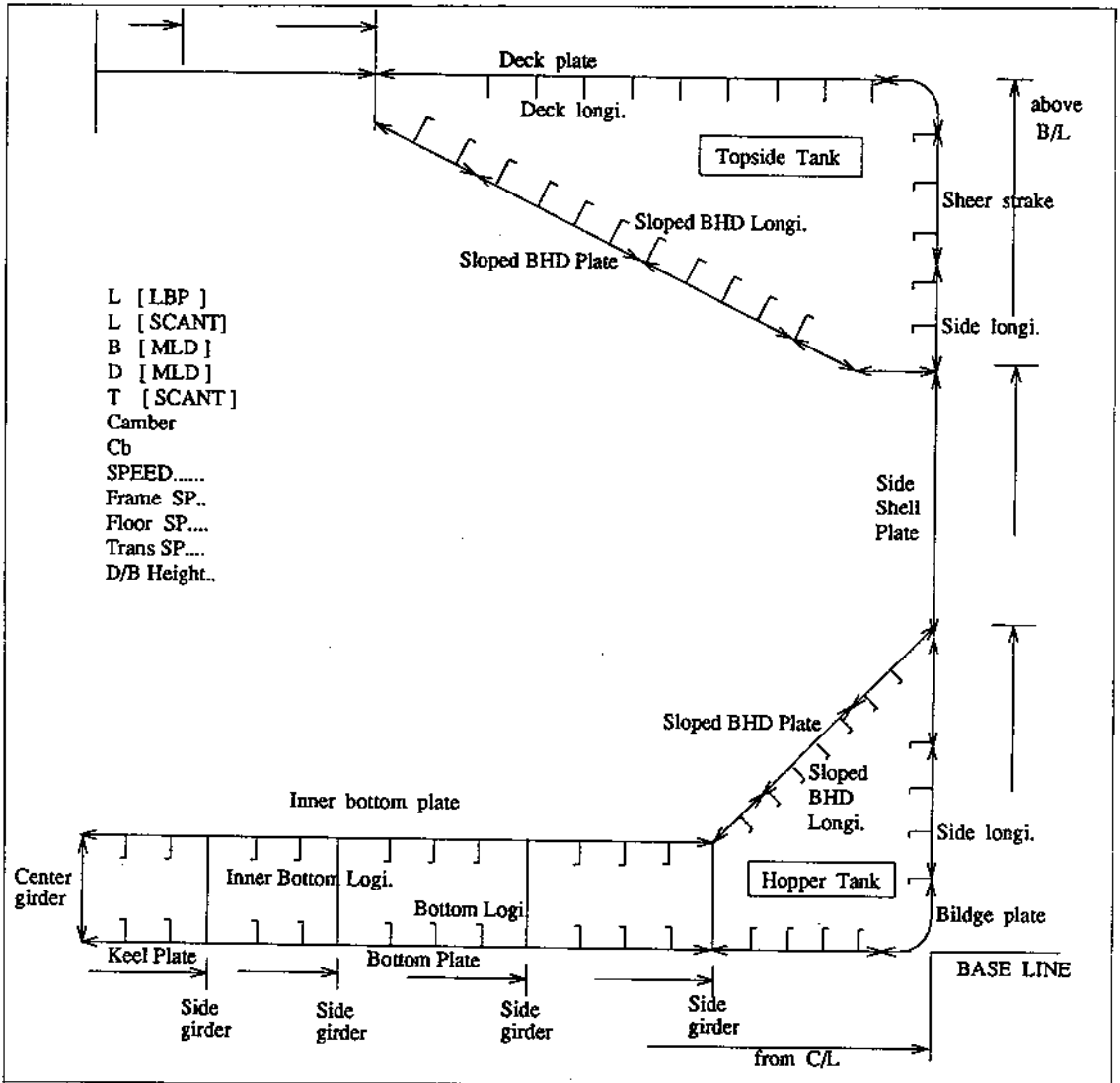


Fig.2 선박의 중앙단면 설계에 나타나는 구조부재

직접 적용되는 부분(가운데 사각형 부분)은 크게 세가지의 작업으로 구성되어 있다. [2, 3, 4, 8]. 첫째는, 선급규정에 따라 개별 부재의 최소 요구치를 구하는 것이다. 둘째는, 선급규정에서 요구하는 중강도 기준을 만족시키기 위해 앞에서 구한 개별 부재의 치수를 조절하는 것이다. 셋째는, 이 과정에 해당 조선소의 설계 표준이나 작업조건 등에 관련된 설계경험을 적용하는 것이다.

이 과정에서 결정되는 것은, Fig.2에 보인 것과 같은 구조부재들의 치수들이다. 이 중앙단면의 구조는 실제로는 3차원의 복잡한 형상을 갖는 것으로, Fig.3은 이중바닥 구조부의 3차원 형상을 보여준다.

전문가시스템을 이용하여 구조설계를 지원하는 설계 전문가시스템을 개발하기 위해서는, 전문가의 어떤 Know-How가 중앙단면의 구조 설계과정에 이용되는가를 파악하는 것이 필요

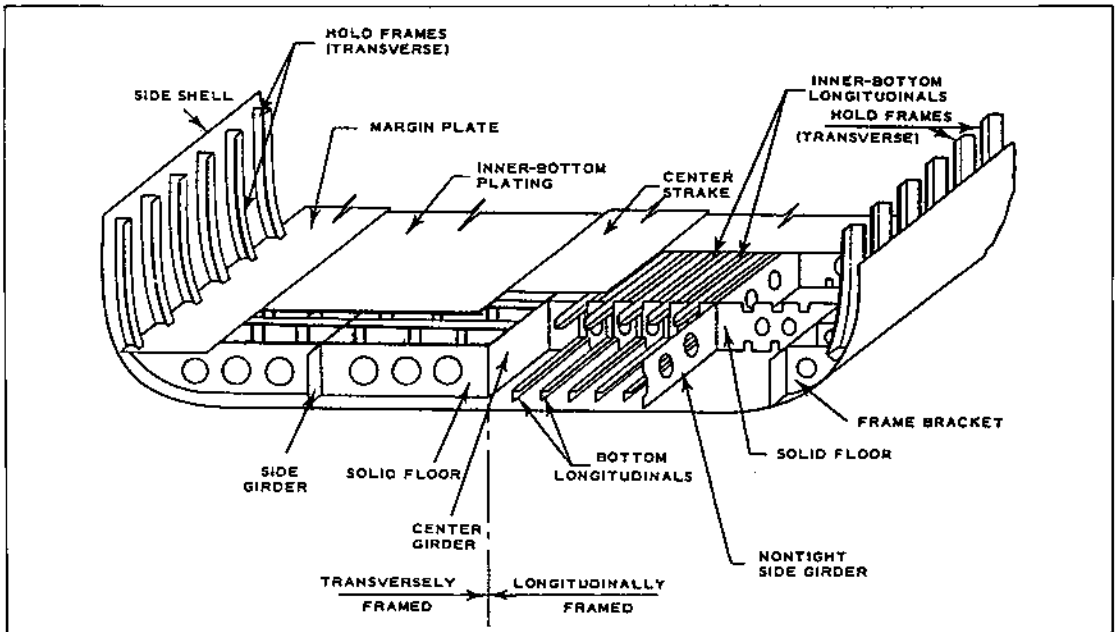


Fig.3 이중저 구조의 3차원 형상 [1]

하다. 일반적으로 선체의 중앙단면을 설계하는 과정에서는 선급규정을 Design Manual처럼 이용하면 된다고 생각하기 쉽지만, 사실은 그 과정에 전문가의 많은 Know-How가 요구된다.

기본적으로는, 선급규정 간의 상관관계가 복잡하게 얽혀 있다. 어떤 부재의 치수를 결정할 때 어떠한 규정들이 적용되는지를 파악하는데 훈련과 경험이 요구된다. 거꾸로, 선체의 어떤 부분이 변화되면, 그에 따라 변화되어야 하는 부재들을 파악하고 이때에 적용되는 규정들을 알아내는 것이 쉽지 않다. 한편으로는, 선급규정이 부분적으로 계속해서 개정되고 있기 때문에, 경험이 적은 설계자가 이를 파악하여 설계 작업에 적용하는 것도 쉽지 않은 일이다.

3. 범용 전문가시스템 셸

3.1 전문가시스템의 역할

전문가시스템이 보통의 컴퓨터 프로그램과

다른 점을 일반적으로 다음과 같이 네 가지를 든다[15]. (1) 보통의 컴퓨터 프로그램은 문자와 숫자 만을 다룰 수 있으나, 전문가시스템은 기호(Symbol)도 처리한다. (2) 전문가시스템은 자신이 내린 결정에 대해 그 과정을 설명해 줄 수 있다. (3) 전문가시스템은 확실하지 않은 퍼지(Fuzzy)한 추론을 할 수 있다. (4) 전문가시스템에서는 지식베이스가 추론기능과 분리되어 저장되므로, 시스템을 관리하고 변경하기에 용이하다.

이 글에서는 이들 중에서 두번째와 네번째 특성을 활용하는데 중점을 두었다. 어떠한 결정에 관련한 규칙들을 추적해 나가는 것은 일반 전문가시스템의 기본기능 중의 하나이다. 이것은 선박의 중앙단면을 구성하는 부재의 치수가 결정되는 과정에, 어떤 규정들이 관여하였는지를 볼 수 있다는 것을 의미한다. 전문가시스템에 내장되어 있는 추론기능(Inference Engine)에 의하여, 일련의 규칙들이 활성화(Activate)되어 가는 것을 Rule Firing이라고

하며, 추론 후에 그 적용되어진 순서를 확인해 볼 수 있다.

보통의 컴퓨터 프로그램은 정해진 경로를 통해서만 계산이 수행되므로, 프로그램 작성시에 예상되었던 문제에 대해서만 답을 줄 수 있다. 전문가시스템에서는 지식베이스 안의 단편적인 지식들을 추론기구가 필요에 따라 조합하여 주어진 문제를 해결하기 때문에 좀더 다양한 문제를 해결할 수 있다. 또한 지식베이스가 추론기능과 분리되어 있으므로, 관련 선급규정이 바뀌는 데에 따라 프로그램의 전체적인 수정을 하지 않고, 지식베이스의 부분적인 수정만을 필요로 한다. 보통의 프로그램이라면, 개정된 선급규정에 의해 영향받는 부분이 어디인지를 파악하는 것이 쉽지 않으며, 선급규정 간의 상관관계가 복잡하므로, 프로그램의 많은 부분이 수정되어야 할 것이다.

3.2 Nexpert의 특성

MacCallum[18]은 기존 전문가시스템의 약점을 다음과 같이 정리하고 있다.

1) 지식베이스가 커져감에 따라 그것을 조직적으로 관리할 수 있는 방법이 필요하다. 즉, 지식베이스를 조직화할 수 있는 방안이 제공되어야 한다. 그것은 새로운 규칙을 추가하고자 할때, 그것이 이미 지식베이스에 있는지, 아니면 다른 규칙과 상충관계에 있는지를 살펴보기 위해 필요하다.

2) 인간의 경험이나 지식이 단편적인 지식의 조각들로 표현되어 저장되어있기 때문에, 지식베이스는 그 밑바탕이 되는 모델이 없다. 추론기능이 이 단편적인 지식으로부터 깊은 통찰을 필요로 하는 의미있는 지식을 도출하는 데에는 한계가 있다. 따라서 기획이나 통합조종을 필요로 하는 설계작업에 부적합하다.

이러한 약점을 개선하기 위하여 객체지향의 개념이 도입되고 있으며, 이 개념이 지식베이스

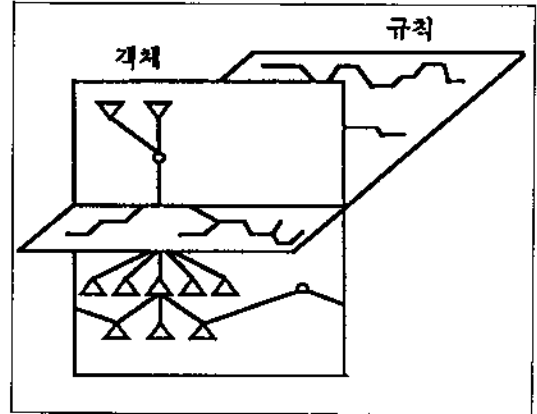


Fig.4 객체와 규칙의 개념[11]

스를 조직화하는데 이용된다[11]. 실세계의 구성요소를 선언형 지식(Declarative Knowledge)과 절차식 지식(Procedural Knowledge)으로 구분하여, 이를 각각 객체와 규칙으로 표현하며, Fig.4는 이들의 관계를 개념적으로 보여준다. 실세계의 지식을 표현하기 위하여, 실제의 대상이나 사실(Fact) 등을 중심으로 하여 선언형 지식으로 표현하고, 이들의 조합을 통해 문제를 해결해 나가는 동적인 지식은 절차형 지식으로 표현한다. 여기서 선언형 지식은 정적인 정보로 객체로 표현되며, 절차형 지식은 동적인 정보로 경험적 지식을 표현하는 규칙(Rule)으로 표현된다.

이밖에 이 연구에서 사용된 Nexpert의 특징은 다음과 같다. (1) 일반 프로그래밍 언어인 C로 짜여 있기 때문에, 기존에 존재하는 외부 프로그램과의 접속이 수월하다. (2) 여러 종류의 지식표현 방법론 중에서 규칙(Rule)과 프레임(Frame)을 함께 지원하는 혼성(Hybrid) 형태의 지식표현 구조를 갖고 있다. (3) 규칙의 후건부(Then 이후의 규칙 후반부)에 가설(Hypothesis)이라는 개념을 도입하여서, 규칙을 탐색하는 과정을 가속화 하는데 이용하고 있다. 가설은 해당되는 규칙의 상태를 대표하는 논리변수(Logical Variable)의 역할을 한다.

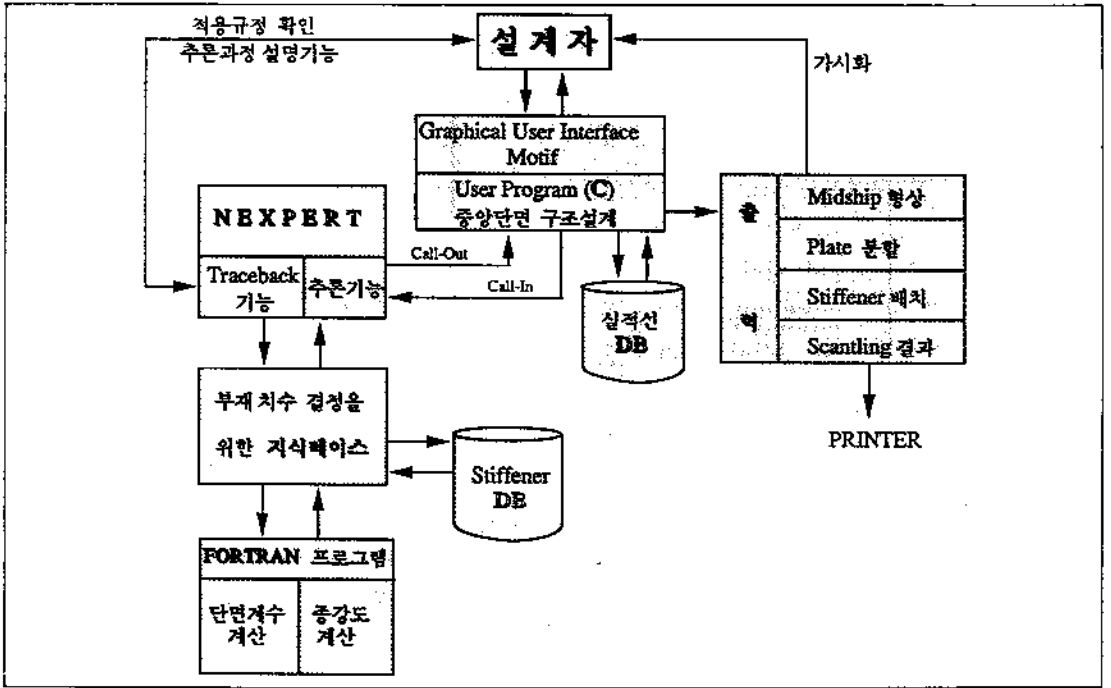


Fig.5 시스템 구성도

4. 선체 구조설계용 전문가시스템

본 연구를 통해 개발된 전문가시스템은 Fig. 5와 같다. Fig.5를 보면, Nexpert와 설계자 사이에 그래픽 사용자 인터페이스라는 부분이 추가되었으며, 이러한 방식을 통해 사용자는 좀더 실무에 가까운 친숙한 사용자 인터페이스를 이용할 수 있다. 본 연구에서는 Motif를 이용하여 사용자 인터페이스를 구성하였으며, 설계된 중앙단면을 가시화할 수 있도록 하였다 [21].

4.1 지식베이스의 구축

전문가의 지식을 추출하여 지식베이스를 구축하는 것은 전문가시스템을 개발하는데 있어 가장 중요한 부분이며, 또한 가장 어려운 부분이기도 하다. 본 연구에서는 인간 전문가로부터 지식을 추출하는 대신에, 설계 전문가들이 만들어서 사용하고 있는 구조설계용 전산 프로그램으로부터 지식을 추출하였다. 이러한

접근 방법은, 어려운 지식추출 과정이 대폭 생략되므로 지식베이스 구축에 소요되는 시간을 단축시켜 주며, 또한 구축된 지식베이스의 신뢰성을 보장받을 수 있다.

현장에서 설계업무에 사용하고 있는 기존의 프로그램은 넓은 의미로 전문가시스템이라고 할 수 있다. 설계업무에 사용하고 있는 기존의 프로그램들에는 전문가시스템 기법이 사용되지 않았지만, 설계전문가의 Know-How를 축적해 놓은 것으로 볼 수 있으므로, 원시적인 형태의 지식베이스라고 볼 수 있으며, 또한 추론기능도 포함하고 있는 것으로 생각할 수 있다. 즉, 중앙단면 구조설계 프로그램[4, 8]은 선각설계 전문가의 경험과 지식이 결집되어 있는 것이다. 이 프로그램은, 선급의 종류, 선박의 크기, 선박의 종류와 항해구역 등에 따라서 선급의 규정을 적용하며, 구조설계의 순서에 따라 설계를 수행한다. 여기서 선급의 규정들은 전문가의 전문지식에, 설계의 순서에 따라 적절한

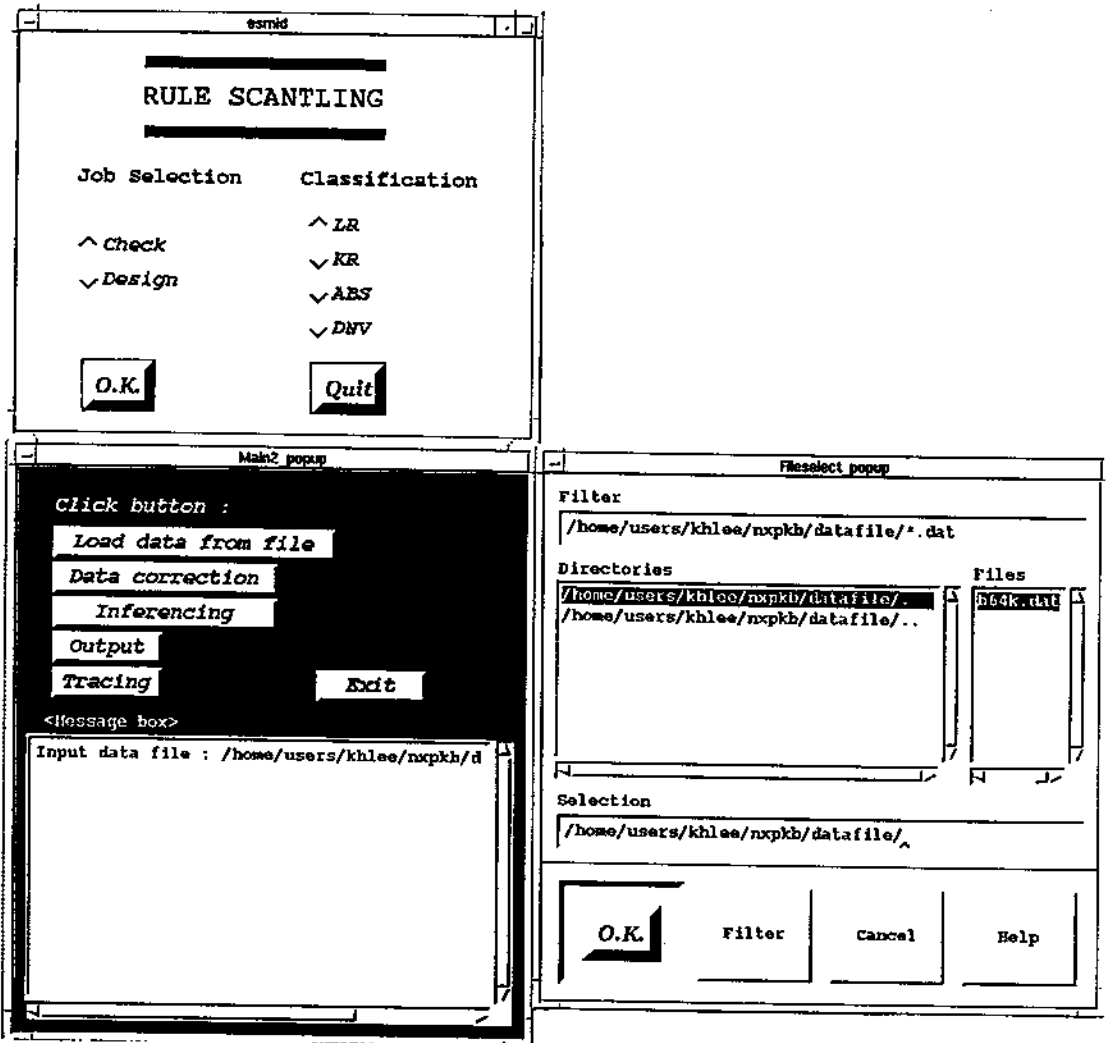


Fig.6 그래픽 사용자 인터페이스

선급규정을 적용하는 것은 추론기능에 대응한다고 볼 수 있다.

구체적으로는 영국의 Lloyd 선급규정에 의해 산적화물선의 중앙단면 구조설계에 이용되는 지식베이스를 규칙(Rule)이라는 표현방법을 이용하여 구축하였다. 이 과정에서 가능한 실체로 선급규정에서 사용하는 용어와 규정의 분류에 따라 규칙들을 구성하였다.

먼저, 선체의 각 부재들은 객체로 정의하고,

기존의 구조설계용 프로그램에서 사용하고 있는 변수들을 분석하였다. 각각의 부재들의 치수를 결정(Scantling)하는데 사용되는 변수들은, 객체로 정의된 부재들의 속성으로 표현하였으며, 이러한 객체들의 조합을 통해 지식베이스를 구축하였다.

객체들과 그들의 속성을 조합하고, 선급규정에 따라 적용되는 규정들을 부재별로 그룹핑한 다음, 그룹별로 부재의 치수를 정하는 규칙들

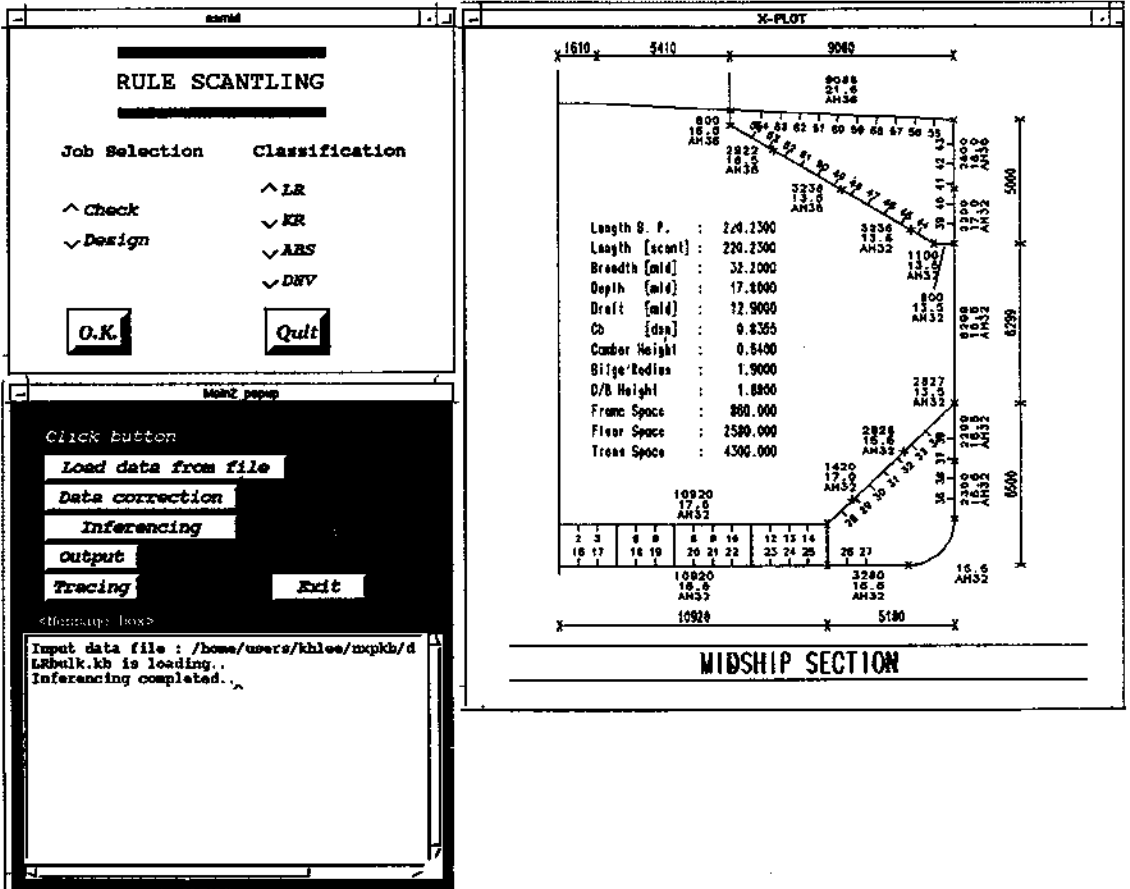


Fig.7 설계결과의 가시화

을 객체들을 이용하여 구성하였다. 속성값을 얻기 위한 복잡한 계산식은 메타슬롯(Meta-Slot)을 이용하여 정의함으로써 규칙의 복잡성을 줄일 수 있다. 이렇게 객체, 속성, 규칙, 메타슬롯 등을 통해 지식베이스를 구축하였다 [21].

4.2 시스템의 구성

Fig.5에 나타난 중앙단면 설계지원 시스템의 구성요소들을 그 결과와 함께 간략히 소개한다. 이중에 Motif를 이용한 사용자 인터페이스를 Fig.6이 보여준다. Motif가 제공하는 기능

들을 이용하여, 설계업무의 종류와 적용될 선급을 선택할 수 있고, 미리 준비되어 있는 데이터 화일을 입력하는 과정을 사용자에게 보여준다.

이렇게 기존의 화일에서 입력된 데이터들은, 선체주요치수, 형상데이터, 판분할, 방요제(Stiffener)배치로 구분되어 있으며, 설계자의 필요에 따라 수정할 수 있다. 이때 데이터 수정에 따른 중앙단면의 형상, 판분할, 방요제 배치에 대한 정보들이 가시화 된다.

Nexpert가 갖고 있는 추론기능은, 지식베이스에 저장되어 있는 선급규정들을 이용하여,

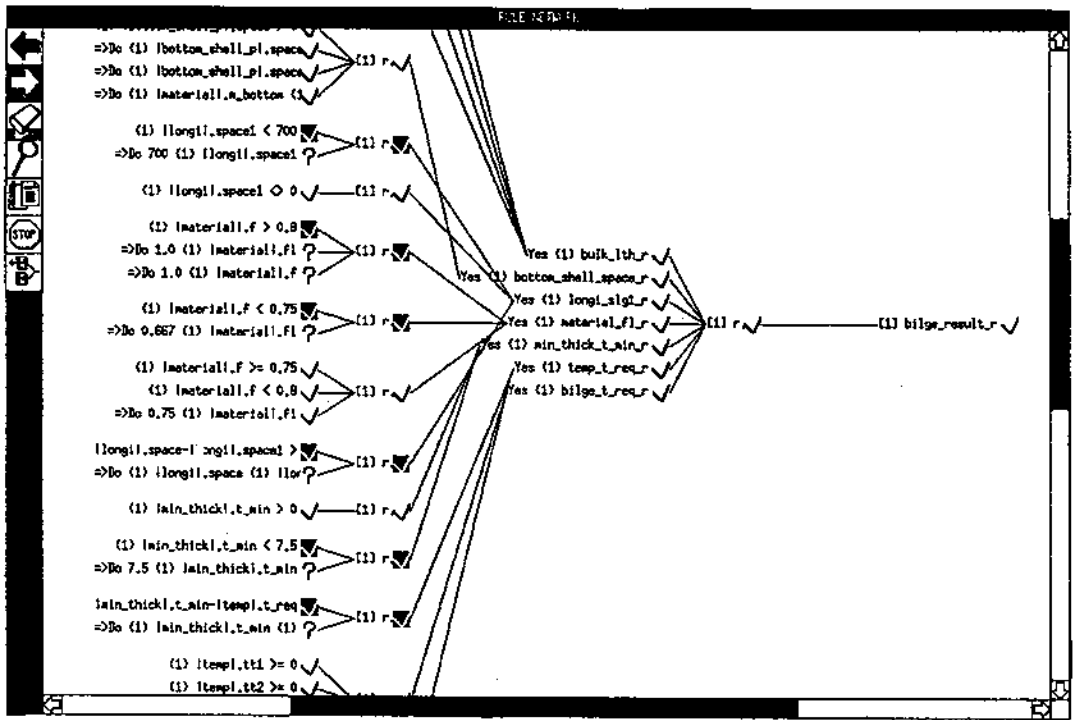


Fig.8 추론과정의 가시화

선박의 중앙단면에 나타나는 개별 부재들의 요구치수를 결정하며, 그 결과는 Fig.7과 같이 화면에 보여진다. 이때 계산결과와 내역과 그 설계된 형상이 설계자에게 함께 보여진다,

추론에 의해 설계가 끝난 후에는, 특정 부재의 치수를 결정하는데 기여한 규칙들과, 그들이 적용된 추론과정 및 그 결과에 대한 가시화가 가능하다. 그것은 Nexpert 자체가 갖고 있는 고유의 기능이며, Trace-back이라고 불러주는 이 기능을 이용한 결과가 Fig.8과 같다. 이를 통해 필요한 부재에 대해 개별적으로 치수를 결정할 수 있으며, 결정과정에 사용된 중간 결과(객체의 속성값)를 확인할 수 있다.

5. 맺음말

5.1 연구의 결과

범용의 전문가시스템 개발도구를 이용하여

선박설계, 특히 중앙단면 구조설계에의 응용 가능성을 검토해 보았으며, 이 연구를 통해 다음과 같은 점들이 관찰되었다.

1) 추론과정을 보여주는 기능은 설계자에게, 특히 경험이 적은 설계자에게 많은 도움이 될 것이다.

2) 지식베이스와 추론기능의 분리는 시스템의 관리와 운용상에 많은 잇점을 준다. 특히 자주 개정되는 선급규정의 특성에 부합되는 것이다. 또한, 각 나라의 규정들이 선급마다 다르므로, 선급별로 별도의 지식베이스를 구축하여 유지하면 된다.

3) 기존에 사용하고 있는 프로그램을 재구성하여 지식베이스를 구축하는 방법은, 전문가로부터 지식을 추출하는 어려운 과정을 생략할 수 있어 시간을 단축할 수 있으며, 구축된 지식베이스의 신뢰성도 동시에 확보할 수 있다.

4) 이렇게 지식베이스 구축과정을 단순화 하

였음에도, 여전히 지식베이스를 설계하고 조직화하여, 개별 규칙을 만드는 과정은 여전히 기술적으로 어려운 작업이었다.

5) 본 연구의 대상은 이미 정형화 되어 있는 문제이기 때문에, 지능적 (Intelligent)인 역할을 수행하는 것이 기대되는 전문가시스템 본래의 효과는 별로 얻을 수가 없었고, Trace-back이나 지식베이스의 손쉬운 변경관리 등과 같은 부수적인 효과를 주로 얻을 수 있었다. 실제의 추론과정은, 부재의 치수를 결정해야 한다는 목표(Goal)로부터 관련된 규칙을 추적해 가는 후향추론(Backward Chaining)이 주로 수행된다.

6) 어떤 문제해결에 전문가시스템이 단독으로 사용되는 것 보다는, 데이터베이스 기술과 가시화 기술 등이 함께 적용되어야, 원래 의도되었던 장점들을 살릴 수 있다는 것이 관찰되었고, 개발된 시스템에 이러한 개념이 적용되었다.

5.2 앞으로의 할일

본 연구를 통해 구축된 지식베이스에 설계표준이나 작업성에 관련된 설계경험을 추가시키면, 경험많은 인간 설계자가 수행하는 실제의 설계와 같은 역할을 하는, 지능적인 시스템을 구축할 수 있을 것이다. 그것은 선급규정에 의해 결정되지 않는 표준화나 동작성 부분 등을 포함하는 것으로, 부재매치 등과 같은 좀더 추상적인 Know-How에 대한 지원을 제공하는 시스템이 될 것이다.

이 글은 과학기술처의 지원으로 추진되고 있는 '선박설계 생산 전산시스템 개발사업(CSDP)' 연구결과의 일부이다.

참 고 문 헌

1. R. Taggart(Ed.), "Ship Design and Con-

struction", Society of Naval Architects and Marine Engineers (미국 조선학회), 1980.

2. D. B. Bannerman, H. Y. Jan, "Chapter 6 - Analysis and Design of Principal Hull Structure", in [1].
3. O. F. Hughes, "Ship Structural Design", John Wiley & Sons, 1983.
4. 이호섭, 민계식, 장창두 외, "최소 구조 중량선 설계 프로그램 개발(I)", 한국기계연구소, 1987년 9월.
5. H. Tsukuda, T. Fuwa, T. Hino, K. Okuzumi, H. Suzuki, "지식베이스에 의한 산적화물선의 횡단면내 부재매치결정지원 시스템의 試作(일본어)", 서부조선회 회보 76호, 1988년 8월.
6. 이동곤, "선박설계용 전문가시스템(Prototype) 개발에 관한 연구", 기계연구소보고서, 1988년 12월.
7. H. Ohtsubo, M. Kitamura, "Expert System에 의한 선체중양단면설계(일본어)", 일본조선학회논문집 164호, 1988년 12월.
8. 윤덕영 외, "Bulk Carrier 중양단면 종강도 구조의 최적설계 System 개발", 대우조선 기술연구실, 1989년 2월.
9. 이경호, "중양단면 최적설계를 위한 전문가시스템 개발에 관한 연구", 석사졸업논문, 서울대학교 조선공학과, 1990년 1월.
10. 赤木新介 외, "설계 Expert System의 기초와 응용(일본어)", ころな社, 1990년 5월.
11. "Nexpert Object Version 2.0 - Introduction Manual", Neuron Data Inc., Oct. 1990.
12. 양영순, 연운석, "선체 구조설계를 위한 지식베이스 전문가시스템", 조선학회 91춘계

- 연구발표회, 1991년 4월, 조선학회논문집, 29권 1호, 1992년 3월.
13. K. Doi, K. Ito, K. Koga, Y. Nakai, "A New Approach to Design System for Shipbuilding - A Knowledge Based Narai-Design System for Hull Structure", in IMSDC '91, 4th International Marine Systems Design Conference, May, 1991.
 14. 양영순, "전문가시스템 기술에 관하여", 대한조선학회지 28권 3호, 1991년 9월
 15. L. Wang, A. L. Porter, S. Cunningham, "Expert Systems : Present and Future", Journal of Expert Systems with Applications, 3(4): 383-396, 1991.
 16. J. Liebowitz (Ed.), "The World Congress on Expert Systems", Proceedings, Dec. 1991.
 17. J. S. Gero, "Expert Systems for Design : A Framework", pp.721-727, in [16].
 18. K. J. MacCallum, "Expert System Architecture Requirements for Concurrent Design", pp.2861-2867, in [16].
 19. 김은기, "선체 구조설계 지원을 위한 전문가시스템의 설계 및 구현", 석사학위논문, 충남대학교 전자계산공학과, 1992년 8월.
 20. S. Yano, S. Ohsuga, K. Hori, "Knowledge Based System to Aid Large Scale Design Problem", PRICAI '92, Proceedings of the 2nd Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Seoul Korea, Sept, 1992.
 21. 이경호 외, "가시화 기법을 통한 선박구조설계 지원 전문가시스템 개발", 경영과학회/산업공학회 '93 춘계학술발표회, 1993년 4월.