

공학석사 학위논문

웹 기반에서의 압력 용기  
설계 및 견적 시스템의 구현

Design and Cost Estimation for  
Pressure Vessels in the Web based Environment

지도교수 조 종 래

2002년 2월

한국해양대학교 대학원

기 계 공 학 과

조 은 정

# 목 차

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| ABSTRACT .....                 | iv |
| 제 1장 서론 .....                  | 1  |
| 1.1 연구 배경 .....                | 1  |
| 1.2 연구 동향 .....                | 2  |
| 1.3 연구 목적 .....                | 3  |
| 1.4 연구 내용 .....                | 4  |
| 제 2장 압력용기 설계 이론 .....          | 5  |
| 2.1 설계 .....                   | 7  |
| 2.1.1 기본 사양 .....              | 7  |
| 2.1.2 강도 계산 .....              | 9  |
| 2.2 재료 구매 .....                | 21 |
| 제 3장 웹 기반의 압력용기 설계 .....       | 22 |
| 3.1 압력용기 설계 및 견적 시스템 흐름도 ..... | 22 |
| 3.2 재질의 물성치 데이터 베이스 구축 .....   | 24 |
| 3.3 ASME 코드에 따른 계산식 적용 .....   | 26 |
| 3.3.1 요소 값 배열 적용 .....         | 26 |

|       |                                |    |
|-------|--------------------------------|----|
| 3.3.2 | 압력용기 설계를 위한 입력 폼 구현 .....      | 30 |
| 3.4   | 계산 결과 .....                    | 35 |
| 3.4.1 | 계산결과 폼 값 전송 .....              | 35 |
| 3.4.2 | 클라이언트로 워드 파일 전송 .....          | 36 |
| 3.4.3 | 계산 결과 데이터베이스에 저장 .....         | 38 |
| 제 4장  | 웹 기반의 압력용기 견적 .....            | 40 |
| 4.1   | 재질 두께 형상별 단위가격 데이터베이스 구축 ..... | 40 |
| 4.2   | 새들 치수 데이터베이스 구축 .....          | 42 |
| 4.3   | 견적을 위한 입력 폼 구현 .....           | 44 |
| 4.4   | 견적 결과 .....                    | 48 |
| 4.4.1 | 견적 결과 상세 내역 .....              | 48 |
| 4.4.2 | 클라이언트로 워드 파일 전송 .....          | 50 |
| 4.4.3 | 견적 결과 데이터베이스에 저장 .....         | 52 |
| 제 5장  | 결론 및 향후 연구 방향 .....            | 54 |
| 5.1   | 결론 .....                       | 54 |
| 5.2   | 향후 연구 방향 .....                 | 55 |
| 참고문헌  | .....                          | 56 |

# Design and Cost Estimation for Pressure Vessels in the web based Environment

Eun-Jeong Cho

Department of Mechanical Engineering  
Graduate School of Korea Maritime University

## ABSTRACT

Internet service has now become available to anyone who has a personal computer and as more computer networks have been built. One can take advantages of the internet anywhere and anytime. Many web sites have been built according to personal needs, for example, personal homepages, on-line newspapers, search sites etc. Besides, many web users who are attracted by engineering calculation have studied to have the calculation and cost estimate done in the web based environment.

So in this study, we have developed a design and cost estimation tool for pressure vessels in the web based environment by using javascript, ASP (Active Server Pages) and MS-SQL (Structured Query Language) database. The tool is based on the ASME Boiler and Pressure Vessel code section VIII Div 1. The execution of

engineering calculations is done with javascript. The performance of this program has been verified by both manual calculation and BASIC program. In the near future, many web applications for engineering calculation in the web based environment will become popular.

keyword: web based environment, javascript, ASP (Active Server Pages), MS-SQL (Structured Query Language), design and cost estimation

# 제 1장 서론

## 1.1 연구 배경

대부분의 기업에서의 업무 전산화 및 자동화 수준은 해당 부서나 업체 등 그 역할의 주체들에 의해 필요에 따라 독자적으로 전산화된 응용 프로그램이 개발되어 사용되는 경우가 대부분이었다. 같은 목적의 프로그램도 각각 다르게 만들어 사용하고 있는 것이 현실이고, 따라서 많은 시간을 허비하고 있는 것이 사실이다. 또한 개발하여 사용하고 있는 프로그램이라 할지라도 시스템의 변화나 코드의 변화에 따른 프로그램의 수정이 필요한데, 프로그램의 개발자가 부재중일 경우 수정의 어려움 등이 있을 수 있다. 그리고 중소기업의 경우 플랜트 설계 기술 수준이 미약한 것이 사실이다.

최근 급속히 발달하고 있는 정보 통신 기술로 인하여 컴퓨터와 랜(lan)만 있으면 시간과 장소에 구애받지 않고 웹(web) 브라우저를 통해 인터넷 환경에 접속함으로써 웹서비스를 이용할 수 있게 되었다. 현재 업무 수행에 있어 부서들 간의 정보 공유나 진행과정 공유 등을 위한 웹 사용에 관심이 높아지고 있고 그 부분의 연구 또한 많이 진행되고 있다. 특히 제작 기술은 우수하지만 해석 능력이 상대적으로 취약한 많은 중소기업에서는 공학적 계산을 활용하는 방안에 관심이 높아지고 있다<sup>[1]</sup>.

이에 본 연구에서는 정보의 효율적 활용을 위해 웹과 데이터베이스(database)의 상호보완적인 시스템 구축을 통해 최신의 자료로 데이터베

이산화하여 요구되는 정보를 신속하고 정확하게 제공, 압력 용기를 초보 자라도 쉽게 인터넷을 통하여 공학적 설계는 물론 견적을 낼 수 있는 웹 기반 압력용기 설계 및 견적 시스템을 제시하고자한다.

## 1.2 연구 동향

월드와이드웹(world wide web)은 인터넷의 많은 서비스들 중에서 가장 최근에 개발된 멀티미디어 서비스로서 유럽 입자물리학 연구소(CERN ; European Laboratory for Particle Physics)에서 처음 고안되었다. 이 서비스는 주로 문자를 기반으로 전송하던 다른 인터넷 서비스들과는 달리 윈도우의 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 최대한 살려 사진과 그래픽, 음성과 동영상 등을 하이퍼텍스트라는 편리한 방법으로 검색할 수 있게 해준다. 하이퍼텍스트 자료들은 HTML (hypertext markup language) 이라는 언어를 통해 표현되며, 이러한 문서들은 HTTP (hypertext transfer protocol) 라는 통신 프로토콜을 사용하여 전송된다.

웹에서 다룰 수 있는 정보의 종류와 범위는 무한하다고 할 수 있다. 정보화시대가 시작되고 월드와이드웹(WWW)은 정보화시대를 이끌어 가는 그 중추적인 역할을 해 왔다.

현재 웹을 통해서 만날 수 있는 웹페이지의 종류로는 개인 홈페이지에서 회사의 이미지를 홍보하기 위한 홈페이지, 관공서나 국가 기관에서 관련 정보를 제공하는 홈페이지, 인터넷을 통해 물건을 사고 팔 수 있는 쇼핑몰, 방송국과 신문사에서 운영하는 온라인 방송과 신문 페이지, 가상 공간에서 이루어지는 온라인 강의, 가상현실에 이르기까지 많은 분야가

있다. 현재까지 웹 기반 작업 환경의 논문이 많이 발표되었다. 예를 들어, 인터넷 기반의 공작 기계 원격 고장 진단 시스템 구축<sup>[2]</sup>, 웹 기반 가상공작 기계 구현<sup>[3]</sup>, 웹 기반 환경에서 기어 장치 설계 정보의 표현<sup>[4]</sup>, 웹을 이용한 견적 정보 데이터 베이스 활용 방안<sup>[5]</sup>, 인터넷 기반의 쾌속 조형 장비 개발<sup>[6]</sup>등의 많은 연구가 있으며, 앞으로도 많은 웹 기반 응용 프로그램들이 나올 것으로 기대한다.

### 1.3 연구 목적

현재 월드 와이드 웹을 통해 모든 정보를 공유할 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 ASP나 PHP, PERL, CGI, JAVA와 같은 서버 사이드 언어의 발달로 클라이언트와의 대화형 동적 웹 구동도 쉬워지고 있다. 컴퓨터와 랜만 있으면 웹 브라우저를 통해서 원하고자 하는 모든 정보를 얻을 수가 있다.

그러나 이런 공유라는 엄청난 대세 앞에서 우리 현재 기업들의 모습은 업무 수행에 있어 상용 시판되는 프로그램을 이용하거나, 회사 자체 내에서 업무용 프로그램을 개발하여 사용하고 있는 실정이다. 따라서 같은 목적의 프로그램을 각자 개발하기 때문에 시간적인 손해는 물론 국가적인 낭비가 아닐 수 없다.

또한 개발한 프로그램이라 하더라도 컴퓨터 사용환경과 코드의 변화에 따른 업그레이드 등 관리가 철저히 이루어지지 못해 힘들게 개발한 프로그램이 사장되고 있는 것 또한 사실이다.

따라서 본 논문에서는 공유라는 인터넷의 이념 아래 웹 기반에서의 공



학적 계산, 설계, 견적 시스템을 제시하고자 한다. 또한 이 분야의 기존의 전문가의 지식을 프로그래밍 하거나 데이터베이스에 저장하여 체계적으로 활용하여, 중소기업의 설계 기술 지원은 물론 설계 정보를 데이터베이스화한다는데 연구 목적을 둔다.

그 예의 하나로 ASME 코드를 적용한 압력용기를 든다. [7~11]

## 1.4 연구 내용

본 논문은 ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII , Division 1 의 수식을 적용하였다. 수식이 적용된 공학적 계산은 서버의 부하를 줄이기 위해 클라이언트 측 스크립트인 자바스크립트로 코딩하였고, 데이터베이스에 값을 저장하거나 불러올 때, 계산 값들을 가져올 때 등의 경우 서버측 언어인 ASP로 코딩하였다. 데이터베이스는 MS-SQL 을 이용하였다<sup>[12~17]</sup>. 자바스크립트, ASP, MS-SQL 데이터베이스를 이용하여 압력용기 강도 계산, 설계, 견적을 웹에서 할 수 있도록 하였다. 본 논문은 수계산과 기존에 사용되던 BASIC 프로그램의 결과와 동일함을 확인하였으며, 업체들간의 정보교환 및 확인으로 견적의 정확성 인 증은 앞으로의 과제로 남겨둔다.

## 제 2장 압력 용기 설계 이론

넓은 의미의 압력용기란 압력을 가진 유체(액체 또는 기체)를 수용하는 모든 용기로서 보일러도 포함한다. 액체 또는 기체를 저장, 반응, 분리 등의 목적으로 만들어진 용기로서 압력에 견딜 수 있도록 설계, 제작된 용기를 말한다.

압력용기는 압력을 받는 몸체인 셸(shell), 셸의 양 끝단을 막는 헤드(head), 유체가 이동하고 파이프와 연결되는 각종 노즐, 압력용기 내부 구조물(internals), 설치를 위한 받침대인 지지구조물(support)등 고려해야 할 여러 부분이 있다. ASME 압력용기 코드에서 규정하는 부분과 관련 코드를 Fig. 2.1에 나타내고 있다.



## 2.1 설계 (design)

### 2.1.1 기본사양

압력 용기 설계를 위한 기본 사양은 Table 2.1에서 보듯이 압력부와 비압력부, 설계 조건에 따른 재료의 선정까지 매우 다양하다. Table 2.2는 운전 온도 및 용도에 따른 재료의 분류를 나타낸다.

| 기본사양       | 설계자료, 관련항목                      |
|------------|---------------------------------|
| 압력부        | 용기 기본 형상 및 치수                   |
|            | 설계 압력 및 온도, 재료, 부식여유, 방사선 시험정도  |
|            | 유체밀도, 유체레벨, 바람 및 지진 하중, 기타 하중   |
| 비압력부       | 부재 형상 및 치수                      |
|            | 각종 하중 조건 및 재료의 선택               |
|            | 제작성, 안전성, 경제성 등 검토              |
| 설계압력, 설계온도 |                                 |
| 재료 선정      | 기계적, 물리적 성질, 가공성 검토, 내식성 경제성 검토 |
|            | 운전 온도 및 용도에 따른 재료의 선택           |

Table 2.1 Basic contents for pressure vessel design

| DESIGN TEMPERATURE °C    |                    | MATERIAL        | PLATE                           | PIPE                            | FORGING                         | FITTING                         | BOLTING                |
|--------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| CRYOGENIC TEMPERATURE    | -254 ~ -196        | STAINLESS STEEL | SA240-304, 304L, 347, 316, 316L | SA312-304, 304L, 347, 316, 316L | SA182-304, 304L, 347, 316, 316L | SA403-304, 304L, 347, 316, 316L | SA320-B8 WITH SA194-8  |
|                          | -195 ~ -102        | 9% NICKEL       | SA353                           | SA333-8                         | SA522-1                         | SA420-WPL3                      | SA194-8                |
| LOW TEMPERATURE          | -101 ~ -60         | 31/2 NICKEL     | SA203-D,E                       | SA333-3                         | SA350-LF3                       | SA420-WPL3                      | SA320-B7 WITH SA194-4  |
|                          | -59 ~ -46          | 21/2 NICKEL     | SA203-A                         |                                 |                                 |                                 |                        |
|                          | -45 ~ -30          | CARBON STEEL    | SA537-CL1<br>SA516(IMPA CT T.)  | SA-333-6                        | SA350-LF2                       | SA420-WPL6                      | SA193-B7 WITH SA194-2H |
|                          | -29 ~ -16          |                 | SA516-ALL                       | SA333-1 or 6                    |                                 |                                 |                        |
|                          | -15 ~ 0            |                 | SA285-C                         | SA53-B<br>SA106-B               | SA105<br>SA181-60,70            | SA234-WPB                       |                        |
| INTERMEDIATE TEMPERATURE | 1 ~ 16<br>17 ~ 412 |                 | SA516-ALL<br>SA515-ALL          |                                 |                                 |                                 |                        |
| ELEVATED TEMPERATURE     | 413 ~ 468          | C-1/2Mo         | SA204-B                         | SA335-P1                        | SA182-F1                        | SA234-WP1                       | SA195-B5<br>SA194-3    |
|                          | 469 ~ 537          | Cr-1/2Mo        | SA387-12-1                      | SA335-P12                       | SA182-F12                       | SA234-WP12                      |                        |
|                          |                    | 11/2Cr-1/2 Mo   | SA387-11-2                      | SA335-P11                       | SA182-F11                       | SA234-WP11                      |                        |
|                          | 538 ~ 593          | 21/4Cr-Mo       | SA387-22-1                      | SA335-P22                       | SA182-F22                       | SA234-WP22                      |                        |
|                          | 594 ~ 815          | STAINLESS STEEL | SA204-347H                      | SA312-347H                      | SA182-347H                      | SA403-347H                      | SA193-B8               |
|                          |                    | INCOLOY         | SB424                           | SB423                           | SB425                           | SB366                           | WITH SA194-8           |
| ABOVE 815                | INCONEL            | SB443           | SB444                           | SB446                           | SB366                           |                                 |                        |

Table 2.2 Classification according to operating temperature

철강 재료로 탄소강, 저 합금강, Mo강, Cr-M강, Ni강, 고장력강, 고합금강, 오스테나이트 스테인레스강, 마르텐사이트 스테인레스 강, 페라이트 스테인레스 강 등이 있다.

## 2.1.2 강도 계산 (strength calculation)

### 1) 설계 자료

#### (a) 적용 규격 (applicable code)

압력용기 설계, 제조에 관한 규격은 각 나라에 따라 다르게 적용하고 있으며 최근 들어 각 나라의 기준을 통합하는 경향이 있다.

가장 대표적인 것으로는 유럽연합에서 회원국간의 압력용기 규격의 통합이 PED (Pressure Equipment Directive)이고 현재 가장 많이 사용하는 규격은 미국의 ASME SEC. VIII, 영국의 BS5500, 독일의 AD-merkblätter, 프랑스의 CODAP, 네덜란드의 Stoomwezen, 일본의 JIS B 8270 그리고 한국의 KS B 6733등이 있다.

#### (b) 설계 압력 (design pressure)

용기의 설계압력은 운전조건 형상에서 용기의 최 상부 지점에서의 설계상 필요한 게이지 압력이다.

내압 (internal pressure)은 용기의 두께를 결정하는 주요한 인자가 된다. 외압 (external pressure)은 최대 완전 진공 또는 반 진공 등이 있으며 복합압력용기에서는 압력의 차이가 외압으로 작용할 수도 있다.

#### (c) 설계 온도 (design temperature)

일반적으로 최대설계온도를 기준으로 허용 응력 값을 구하여 계산 두께를 구하기 때문에 반드시 필요하다.

#### (d) 주요 치수 (dimension)

압력용기의 최소필요두께 계산을 위해서는 쉘의 내경, 외압이 작용할 경우 쉘의 길이 그리고 비압력부인 지지 부의 형상 및 치수 등이 있어야

한다.

(e) 부식 여유 (corrosion allowance)

운전 중 최대로 발생할 수 있는 부식에 대한 여유이므로 강도계산에는 제외된다. 보통 부식여유는 6mm 이하이고 그것을 초과하는 경우는 크래드강이나 스테인레스강을 사용하는 것이 바람직하다.

(f) 허용 응력 (allowable stress)

허용 응력은 설계온도에 따라 결정되며, 각 나라의 규격에 따라 다른 값이 주어진다.

(g) 용접이음효율 (joint efficiency)

용접부위의 방사선시험 정도에 따라 신뢰성을 부여하는 것으로서 방사선시험이 완전할 경우 100%, 방사선 시험이 부분적(Spot)인 경우는 85%, 방사선 시험을 하지 않을 경우는 70% 만의 이음효율을 적용하고 각각에 대해 용접 이음 효율은 1.0, 0.85, 0.7로 사용한다.

(h) 기타 하중 (load)

기타 하중에는 수두압, 바람 하중, 지진 하중, 외부하중 등이 있다.

## 2) 압력부 (pressure part) 계산

압력부의 쉘 두께 계산은 규격별로 형식이 다르게 주어져 있다. 인장과 압축에 의한 응력을 계산하여 허용 응력 보다 낮도록 설계하여야 한다. 아래에는 ASME SEC. VIII Div.1의 내압에 대한 두께 계산식을 소개한다.

a. 쉘의 설계

셸은 Fig. 2.2와 같이 압력용기의 몸통에 해당하는 부분이다. 내압에 의한 원통 셸의 두께는 Fig. 2.2 와 같이 내경을 기준으로 할 때의 두께 계산은 식(2.1), Fig 2.3 과 같이 외경을 기준으로 할 때의 두께 계산은 식 (2.2)를 사용한다.

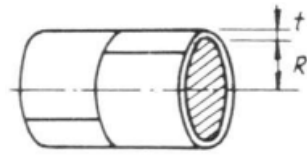


Fig. 2.2 Cylindrical shell based on inside dimensions

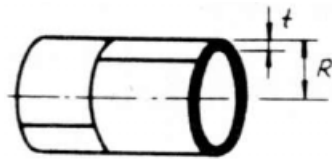


Fig. 2.3 Cylindrical shell based on outside dimensions

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6P} + CA \quad (2.1)$$

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E + 0.4P} + CA \quad (2.2)$$



외압이 적용되는 상황에 압력용기가 설치될 경우, 외압에 의해서 압력용기는 쉽게 좌굴(buckling)이 발생한다. ASME 코드에서 규정하는 외압 체크 (external pressure check)시 허용 응력은 식 (2.3)과 (2.4)에 나타나 있다.

$$P_a = \frac{4 \cdot B}{3 \cdot D_o / t} \quad (2.3)$$

$$P_a = \frac{2 \cdot A \cdot E}{3 \cdot D_o / t} \quad (2.4)$$

여기서,  $P$  : 설계 내압

$R$  : 부식후의 셸 반경

$S$  : 최대 허용 인장 응력

$E$  : 셸 이음 부의 이음효율

$CA$  : 부식여유 (Corrosion Allowance)

$D_o$  : 외경

$A$  :  $L/D_o$ ,  $D_o/t$  의 함수 (ASME 코드의 Fig. UGO-28.0)

$B$  :  $A$ , 탄성계수, 온도의 함수 (ASME 코드의 Fig. UCS-28.2)

b. 헤드 설계

Fig. 2.4와 같이 헤드는 몸통인 셸의 양 끝 부분을 막는 것으로 반구형과 콘형, 직경 대 높이가 다른 타원체등 다양한 타입이 있다. 내압에 의한 헤드의 요구 두께 계산식은 헤드의 타입에 따라 다르게 규정되어있다. Fig. 2.4와 같이 타원체 내경 치수를 기준으로 한 경우 두께 계산은 식(2.5)를, Fig. 2.5와 같이 외경 치수를 기준으로 한 경우는 식(2.6)을 이용한다.

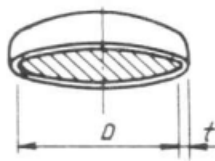


Fig. 2.4 Ellipsoidal head based on inside dimensions

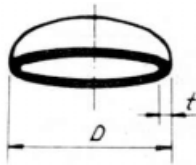


Fig. 2.5 Ellipsoidal head based on outside dimensions

$$t = \frac{P \cdot D \cdot K}{2 \cdot S \cdot E - 0.2P} + CA \quad (2.5)$$

$$t = \frac{P \cdot D_o \cdot K}{2 \cdot S \cdot E + 2 \cdot P \cdot (K - 0.1)} + CA \quad (2.6)$$

헤드도 마찬가지로 외압체크를 할 때 코드에서 규정하는 허용 응력은 식 (2.7)과 같다.

$$P_a = \frac{B}{(D_o/t)} \quad (2.7)$$

여기서, D : 부식 후 헤드의 내경

$D_o$  : 부식 후 헤드의 외경

K : 요소 ( ASME 코드내의 Table UG-33.1 )

식 (2.5)와 식 (2.6)의 K가 1일 때는 직경 대 높이가 2:1인 2:1 타원체 헤드가 된다. 식 (2.8)과 (2.9)와는 헤드 타입이 2 : 1 타원체 타입일 때의 각각 내경과, 외경을 기준으로 한 두께 계산식이다.

$$t = \frac{P \cdot D}{2S \cdot E - 0.2P} + CA \quad (2.8)$$

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E + 1.8P} + CA \quad (2.9)$$

헤드 타입이 완전 반구형일 때의 두께 계산식은 식 (2.10)과 같다.

$$t = \frac{P \cdot L}{2S \cdot E - 0.2P} + CA \quad (2.10)$$

여기서, L : 부식 후 경판의 반경

c. 노즐 넥 설계

노즐 넥의 설계는 ASME Section VIII UG-45 에 따른다. UG-45(a)(1) 에서 규정된 UG-22 에 의한 두께 계산에 부식 여유를 더한 것으로 식 (2.11)과 같다.

$$t_m = \frac{P \times R_0}{S \times E + 0.4 P} + CA \quad (2.11)$$

노즐 두께는 식 (2.11)에서 구한 값과 외압 작용 시 노즐 두께 중 큰 값, 그리고 노즐이 붙는 부분(셸, 헤드)의 요구 두께와 최소 스탠더드 월 파이프 (standard wall pipe) 두께중 작은 값, 이 두 값보다 커야한다.

d. 플랜지 설계

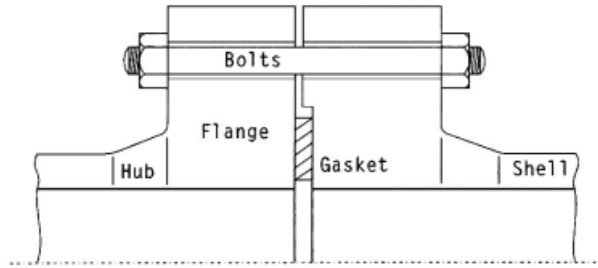


Fig. 2.6 Typical flange

본 논문에서는 ASME sec. VIII 코드의 Fig. 2-4 (3a) Loose 타입의 허브가 없는 플랜지를 예를 들었다.

Fig. 2.7은 개시킷 시팅 조건일때의 볼트 하중을 나타낸 그림이고, Fig. 2.8은 작동 조건일때의 볼트 하중을 나타낸 그림이다.

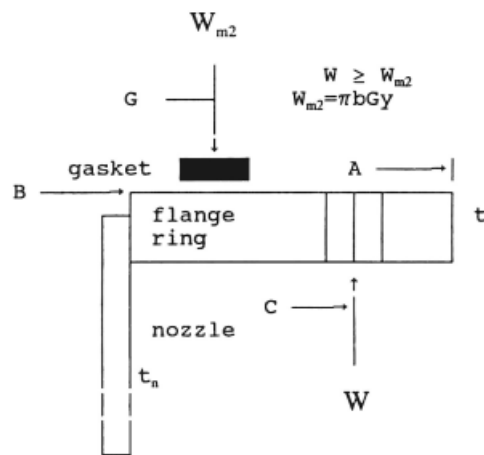


Fig. 2.7 Determination of bolt load for gasket seating condition

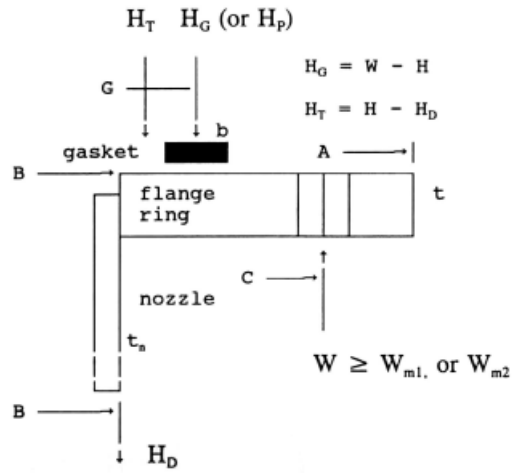


Fig. 2.8 Determination of bolt load for operating condition

플랜지 계산에 관련된 수식에 적용된 기호는 다음과 같다.

- 플랜지의      $D_o$  : 외경,  
                    $D_i$  : 내경,  
                    $D_c$  : 볼트 구멍 까지의 직경
- 개스킷의      $G_o$  : 외경,  
                    $G_i$  : 내경,  
                    $N$  : 접촉 폭(ASME 코드의 Table 2-5.1)  
                    $b_o$  : 기본 시팅 폭 (ASME 코드의 Table 2-5.2),  
                    $Y$  : 최소 설계 시팅 응력 (ASME 코드의 Table 2-5.1)  
                    $m$  : 작동시의 팩터 (ASME 코드의 Table 2-5.1),

$G$  : 개스킷 접촉 면의 외경  
 볼트의  $d$  : 직경  
 $Q$  : 개수  
 $B_a$  : 작은 직경의 단면적  
 $A_m$  : 볼트의 총 요구 단면적

1. 유효 개스킷 시팅 폭 (ASME 코드의 Table 2-5.2)

플랜지를 설치할 때 누수를 막기 위해 개스킷을 설치하는데, 이때 설치할 개스킷 시팅폭은 코드의 table 2-5.2의 기본 시팅폭이 0.25 inch 이하일 경우는 식 (2.12)를, 0.25 inch 초과일 경우는 식 (2.14)를 이용한다.

$$b_o \leq 1/4 \text{ inch} \quad b = b_o \quad (2.12)$$

$$G = G_o - 2b_r \quad (2.13)$$

$$b_o > 1/4 \text{ inch} \quad b = 0.5 \sqrt{b_o} \quad (2.14)$$

$$G = \frac{G_o + G_i}{2} \quad (2.15)$$

2. 개스킷 볼트 계산

플랜지 설치시 연결할 볼트가 필요한데 플랜지가 받을 압력과 하중을 식 (2.16) ~ (2.19)로 구해 그 힘을 견딜 볼트의 단면적을 식 (2.20), 총 요구 단면적은 식 (2.21)을 이용하여 구한다.

$$\text{접촉 면적 압축 힘 } H_P = 2 \cdot \pi \cdot b_r \cdot G \cdot m \cdot P \quad (2.16)$$

$$\text{총정수 압 } H = \frac{\pi \cdot G^2 \cdot P}{4} \quad (2.17)$$

최소 요구 볼트 하중

$$\text{작동시 } W_{m1} = H + H_P \quad (2.18)$$

$$\text{개스킷 시팅시 } W_{m2} = \pi \cdot b_r \cdot G \cdot y \quad (2.19)$$

$$\text{볼트 총 단면적 } A_b = Q \cdot B_a \quad (2.20)$$

볼트의 총 요구 단면적은 최소볼트 하중  $W$ 를 볼트 허용응력  $S$ 로 나눈 값이다.

$$A = \frac{W}{S} \quad (2.21)$$

개스킷을 시팅하기 위한 볼트하중은 식 (2.22)를 이용하고, 최소 요구 개스킷 시팅폭은 식 (2.23)을 이용하여 구한다.

개스킷 시팅을 위한 플랜지 설계볼트 하중

$$W = \frac{(A_m + A_b) \cdot S}{2} \quad (2.22)$$

최소 요구 개스킷 시팅 폭

$$N_m = \frac{A_b \cdot S}{2 \cdot \pi \cdot G \cdot y} \quad (2.23)$$

이때 실제 볼트 총 단면적이 볼트의 총 요구 단면적보다 커야하고 개스킷 접촉 폭은 최소 요구 개스킷 시팅 폭보다 커야한다.



### 3. 모멘트 계산

플랜지를 설치하고 볼트와 너트로 조이고 작동하게 되면 그 힘의 조합으로 인해 모멘트가 생기게 된다. 이때의 모멘트를 식 (2.24) ~ 식 (2.28)을 이용하여 구하고, 구한 모멘트는 플랜지 두께를 구하기 위한 식에 적용된다.

압력용기가 작동시에는 식 (2.24) ~ (2.27)을 이용하여 모멘트를 구하고 압력용기가 시팅될때는 식 (2.28)을 이용하여 모멘트를 구한다.

$$H_D = \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot P}{4}, \quad LH_D = \frac{D_c - D_i}{2}, \quad M_D = H_D \cdot LH_D \quad (2.24)$$

$$H_G = H_P, \quad LH_G = \frac{D_c - G_i}{2}, \quad M_G = H_G \cdot LH_G \quad (2.25)$$

$$H_T = H - H_D, \quad LH_T = \frac{LH_D + LH_G}{2}, \quad M_T = H_T \cdot LH_T \quad (2.26)$$

$$\text{총 모멘트 } M_O = M_D + M_G + M_T \quad (2.27)$$

개스킷 시팅시에  $H_G$ 와  $M_A$ 는 다음식과 같다.

$$H_G = W, \quad M_A = H_G \cdot LH_G \quad (2.28)$$

#### 4. 플랜지 두께

앞에서 구한 모멘트와 허용응력을 가지고 식 (2.29)를 이용하여 플랜지 두께를 계산한다.

$$K = \frac{D_o}{D_i} \quad \text{코드의 Fig. 2-7.1에서 } Y \text{를 구함}$$

$$\text{플랜지 두께 계산식} \quad t = \sqrt{\frac{Y \times M}{S \times D_i}} \quad (2.29)$$

여기서  $M$ 과  $S$ 는 각각 모멘트와 허용응력을 나타낸다.

플랜지 두께는 작동시와 개스킷 시팅시 조건에서 구한 값보다 커야한다.

#### 3) 비압력부 (nonpressure part)

비압력부의 계산은 버티컬 베셀의 스키투 (베이스 블럭), 레그, 러그 그리고 호리존탈 베셀의 새들과 같은 지지 구조부의 계산과 리프팅/트레일링 러그, 스키투 브레이싱과 같은 설치(erection) 장치 계산 그리고 내부/외부 빔, 플랫폼, 파이프 서포트 클립, 압력용기 기둥 등의 계산이 있다.

## 2.2 재료 구매 (purchase)

강도계산이 끝나면 필요한 자재의 두께, 종류 및 생산능력과 구매 가능한 크기 범위에서 가장 경제적인 크기를 결정하여 자재를 구매한다.

## 제 3장 웹 기반의 압력용기 설계

### 3.1 압력용기 설계 및 견적 시스템 흐름도

Fig. 3.1은 압력용기 설계 및 견적 시스템의 프로그램 흐름도이다. 메인 창이 있고, 셸, 헤드, 노즐, 플랜지 설계시 입력창들은 새창을 띄워가며 계산된다. 설계 조건을 입력하고 셸 계산시 재질과 온도를 선택하면 재질과 온도에 따른 데이터베이스 값을 불러와 허용응력과 탄성계수를 계산한다. 플랜지까지의 계산이 끝나면 결과는 데이터베이스에 저장되고, 클라이언트로 워드파일이 전송된다. 견적을 희망하게되면 계산 값들을 견적 창으로 넘겨 치수와 재질을 가지고 BOM (Bill Of Material)을 생성한다. BOM도 종류, 두께, 재질 형상별 데이터베이스화 했다. 견적이 집계표가 나오면 데이터베이스에 견적 결과를 저장하고 마찬가지로 클라이언트로 워드 파일이 전송된다.

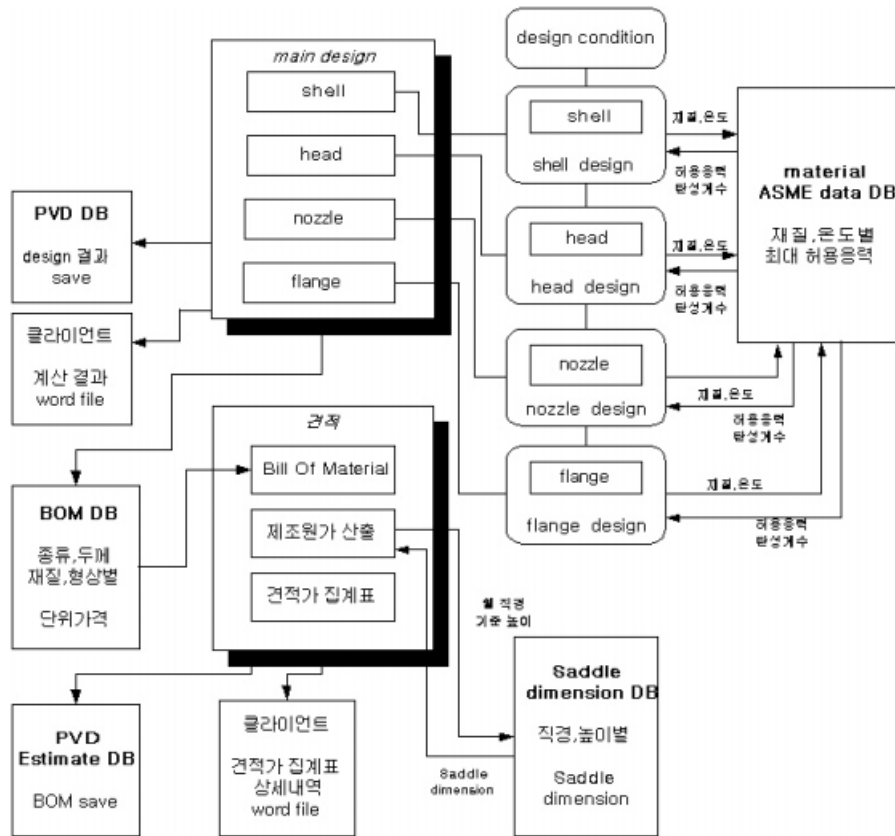


Fig. 3.1 The block diagram of a system

### 3.2 재질의 물성치 데이터베이스 구축

재료는 종류별 온도별 각각 허용 응력은 물론 탄성계수 또한 달라지게 된다. 따라서 몇 가지 재료를 선정하여 온도별 허용 응력을 데이터베이스화하여 설계온도에 맞게 보간 하여 허용 응력과 탄성계수를 구한다.

Fig. 3.2 는 재질별 최대 허용 응력을 나타냈다.

**MATERIAL별 MAX. ALLOWBLE STRESS**

| MATERIAL   | MATNO | YIELD STRESS | MAX. ALLOWBLE STRESS, Ksi (TEMP. °F) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|------------|-------|--------------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
|            |       |              | 100                                  | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 650  | 700  | 750  | 800  | 850  | 900  | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 |
| SA193-B5   | 11    | 80           |                                      |      |      |      |      |      |      |      | 20.0 | 18.5 | 14.5 | 10.4 | 7.6 | 5.6  | 4.2  | 3.1  | 2.0  | 1.3  |
| SA193-B7   | 4     | 105          |                                      |      |      |      |      |      |      | 25.0 | 23.6 | 21.0 | 17.0 | 12.5 | 8.5 | 4.5  |      |      |      |      |
| SA193-B7H  | 4     | 80           |                                      |      |      |      |      |      |      | 20.0 | 18.5 | 16.2 | 12.5 | 8.5  | 4.5 |      |      |      |      |      |
| SA193-B16  | 6     | 105          |                                      |      |      |      |      |      |      | 25.0 | 23.5 | 20.5 | 16.0 | 11.0 | 6.3 | 2.8  |      |      |      |      |
| SA234-WP1  | 3     | 30           |                                      |      |      |      |      |      |      | 13.8 | 13.5 | 13.2 | 12.7 | 8.2  | 4.8 |      |      |      |      |      |
| SA234-WP12 | 4     | 32           |                                      |      |      |      |      |      |      | 15.0 | 14.6 | 14.0 | 11.3 | 7.2  | 4.5 | 2.3  | 1.8  | 1.1  |      |      |
| SA234-WP11 | 6     | 30           |                                      |      |      |      |      |      | 15.0 | 14.8 | 14.4 | 14.0 | 13.6 | 9.3  | 6.3 | 4.2  | 2.8  | 1.9  | 1.2  |      |
| SA234-WP22 | 10    | 30           |                                      |      |      |      |      |      | 15.0 | 14.4 | 13.6 | 10.8 | 8.0  | 5.7  | 3.8 | 2.4  | 1.4  |      |      |      |
| SA234-WP5  | 11    | 30           | 15.0                                 | 14.5 | 14.4 | 14.4 | 14.2 | 13.9 | 13.7 | 13.2 | 12.8 | 12.1 | 10.9 | 8.0  | 5.8 | 4.2  | 2.9  | 1.8  | 1.0  |      |
| SA234-WPB  | 2     | 35           |                                      |      |      |      |      | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7  | 6.6  | 4.6  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA234-WP9  | 12    | 30           | 15.0                                 | 14.5 | 14.4 | 14.4 | 14.2 | 13.9 | 13.7 | 13.2 | 12.8 | 12.1 | 11.4 | 10.6 | 7.4 | 5.0  | 3.3  | 2.2  | 1.5  |      |
| SA234-WPC  | 2     | 40           |                                      |      |      |      |      | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| SA36       | 5     | 36           |                                      |      |      |      |      | 14.5 | 13.9 |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| SA283-C    | 1     | 30           |                                      |      |      |      |      | 13.8 |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
| SA285-C    | 1     | 30           |                                      |      |      |      |      | 13.8 | 13.3 | 12.1 | 10.2 | 8.4  | 6.5  |      |     |      |      |      |      |      |
| SA515-60   | 2     | 32           |                                      |      |      |      |      | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA515-65   | 2     | 35           |                                      |      |      |      |      | 16.3 | 15.5 | 13.9 | 11.4 | 9.0  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA515-70   | 2     | 38           |                                      |      |      |      |      | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA516-55   | 2     | 30           |                                      |      |      |      |      | 13.8 | 13.3 | 12.1 | 10.2 | 8.4  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA516-60   | 5     | 32           |                                      |      |      |      |      | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA516-65   | 5     | 35           |                                      |      |      |      |      | 16.3 | 15.5 | 13.9 | 11.4 | 9.0  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA516-70   | 5     | 38           |                                      |      |      |      |      | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA106-B    | 2     | 35           |                                      |      |      |      |      | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA179      | 1     | 26           |                                      |      |      |      |      | 11.8 | 11.5 | 10.6 | 9.2  | 7.9  | 6.5  |      |     |      |      |      |      |      |
| SA210-A1   | 2     | 37           |                                      |      |      |      |      | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA210-C    | 5     | 40           |                                      |      |      |      |      | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 7.8  | 5.0  | 3.0  | 1.5 |      |      |      |      |      |
| SA53-B     | 1     | 35           |                                      |      |      |      |      | 12.8 | 12.2 | 11.0 | 9.2  | 7.4  | 5.5  |      |     |      |      |      |      |      |
| SA178-A    | 1     | 26           |                                      |      |      |      |      | 10.0 | 9.8  | 9.1  | 7.8  | 6.7  | 5.5  | 3.8  | 2.1 |      |      |      |      |      |
| SA178-C    | 1     | 37           |                                      |      |      |      |      | 12.8 | 12.2 | 11.0 | 9.2  | 7.4  | 5.5  | 3.8  | 2.1 |      |      |      |      |      |
| SA214      | 1     | 26           |                                      |      |      |      |      | 10.0 | 9.8  | 9.1  | 7.8  | 6.7  | 5.5  | 3.8  | 2.1 |      |      |      |      |      |
| SA105      | 2     | 36           |                                      |      |      |      |      | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA181-CL60 | 2     | 30           |                                      |      |      |      |      | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA181-CL70 | 2     | 36           |                                      |      |      |      |      | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA266-1    | 2     | 30           |                                      |      |      |      |      | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA266-2    | 2     | 35           |                                      |      |      |      |      | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA203-B    | 9     | 40           |                                      |      |      |      |      | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3  | 6.5  | 4.5  | 2.5 |      |      |      |      |      |
| SA204-A    | 3     | 37           |                                      |      |      |      |      |      |      | 16.3 | 15.8 | 15.3 | 13.7 | 6.2  | 4.8 |      |      |      |      |      |

Fig. 3.2 Maximum allowable stress of materials

Fig. 3.3에서 데이터베이스에 테이블을 만들고 Fig. 3.4 처럼 재질별 허용 응력을 데이터 베이스에 저장한다.

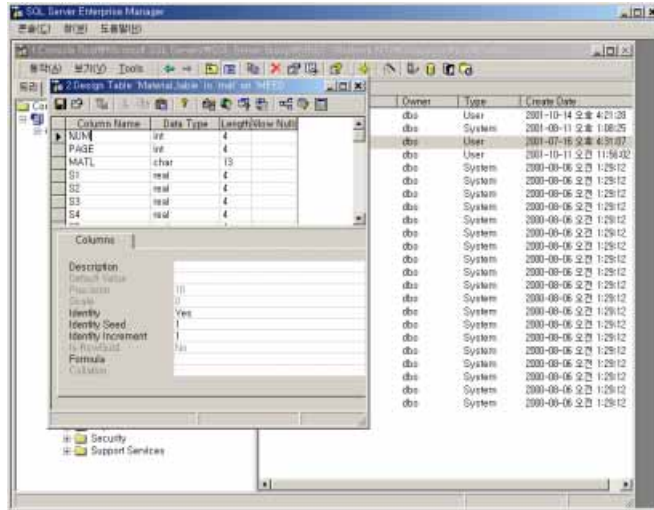


Fig. 3.3 Construction of material table

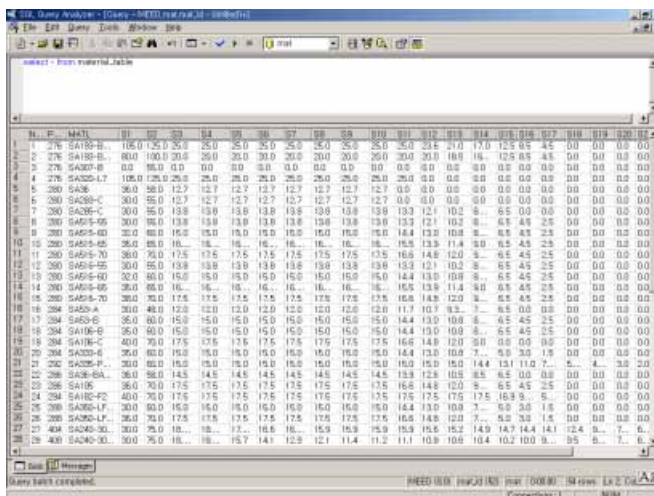


Fig. 3.4 Database of material

### 3.3 ASME 코드에 따른 계산식 적용

#### 3.3.1 요소값 배열 적용

셸, 헤드, 노즐, 플랜지 압력용기에 필요한 기본적인 구조만으로 적용, 앞에서 나타낸 식을 이용하였다.

서버의 부하를 줄이기 위해 클라이언트 사이드 언어인 자바스크립트로 공학 계산을 수행하도록 하였고 값을 전송할 때나 데이터베이스에서 값을 찾아올 때 등 클라이언트 언어로는 부족한 경우에만 서버 사이드 언어인 ASP를 적용하였다.

먼저 외부압력 값을 체크하기 위한 요소  $A$ 와 요소  $B$ 의 값을 구하기 위해 ASME 코드의 Fig. UGO-28.0 (Fig. 3.5) 그래프의 값을 읽어 자바스크립트 코드로 배열로 각각 값을 정해주었다. 여기서  $A$ 는  $L/D_o$ ,  $D_o/t$ 의 함수이기 때문에  $D_o/t$ 를 10에서 1000까지 20등분 한 다음  $L/D_o$ 의 값을 각 온도별 적게는 13개에서 많게는 21개까지 2차원 배열로 저장하였다. 프로그램에서는 입력 값의 전, 후 양 값을 읽어 보간 하여  $A$ 를 구하였다.

요소  $B$ 도 마찬가지로 ASME 코드의 Fig. USC-28.1, Fig. USC-28.2 (Fig. 3.6), Fig. USC-28.3, Fig. UHA-28.1, Fig. UHA-28.2, Fig. UHA-28.3, Fig. UHA-28.4 를 각각 온도를 4개에서 5개로 나누고 요소  $A$ 와 온도에 따라 요소  $B$ 값을 4개에서 13개로 읽어 2차원 배열로 저장하였다. 마찬가지로 프로그램에서는 입력 값의 전, 후 양 값으로 보간 하

여 구하였다.

요소  $A$ 와 요소  $B$ 를 구하는 언어는 자바스크립트 2차원 배열로 저장하였고 .js 파일로 저장하여 어느 페이지에서든지 불러오는 것이 가능하도록 하였다.



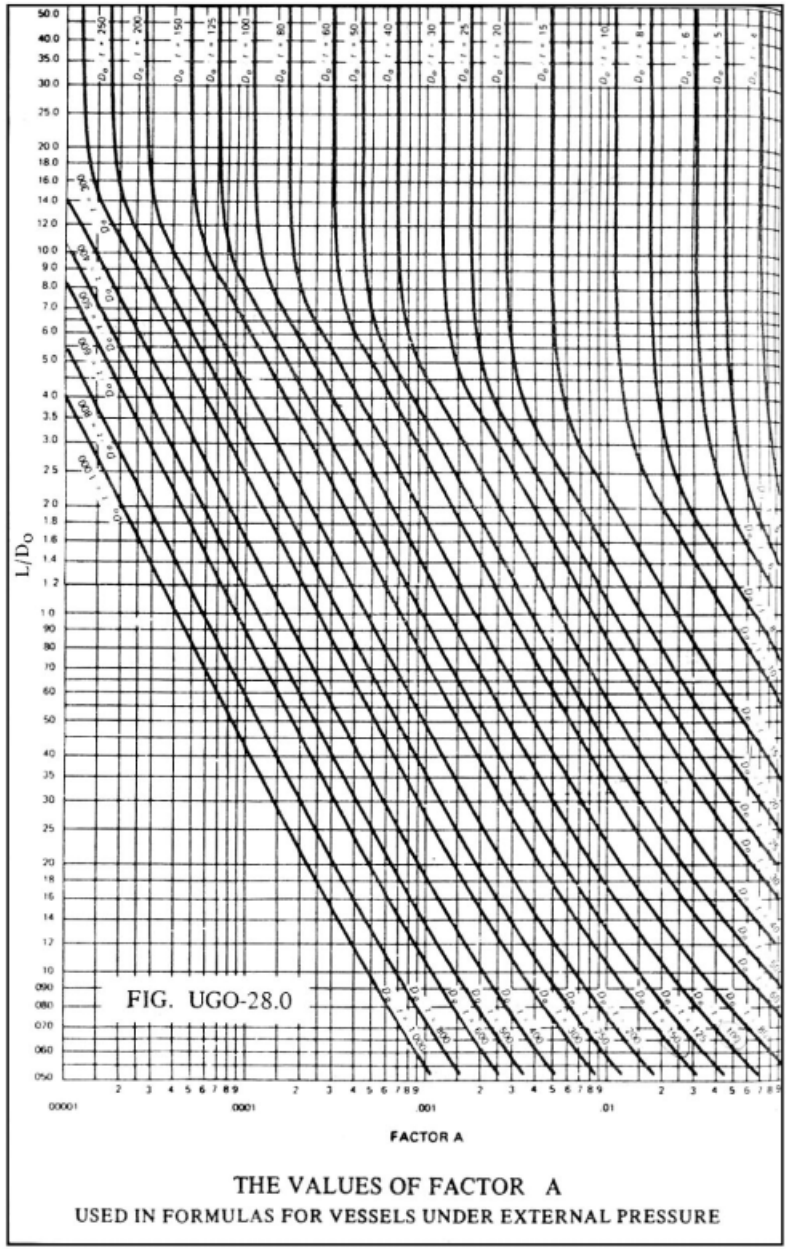


Fig. 3.5 UGO-28.0 of ASME code

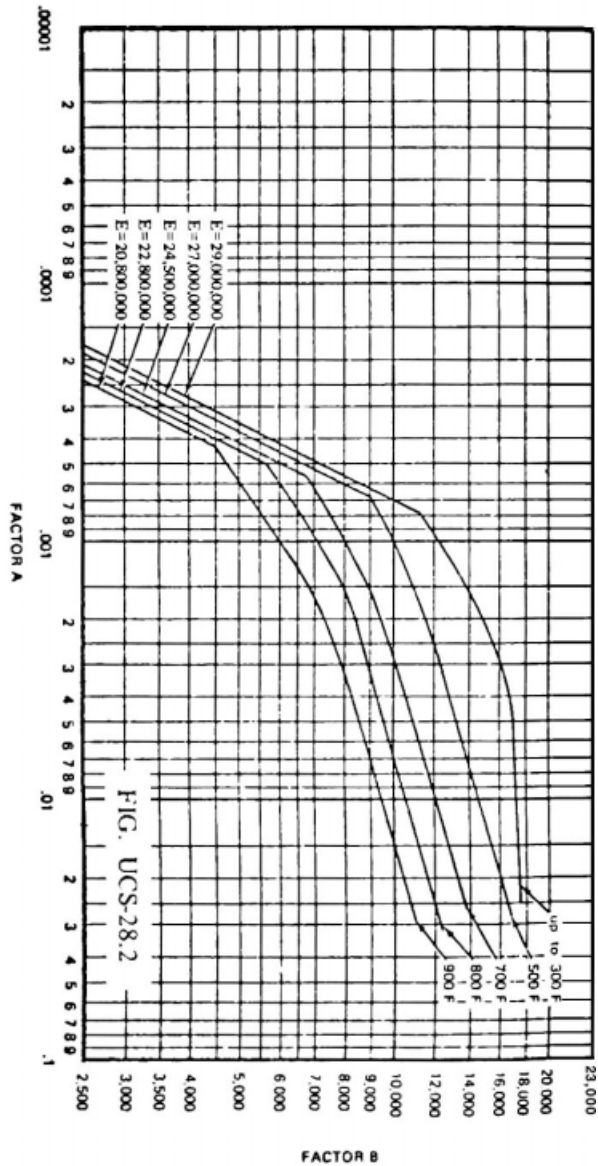


FIG. UCS-28.2

Note : In cases where the value of A falls to the right of the end of the temperature line, assume an intersection with the horizontal projection of the upper end of the temperature line

**THE VALUES OF FACTOR B**

**USED IN FORMULAS FOR VESSELS UNDER EXTERNAL PRESSURE**

The values of the chart are applicable when the vessel is constructed of carbon steel and the specified yield strength 30,000 psi. and over. To this category belong the following most frequently used materials:

- |            |          |              |              |          |                    |
|------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------------|
| SA - 283 C | SA - 515 | } All Grades | SA - 53 - B  | Type 405 | } Stainless Steels |
| SA - 285 C | SA - 516 |              | SA - 106 - B | Type 410 |                    |

### 3.3.2 압력용기 설계를 위한 입력 폼 구현

하나의 메인 창에서 새창을 열어 각 부분을 입력하도록 하였으며 각 페이지마다 공학적 계산은 자바스크립트를 이용하였다. 계산이 끝나고 각각의 새창을 닫을 때마다 결과 값을 메인 창으로 넘겨주었다.

Fig 3.7은 테스트한 사이트의 처음 화면이다.

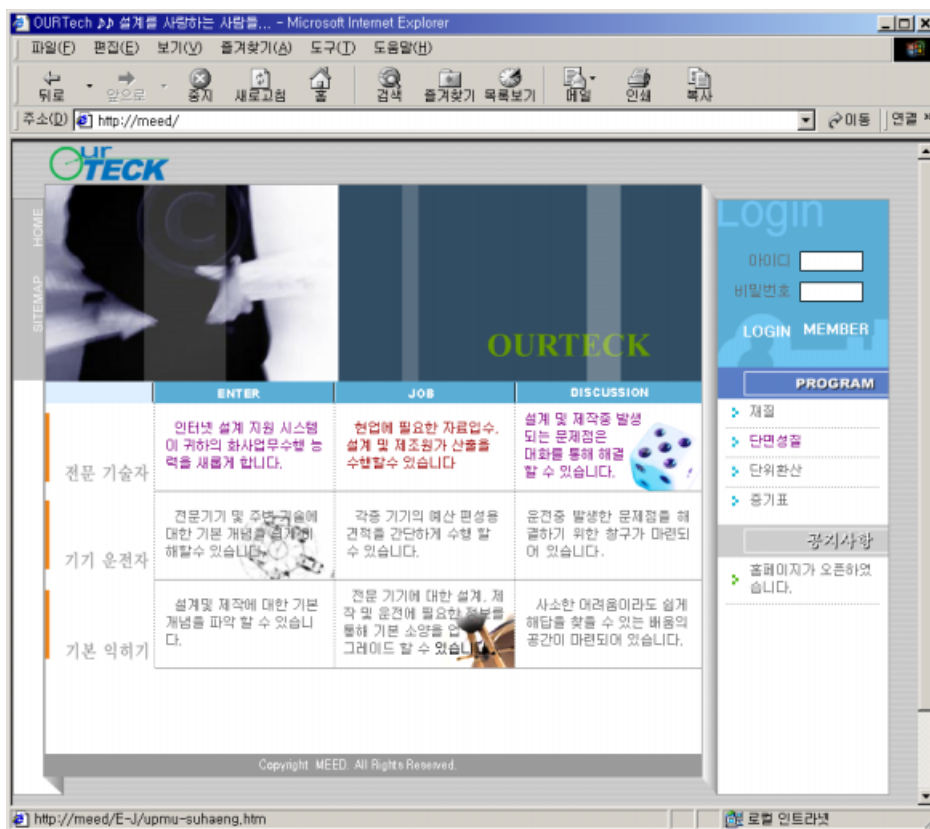


Fig. 3.7 Initial page of web site

Fig. 3.8은 압력용기를 설계하는 시스템의 처음 화면이고, Fig. 3.9는 압력용기를 설계할 때의 설계 조건을 입력하는 화면이다. Fig. 3.10은 새창을 띄워 셀을, Fig. 3.11은 헤드를 설계하는 화면이다.

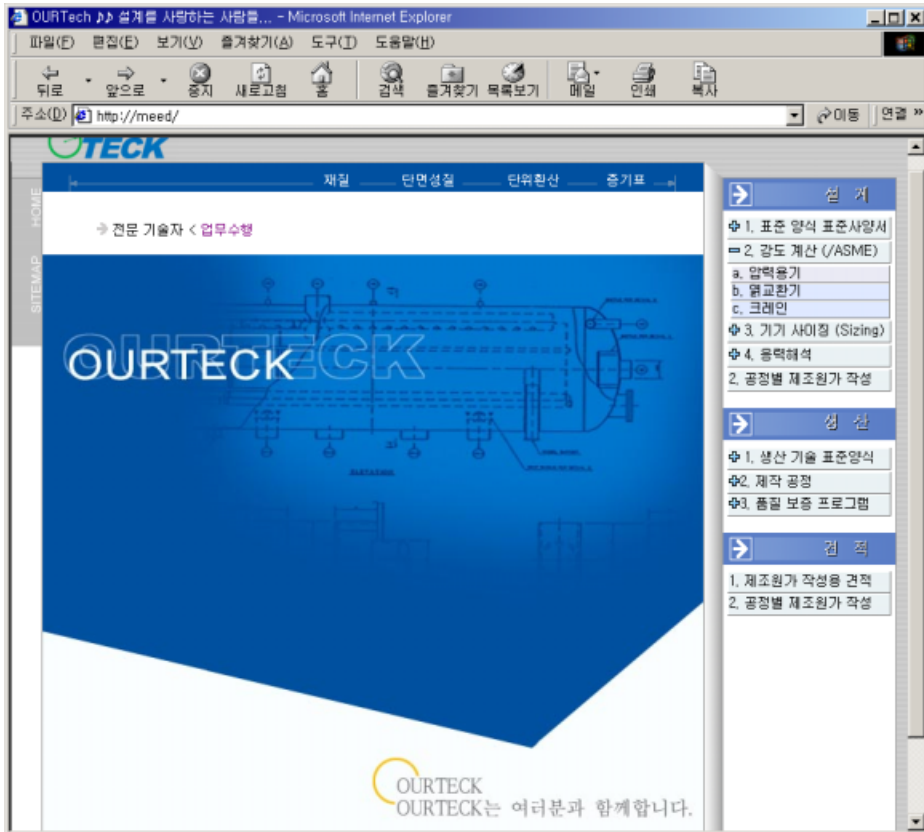


Fig. 3.8 Initial page of the system

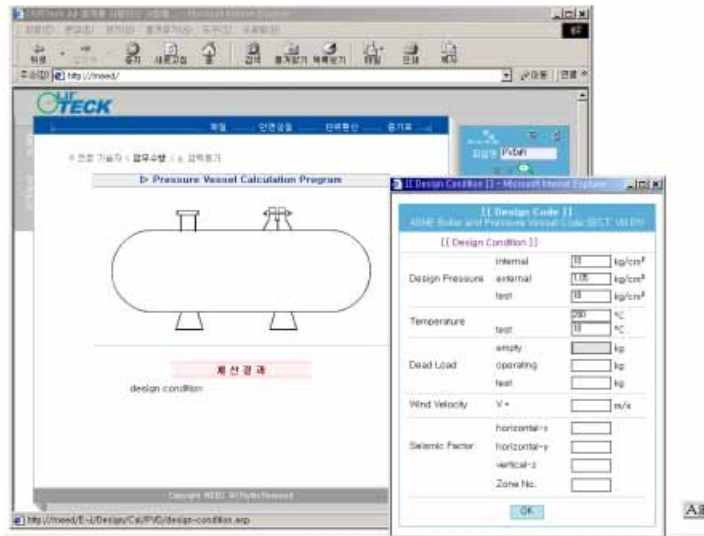


Fig. 3.9 Main page of the pressure vessel design system

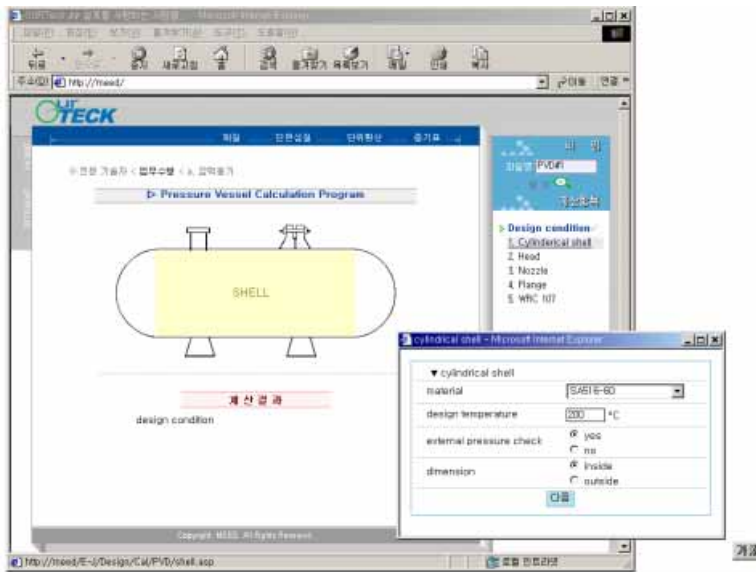


Fig. 3.10 Open window for the shell design

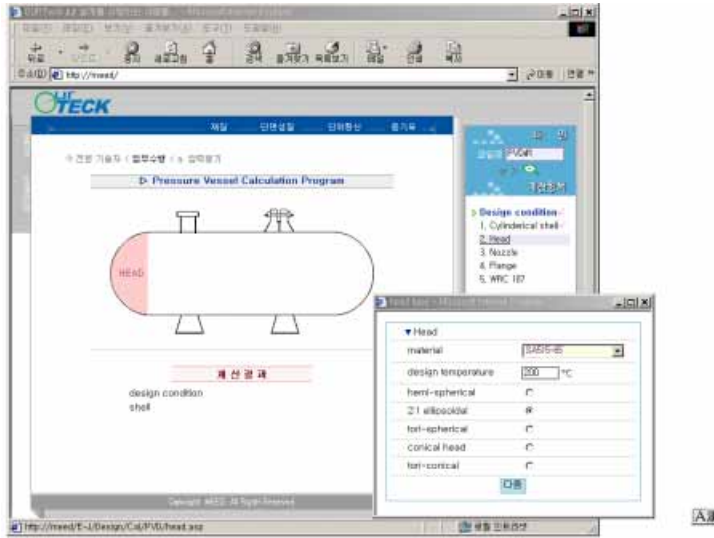


Fig. 3.11 Open window for the head design

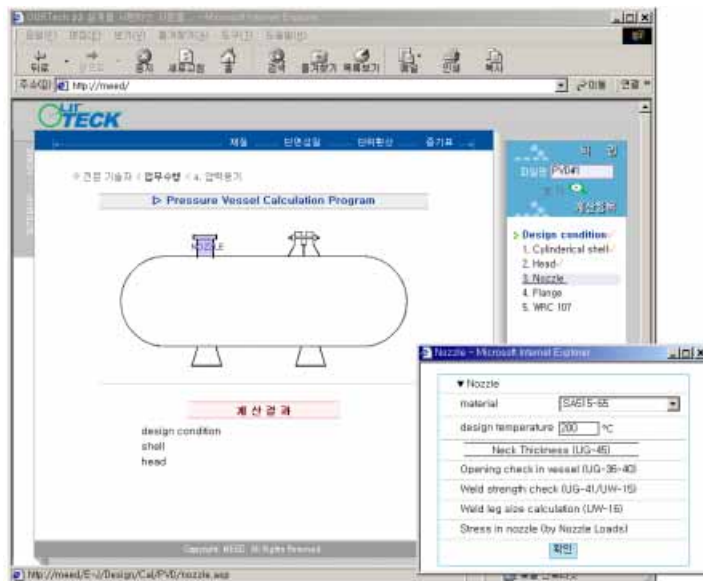


Fig. 3.12 Open window for the nozzle design

Fig. 3.12는 노즐을 설계하는 화면이고, 각각의 새창에서 셸, 헤드, 노즐, 플랜지 설계에 대한 계산이 끝나고 창을 닫으면 그 계산 결과 값들이 메인창으로 넘어오고, 각각의 새창에서 입력했던 값들을 Fig. 3.13에서처럼 메인 창의 계산 결과 난에서 볼 수 있다. 그 계산이 끝나면 전체적인 계산결과를 볼 수 있다.

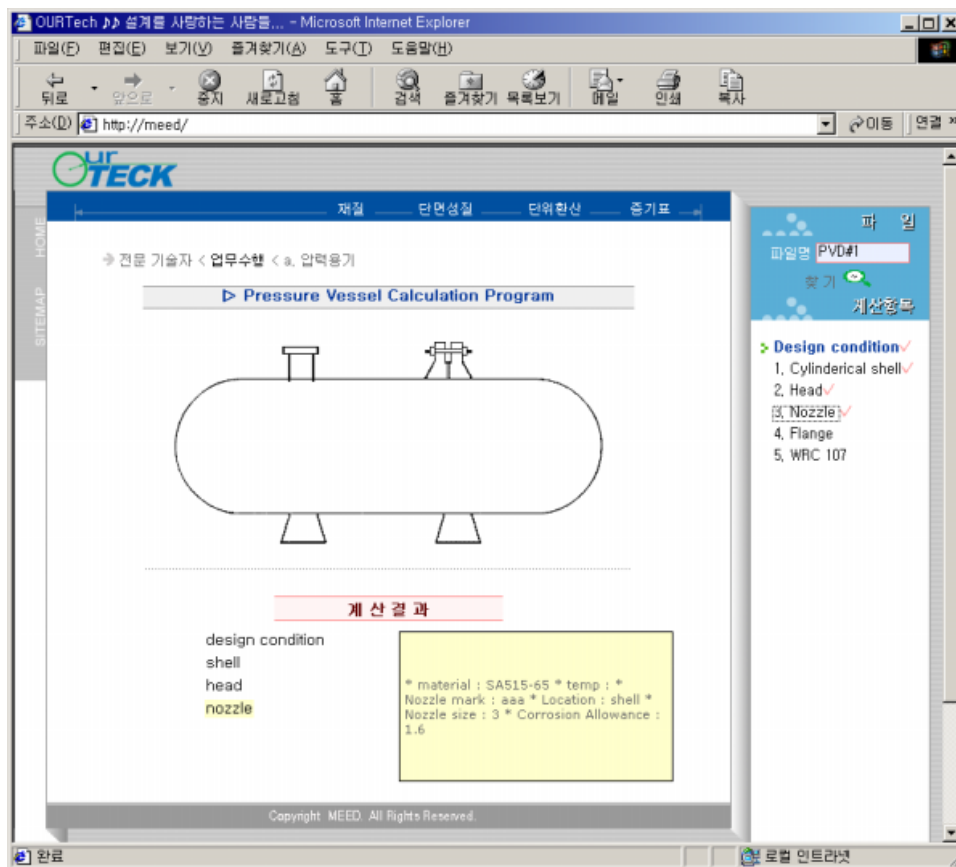


Fig. 3.13 Final window of pressure vessel design

### 3.4 계산 결과

#### 3.4.1 계산 결과 폼 값 전송

새창에서 계산된 결과를 Fig. 3.14 처럼 메인 창에서 받아서 그 결과 값을 다시 전송하여 포맷을 정리하여 계산결과를 보여주었다.

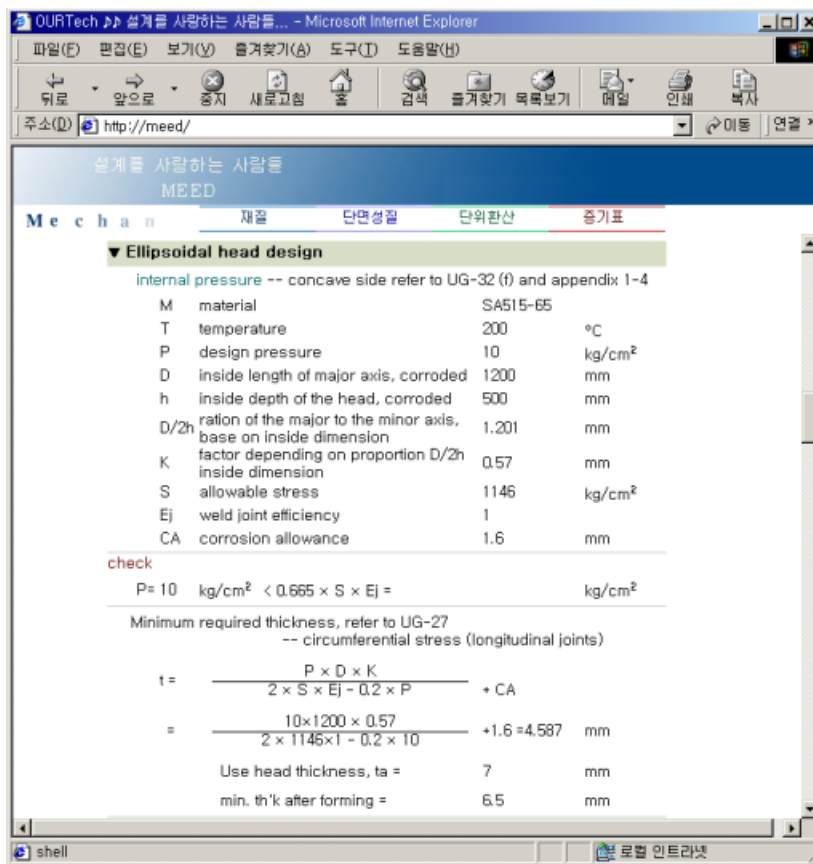


Fig. 3.14 Result of pressure vessel design



### 3.4.2 클라이언트로 워드 파일 전송

Fig. 3.15에서 보듯이 결과 페이지를 MS-워드파일을 생성, 클라이언트로의 전송이 가능하도록 하였다. Fig. 3.16은 클라이언트에서 다운 받은 워드 문서를 나타냈다.

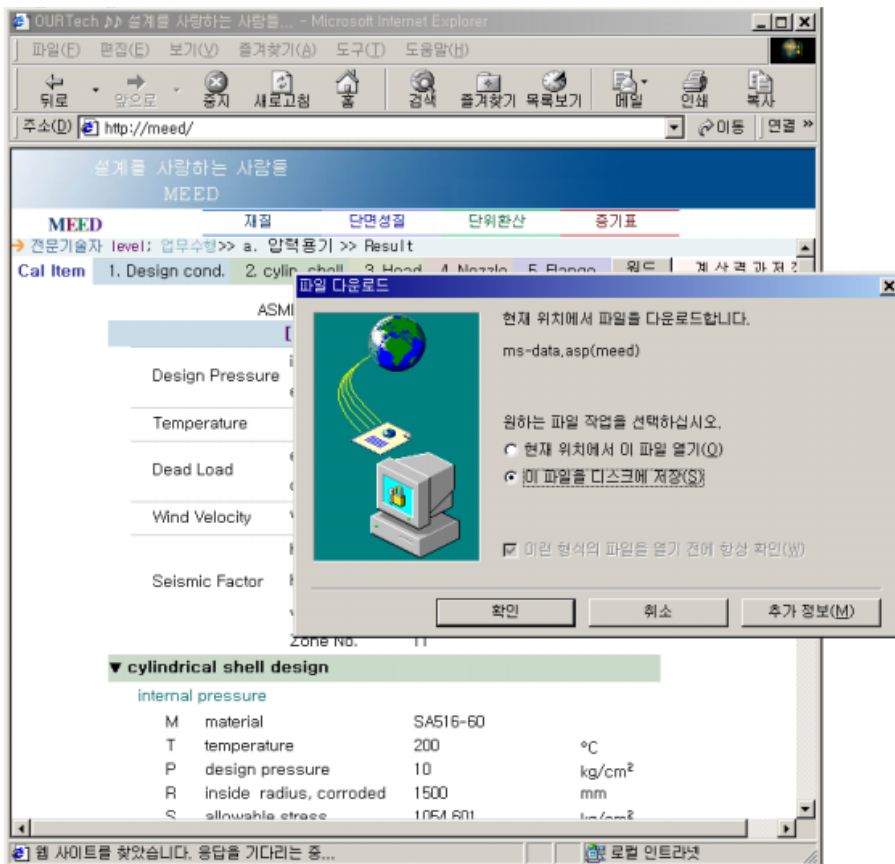


Fig. 3.15 Ms-word file download to client

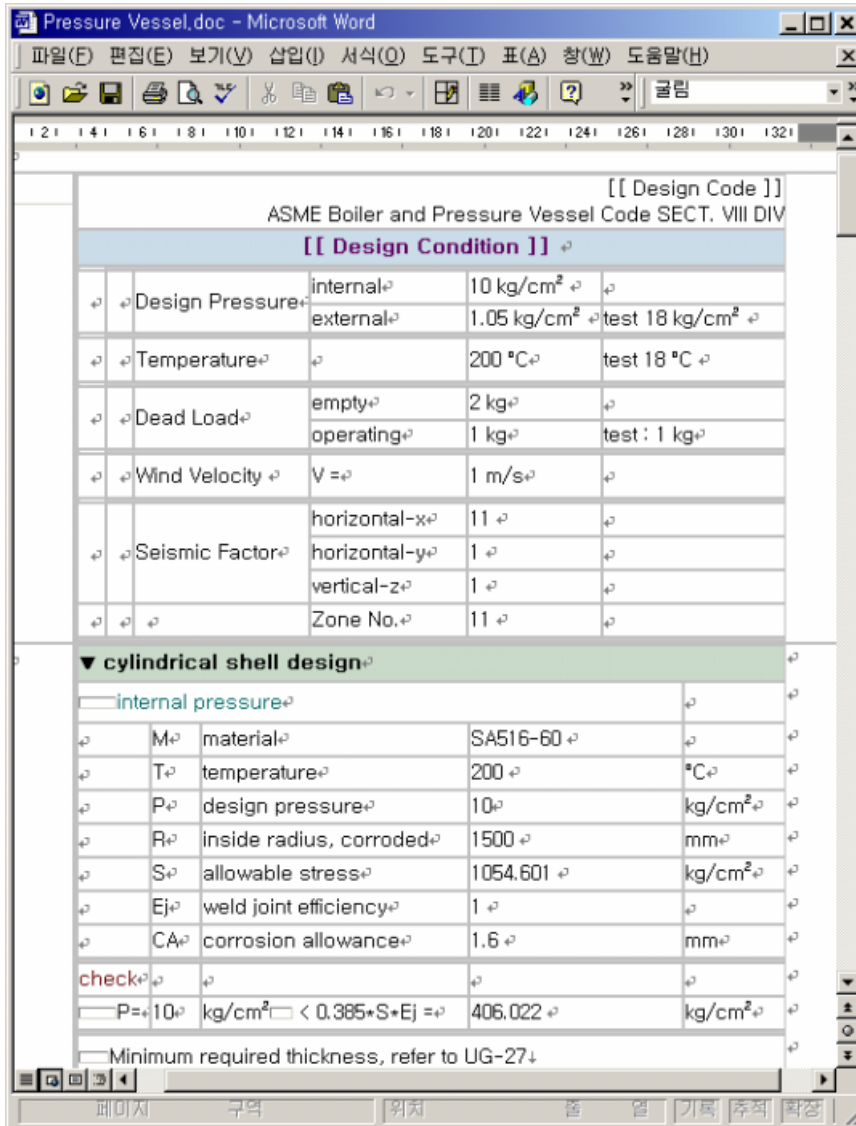


Fig. 3.16 Ms-word file of calculation result

### 3.4.3 계산 결과 데이터베이스에 저장

Fig. 3.17에서 데이터베이스의 테이블을 만들고, 입력 값들을 파일 이름과 날짜로 Fig. 3.18에서 보듯이 데이터베이스에 저장하였다. 계산 결과를 저장하면 Fig. 3.19에서 처럼 MS-SQL에서 저장된 데이터를 볼 수 있다. 저장된 파일은 파일 이름과 날짜로 찾을 수 있도록 하였다.

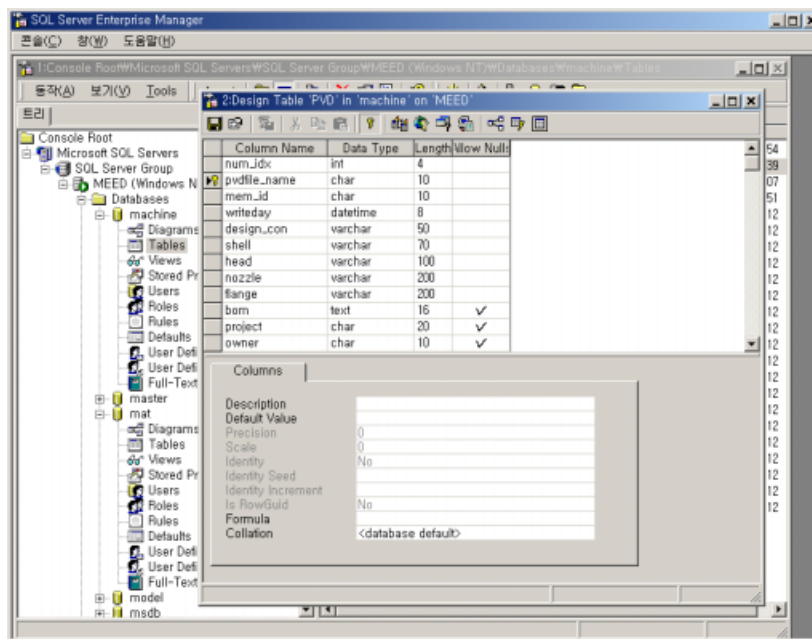


Fig. 3.17 Table design for pressure vessel save file

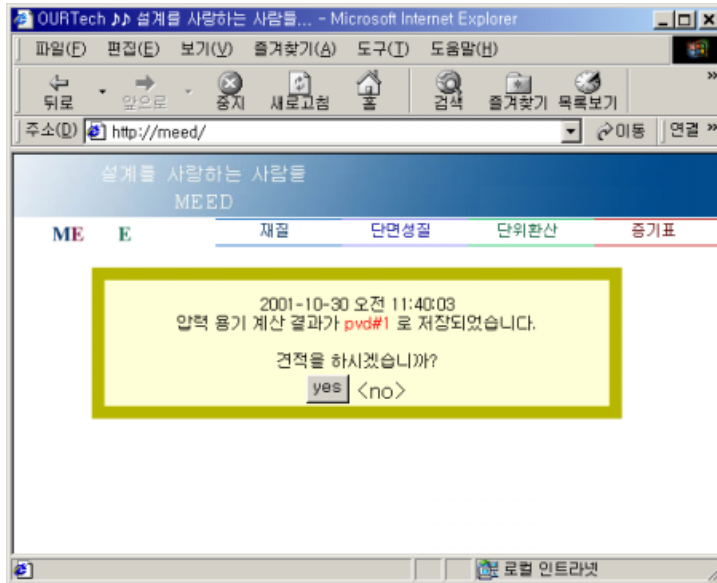


Fig. 3.18 Save to database of pressure vessel file

The screenshot shows a SQL Query Analyzer window displaying a table of pressure vessel data. The table has the following columns: n, profile\_nm, wrteday, design\_con, shell, head, nozzle, and sangsu. The data is as follows:

| n  | profile_nm | wrteday         | design_con      | shell                | head               | nozzle                 | sangsu |
|----|------------|-----------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------------|--------|
| 40 | junjong    | 2001-10-10 2... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 15.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 41 | jonshin    | 2001-10-10 2... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 15.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 42 | sea        | 2001-10-10 2... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 15.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 43 | late       | 2001-10-10 2... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 15.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 44 | mok        | 2001-10-11 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 15.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 45 | mon        | 2001-10-11 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 15.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 46 | 81 hd      | 2001-10-11 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 200.aaa.shell.13...    | 15.20  |
| 47 | 82 hi      | 2001-10-12 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 15.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 48 | 84 ass     | 2001-10-13 2... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 15.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 49 | 85 sun14   | 2001-10-14 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 200.aaa.shell.13...    | 15.20  |
| 50 | 86 sun15   | 2001-10-14 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..20.. | 11.200.aaa.shell.13... | 15.20  |
| 51 | 87 mon15   | 2001-10-15 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 14.200.ellip..15.. | 11.200.aaa.shell.12... | 15.20  |
| 52 | 88 mon15-1 | 2001-10-15 1... | 10.1.05.18.2... | 14.200.yes.inside... | 11.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 53 | 89 mon15-2 | 2001-10-15 1... | 10.1.05.18.2... | 14.200.yes.inside... | 11.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 54 | 90 thue    | 2001-10-16 1... | 10.1.05.18.2... | 14.200.yes.inside... | 11.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 55 | 91 test16  | 2001-10-16 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 10.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 56 | 92 oct     | 2001-10-17 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 10.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 57 | 96 mdkrsj  | 2001-10-18 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 10.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 58 | nlro       | 2001-10-19 2... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 10.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 59 | yabam      | 2001-10-21 0... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 10.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 60 | kiki       | 2001-10-24 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 10.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 61 | ss         | 2001-10-24 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 10.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |
| 62 | making     | 2001-10-25 1... | 10.1.05.18.2... | 13.200.yes.inside... | 10.200.ellip..12.. | 10.200.aaa.shell.11... | 11.20  |

Fig. 3.19 Database of pressure vessel file

## 제 4장 웹 기반의 압력용기 견적

### 4.1 재질 두께 형상별 단위가격 데이터베이스 구축

Fig. 4.1에서 재질의 물성치를 저장할 테이블을 만들고, Fig. 4.2에서 보듯이 플레이트, 파이프, 튜브, 개스킷, 플랜지, 볼트, 너트, 앵글 등 형상과 재질, 두께에 따른 단위 가격과 밀도를 데이터베이스화하였다. 프로그램에서는 두께별, 폭별 값을 구별하여 가중치를 주었다.

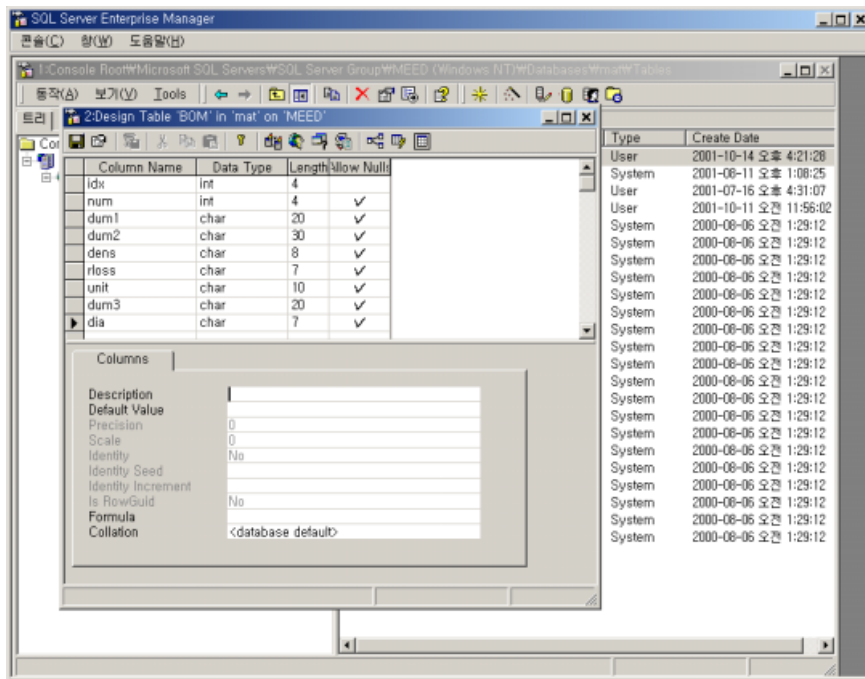


Fig. 4.1 Construction of table for bill of material

SQL Query Analyzer - [Query - MEED.mat.mat\_Id - Unfiled]\*

File Edit Query Tools Window Help

select \* from bom

| idx | num | dum1 | dum2        | dens    | rloss    | unit  | dum3 | dia      |
|-----|-----|------|-------------|---------|----------|-------|------|----------|
| 116 | 116 | 123  | PLATE(ASTM) | A387    | L,ALLOY+ | 7.850 | 1.10 | 0.0      |
| 117 | 117 | 124  | PLATE(ASTM) | A387    | L,ALLOY+ | 7.850 | 1.10 | 0.0      |
| 118 | 118 | 125  | PLATE(ASTM) | A515-55 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 41729.0  |
| 119 | 119 | 126  | PLATE(ASTM) | A515-55 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 69548.0  |
| 120 | 120 | 127  | PLATE(ASTM) | A515-55 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 92730.0  |
| 121 | 121 | 128  | PLATE(ASTM) | A515-60 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 46365.0  |
| 122 | 122 | 129  | PLATE(ASTM) | A515-60 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 74184.0  |
| 123 | 123 | 130  | PLATE(ASTM) | A515-60 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 102003.0 |
| 124 | 124 | 131  | PLATE(ASTM) | A515-65 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 51002.0  |
| 125 | 125 | 132  | PLATE(ASTM) | A515-65 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 78821.0  |
| 126 | 126 | 133  | PLATE(ASTM) | A515-65 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 111276.0 |
| 127 | 127 | 134  | PLATE(ASTM) | A515-70 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 64911.0  |
| 128 | 128 | 135  | PLATE(ASTM) | A515-70 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 102003.0 |
| 129 | 129 | 136  | PLATE(ASTM) | A515-70 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 129822.0 |
| 130 | 130 | 137  | PLATE(ASTM) | A516-55 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 46365.0  |
| 131 | 131 | 138  | PLATE(ASTM) | A516-55 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 74184.0  |
| 132 | 132 | 139  | PLATE(ASTM) | A516-55 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 102003.0 |
| 133 | 133 | 140  | PLATE(ASTM) | A516-60 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 51002.0  |
| 134 | 134 | 141  | PLATE(ASTM) | A516-60 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 78821.0  |
| 135 | 135 | 142  | PLATE(ASTM) | A516-60 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 106640.0 |
| 136 | 136 | 143  | PLATE(ASTM) | A516-65 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 55638.0  |
| 137 | 137 | 144  | PLATE(ASTM) | A516-65 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 83457.0  |
| 138 | 138 | 145  | PLATE(ASTM) | A516-65 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 111276.0 |
| 139 | 139 | 146  | PLATE(ASTM) | A516-70 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 69548.0  |
| 140 | 140 | 147  | PLATE(ASTM) | A516-70 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 97367.0  |
| 141 | 141 | 148  | PLATE(ASTM) | A516-70 | C,S      | 7.850 | 1.10 | 125186.0 |

Grids Messages

Query batch completed. MEED (8.0) mat\_id (51) mat 0:00:01 Grid #1: 2693 rows Ln 5, Col 1

Connections: 1 NUM

Fig. 4.2 Bill of material database

## 4.2 새들 치수 데이터베이스 구축

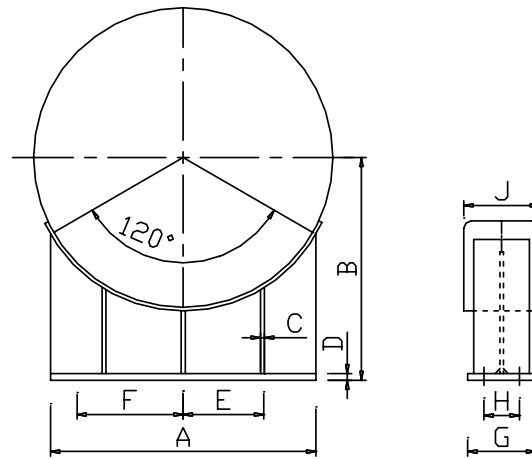


Fig. 4.3 Dimension of saddle

Fig. 4.3과 같이 새들(saddle)의 접촉각도와 지면과의 거리, 쉘의 직경을 알면 새들의 사이즈를 알 수 있기 때문에 그 값들로 새들 치수를 데이터베이스화하였다. Fig. 4.4에서 새들의 데이터를 저장할 테이블을 만들고, Fig. 4.5에서 저장된 새들 치수의 데이터베이스를 나타냈다. 프로그램에서는 새들의 접촉각도, 지면과의 거리등의 입력 값으로 데이터베이스에 저장된 값을 불러와서 입력한 값에 맞게 보간 하여 값을 구하였다.

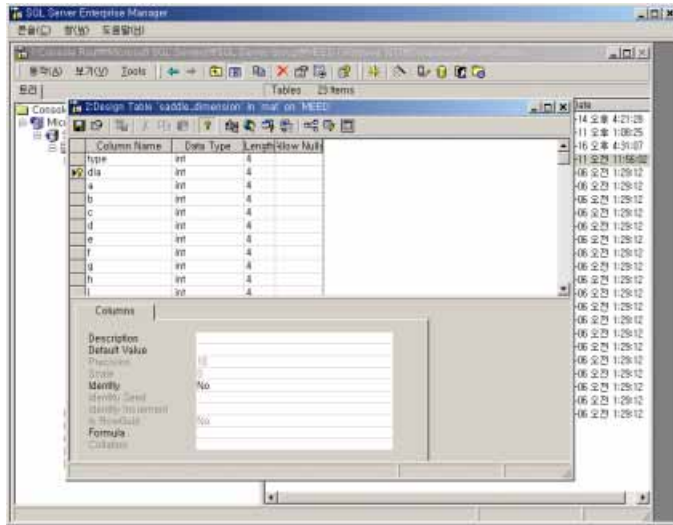


Fig. 4.4 Construction of table for saddle dimension

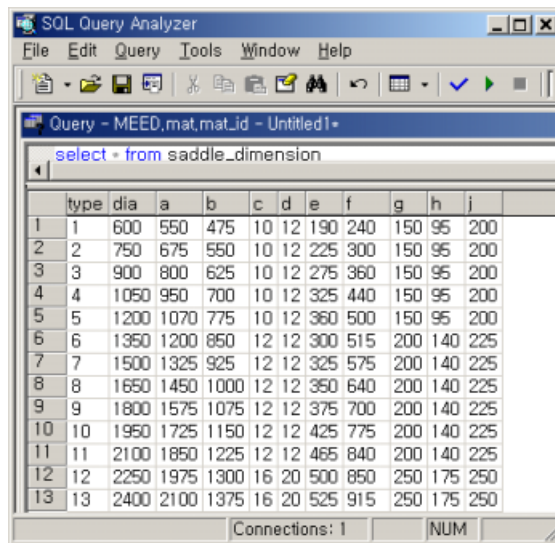


Fig. 4.5 Database for saddle dimension



### 4.3 견적을 위한 입력 폼 구현

먼저 견적을 하기 전에 크기(치수)를 구하는 계산을 먼저 수행하도록 하였고, 계산 결과를 가지고 그 크기에 맞는 값을 불러와서 재료의 견적을 생성, 화면에 나타내준다.

견적을 할 때도 마찬가지로 파일이름과 그 외 프로젝트 이름, 관리자, 등등 견적에 필요한 입력 값을 넣을 수 있도록 하였다.

또한 견적에 필요한 재료들의 단가 역시 일반적인 값을 디폴트(default)로 보여주고 사용자가 원하는 값과 다를 경우 수정 가능토록 하였다.

이 논문에서의 견적 시스템은 인건비와 용접재료비, 열처리비용, RT 검사비, 도장과 포장 재료비, 전 처리비, 포장 주 자재비, 포장 부 자재비, 출하용 크레인 사용료, 수압용 방청재, 경판 외주비, 스탬핑, 국제법규 적용 경비, 플랫폼과 사다리, 보온재 등의 부자재비를 포함하였다.

Fig. 4.6에서 공사명과 담당자, 새들의 높이와 재질 등을 입력하면 Fig. 4.7에서 BOM이 생성되고, Fig. 4.8에서 재질의 중량과 가격이 결정되면서 저장된다. Fig. 4.9와 Fig. 4.10에서 제조원가를 산출하기 위한 자재비를 입력한다.

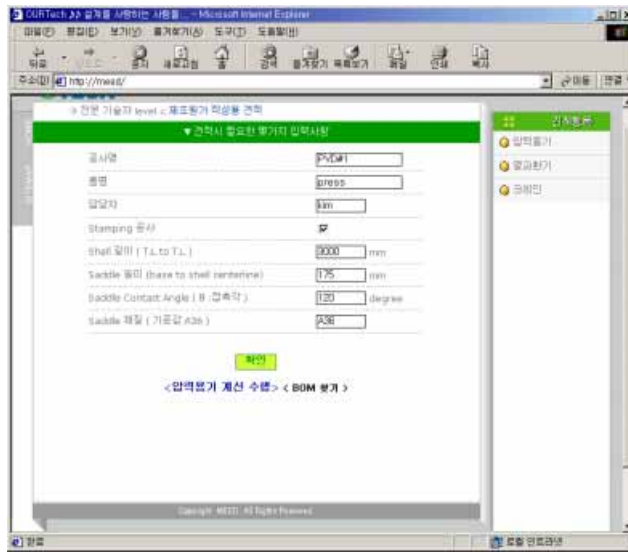


Fig. 4.6 Form of pressure vessel estimation step 1

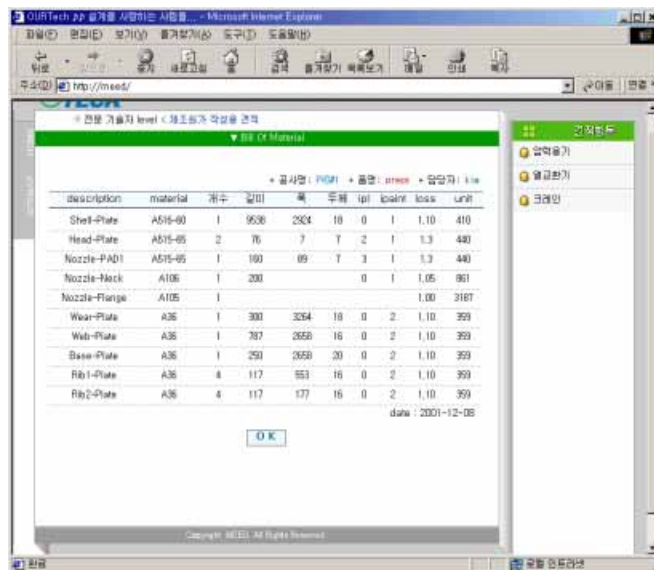


Fig. 4.7 Form of pressure vessel estimation step 2



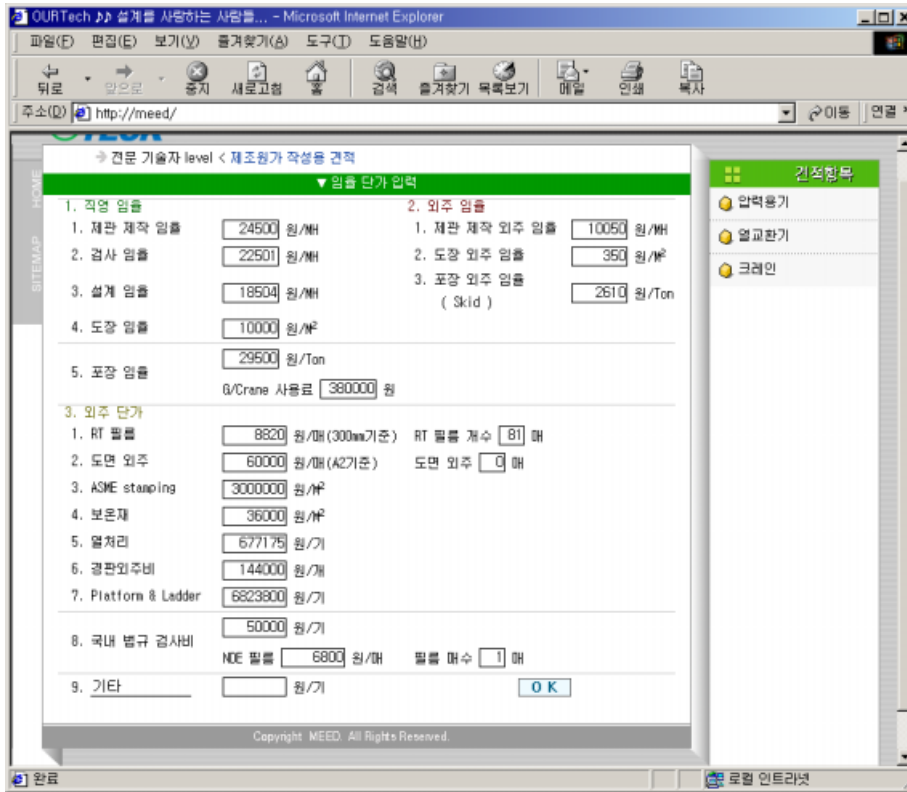


Fig. 4.10 Form of pressure vessel estimation step 5

## 4.4 견적결과

### 4.4.1 견적 결과 상세내역

Fig. 4.11과 같이 견적결과는 여러 가지 가격들을 합한 견적이 집계표 페이지로 보여준다. 견적이 집계표의 특정 집계가를 클릭 했을 때 Fig. 4.12와 같이 그 집계가에 해당하는 상세 내역이 새 창을 띄우면서 나타나게 하였다.

| 구분   | 재료비<br>(자재구매비용) | 노무비<br>(직원인건비) | 경비<br>(외주업체 용역비) | 합계      |
|------|-----------------|----------------|------------------|---------|
| 설계   |                 | ₩4,441         |                  | ₩4,441  |
| 외주   |                 |                | ₩0               | ₩0      |
| 소계   |                 | ₩4,441         | ₩0               | ₩4,441  |
| 구매   | ₩2,169          |                |                  | ₩2,169  |
| 가설자재 | 0               |                |                  | 0       |
| 소계   | ₩2,169          |                |                  | ₩2,169  |
| 제작   |                 | ₩490           |                  | ₩490    |
| 가공   |                 |                |                  | 0       |
| 조립   |                 | ₩383           |                  | ₩383    |
| 검사   |                 | ₩63            |                  | ₩1,574  |
| 도장   | ₩1,511          | ₩63            |                  | ₩579    |
| 포장   | ₩432            | ₩148           |                  | ₩5,362  |
| 사내외주 |                 |                | ₩5,362           | ₩5,362  |
| 조립   |                 |                |                  | 0       |
| 검사   |                 |                | ₩714             | ₩714    |
| 도장   |                 |                | ₩138             | ₩138    |
| 포장   |                 |                | ₩12              | ₩12     |
| 사외외주 |                 |                | ₩10,703          | ₩10,703 |
| 소계   | ₩1,943          | ₩1,083         | ₩16,929          | ₩19,955 |
| 합계   | ₩4,112          | ₩5,524         | ₩16,929          | ₩26,564 |
| 구성비율 | 15.48           | 20.79          | 63.73            | 100     |

Fig. 4.11 Result of pressure vessel estimation

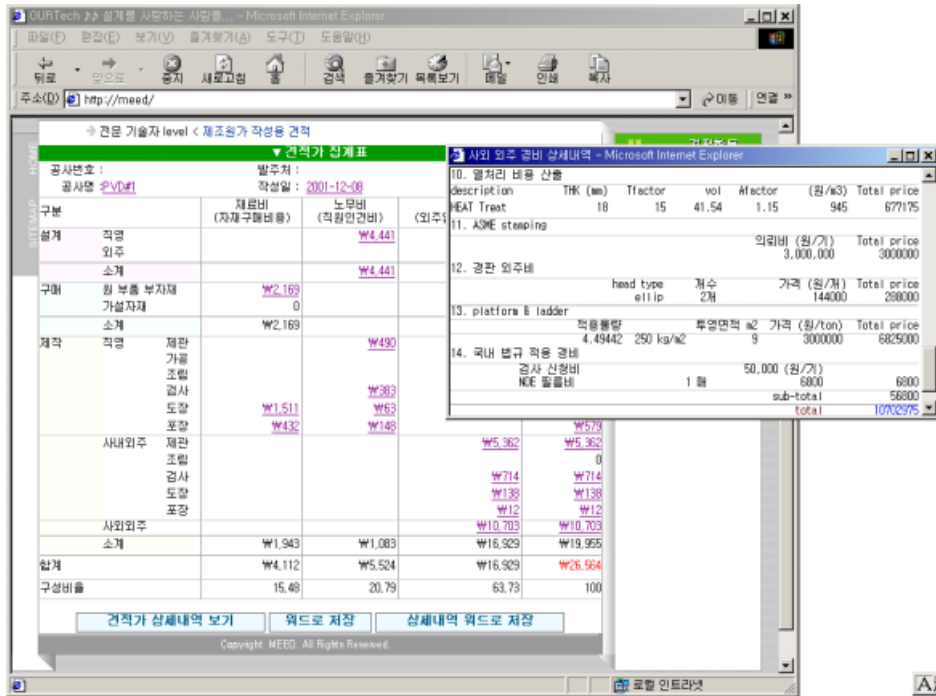


Fig. 4.12 Detail result of pressure vessel estimation

#### 4.4.2 클라이언트로 워드 파일 전송

Fig. 4.13처럼 견적 결과 역시 견적이 집계표와 그 상세내역을 워드파일을 생성, 클라이언트로 저장이 가능하게 하였다.

Fig. 4.14와 Fig. 4.15는 견적 결과 집계표와 견적 결과 상세내역을 클라이언트에서 다운 받은 워드 파일을 나타냈다.

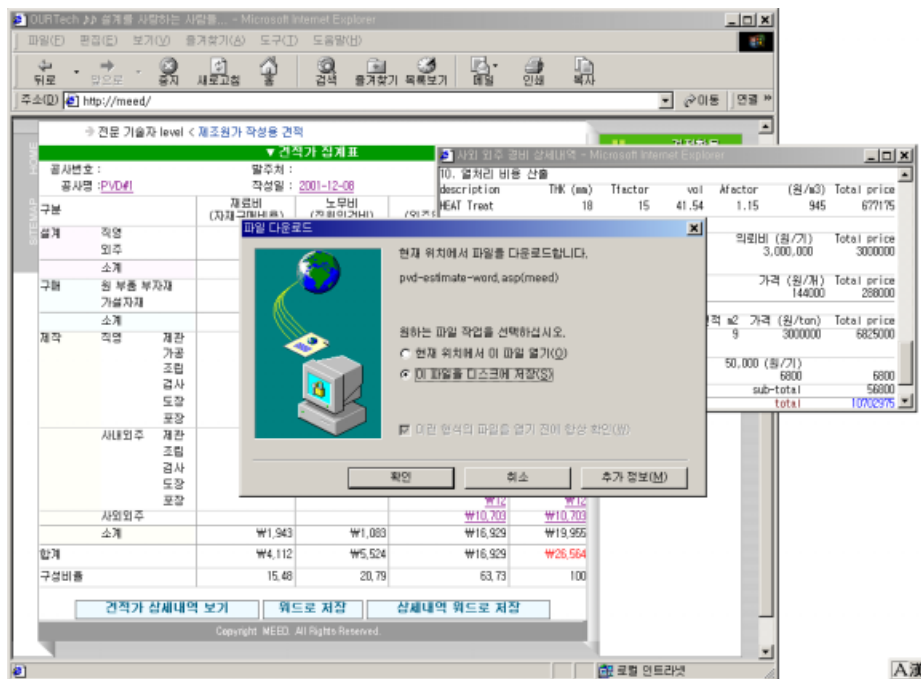


Fig. 4.13 Ms-word file download to client

| 구분   | 구분명      | 단위 | 수량     | 단가      | 합계      |
|------|----------|----|--------|---------|---------|
| 합계   | 직영       |    |        | ₩4,441  | ₩4,441  |
|      | 외주       |    |        | ₩0      | ₩0      |
|      | 소계       |    |        | ₩4,441  | ₩4,441  |
| 구대   | 원 부품 부자재 |    | ₩2,046 |         | ₩2,046  |
|      | 가설자재     |    | 0      |         | 0       |
|      | 소계       |    | ₩2,046 |         | ₩2,046  |
| 재료   | 직영       | 개관 |        | ₩735    | ₩735    |
|      |          | 개공 |        | 0       | 0       |
|      |          | 조립 |        | 0       | 0       |
|      |          | 검사 |        | ₩263    | ₩263    |
|      |          | 도장 | ₩1,511 | ₩63     | ₩1,574  |
|      |          | 모양 | ₩132   | ₩149    | ₩281    |
|      | 사내외주     | 개관 |        | ₩5,261  | ₩5,261  |
|      |          | 조립 |        | 0       | 0       |
|      |          | 검사 |        | ₩0      | ₩0      |
|      |          | 도장 |        | ₩138    | ₩138    |
|      |          | 모양 |        | ₩12     | ₩12     |
|      | 사외외주     |    |        | ₩10,653 | ₩10,653 |
|      | 소계       |    | ₩1,943 | ₩1,328  | ₩16,064 |
|      |          |    |        |         | ₩18,335 |
| 합계   |          |    | ₩3,989 | ₩5,769  | ₩16,064 |
|      |          |    |        |         | ₩25,821 |
| 구장비율 |          |    | 15.45  | 22.34   | 62.21   |
|      |          |    |        |         | 100     |

Fig. 4.14 Ms-word file of estimation summary

| 구분           | 구분명             | 단위               | 수량           | 단가          | 합계          |
|--------------|-----------------|------------------|--------------|-------------|-------------|
| 1. 자재비       |                 |                  |              |             |             |
|              | Plate           | Pipe             | flange       | Total price |             |
|              | 1994724         | 2041             | 3187         |             | 1999952     |
| 2. 용접 재료비 산출 |                 |                  |              |             |             |
| description  | material        | qty (KG)         | unit price   | Total price |             |
| weld rod     | carbon steel    | 176.19           | 700          | 123333      |             |
| weld rod     | stainless steel | 0                | 2990         | 0           |             |
| Flux         | AWS-F72         | 44.05            | 1000         | 44050       |             |
| Wire         | AWS-EH14        | 3.52             | 430          | 1515        |             |
|              |                 |                  | sub-total    | 168898      |             |
|              |                 |                  | total        | 2168890     |             |
| 3. 도장 비용 산출  |                 |                  |              |             |             |
| 3.1 재료비      |                 |                  |              |             |             |
| description  | material        | area (m2)        | Paint (L)    | unit price  | Total price |
| inside       | no              | 0 ( 0 )          | 0            | 0           | 0           |
| outside      | Zinc Primer     | 36.12 ( 1 )      | 12.04        | 9000        | 108360      |
| thinner      |                 | 0 (0) + 9.03 (1) |              | 1500        | 13545       |
|              |                 |                  |              | sub-total   | 121905      |
| 4. 수압용 발청제   | 소요 부피           |                  |              |             |             |
|              | 731             |                  | 1900 ( 원/L ) | 1388900     |             |
|              |                 |                  |              | total       | 1510804     |

Fig. 4.15 Ms-word file of detail estimation result



#### 4.4.3 견적결과 데이터베이스에 저장

Fig. 4.16에서 견적 결과를 저장할 테이블을 만들고, Fig. 4.17에서처럼 견적결과도 마찬가지로 입력한 파일이름과 날짜로 구분하여 견적결과를 데이터베이스에 저장하였다. Fig. 4.18에서 보듯이 저장된 견적결과 역시 이름과 날짜로 찾아볼 수 있도록 하였다.

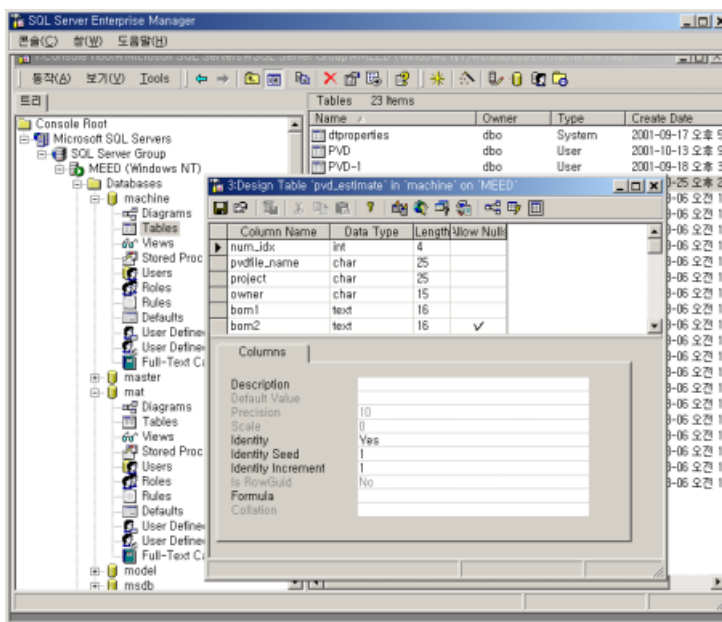


Fig. 4.16 Construction of table for result of estimation

SQL Query Analyzer - [Query - MEED,machine.matId - Untitled1+]

| num_idx | pvdfile_name | project  | owner     | bom1 |                           |
|---------|--------------|----------|-----------|------|---------------------------|
| 1       | 1            | project  | owner     | bom  |                           |
| 2       | 2            | lala     | 압력용기      | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 3       | 7            | hiho     | 압력용기      | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 4       | 12           | lala     | 압력용기      | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 5       | 13           | yabam    | 압력용기0#    | 방생   | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 6       | 14           | home     | 압력용기ab    | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 7       | 19           | esti     | 압력        | 김    | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 8       | 20           | estimate | 압력        | 김남주  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 9       | 30           | lastesti | 압력용기 # 12 | 영구   | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 10      | 42           | wen      | 압력용기      | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 11      | 45           | jsk      | 압력용기      | 김재수  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 12      | 60           | making   | pvd#12a   | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 13      | 63           | making   | pvd#12a   | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 14      | 64           | making   | pvd#12a   | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 15      | 65           | making   | pvd#12a   | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |
| 16      | 66           | making   | pvd#12a   | lee  | 1,Shell-Plate,140,1,9538, |

Query batch completed. MEED (8.0) matId (51) machine 0:00:00 19 rows Ln 1, Col 27  
Connections: 1 NUM

Fig. 4.17 Database of result of estimation

계정인 압력 용기 BOM - Microsoft Internet Explorer

List

| 번호 | 파일명      | 날짜                     |
|----|----------|------------------------|
| 69 | outside  | 2001-10-26 오후 5:12:26  |
| 68 | making   | 2001-10-26 오후 2:45:44  |
| 67 | making   | 2001-10-26 오후 1:39:51  |
| 66 | making   | 2001-10-25 오후 7:53:33  |
| 65 | making   | 2001-10-25 오후 7:37:40  |
| 64 | making   | 2001-10-25 오후 4:52:55  |
| 63 | making   | 2001-10-25 오후 3:21:41  |
| 60 | making   | 2001-10-25 오후 2:34:31  |
| 45 | jsk      | 2001-10-24 오후 7:26:52  |
| 42 | wen      | 2001-10-24 오후 6:35:16  |
| 30 | lastesti | 2001-10-22 오후 12:20:25 |
| 20 | estimate | 2001-10-22 오후 12:20:25 |
| 19 | esti     | 2001-10-22 오후 12:20:25 |
| 14 | home     | 2001-10-22 오후 12:20:25 |
| 13 | yabam    | 2001-10-22 오후 12:20:25 |

다음페이지 1 page / 2 pages

파일명:

날짜: 2001 - - - 2001 - - -

찾기

Fig. 4.18 Search for pressure vessel estimation file

## 제 5장 결론 및 향후 연구 방향

### 5.1 결론

본 연구에서는 웹 프로그램 언어인 자바스크립트와 ASP, MS-SQL 데이터베이스를 연동시킴으로써, 웹 기반에서의 압력용기 설계 및 견적 시스템을 구현하였다.

본 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 언제 어디서나 초보자라도 다른 참고 자료가 없이도 인터넷을 통해서 압력용기를 설계 견적할 수 있다.
2. 공학용 계산 프로그램인 포트란이나 비주얼베이직, C 언어 등 다른 컴파일된 프로그램이 없이 웹 브라우저만 있으면 공학적 계산은 물론 GUI (Graphical user interface)의 편리함도 제공받을 수 있다.
3. 데이터베이스에서 제공하는 가격들은 입력 폼 안에 보여주기 때문에 본인의 요구와 틀릴 경우 값을 변경할 수가 있어 견적자의 요구에 더욱 맞는 견적시스템이 가능하다.
4. 데이터베이스(database)를 최신의 자료나 ASME Section VIII, Division1 코드로 업데이트 하여 요구되는 정보를 신속하고 정확하게 제공, 보다 더 정확한 자료로 설계, 견적할 수 있다.
5. ASME Section VIII, Division 1 코드를 적용하였으며, 그 결과는 수 계산과 기존의 계산 프로그램의 결과와 동일하므로 설계과정의 신뢰성을 확인하였다.

## 5.2 향후 연구 방향

많은 웹사이트들이 새로 생겨나고 없어지고 있다. 본 연구에서의 시스템은 단순한 압력용기의 경우만을 고려한 것이므로 앞으로 그 확장성을 고려해야 할 것이다. 더 나아가 압력용기 뿐만이 아니라 다른 기계장치 또한 웹에서의 설계 활용을 고려하고 있다. 또한 웹 사용자들의 의견을 수렴하여 더욱 편리한 사용자 인터페이스를 제공하며, 도움말을 이용하여 초보자라도 쉽게 설계, 견적을 할 수 있는 시스템을 기대한다.

인터넷의 장점을 충분히 살려 각각의 분야의 전문가들의 의견 교환 또한 활용하여 공학적 설계의 지식들을 습득할 수 있을 것으로 보이며 앞으로 더 많은 웹에서의 공학적 설계를 위한 연구가 있을 것으로 기대한다.

#### 참고문헌

1. 데이비드 시걸, E-고객 시대의 웹 경영, 더난 출판사, 2000
2. 강대우, 인터넷 기반의 공작기계 원격 고장 진단 시스템 구축에 관한 연구, 성균관대 석사학위논문, 1998
3. 정광식, 웹 기반 가상공작 기계 구현에 관한 연구, 포항공대 석사학위 논문, 1999
4. 안규환, 웹을 이용한 견적정보 데이터 베이스의 활용방안에 관한 연구, 한양대 석사학위 논문, 1999
5. 안준영, 웹 기반 환경에서 기어장치 설계 정보의 표현, 한양대 석사학위 논문, 2000
6. 최태림, 인터넷 기반의 캐속조형장비 개발, 연세대 논문, 2001
7. Paul Buthod, Pressure Vessel Handbook, van nostrand reinhold, 1981
8. Henry H. Bendnar, P.E., pressure vessel design handbook, Krieger,
9. J. Spence and A.S. Tooth, Pressure Vessel Design concepts and principles, E & F N Spon, 1994
10. Robert Chuse and Bryce E. Carson, Pressure Vessels The ASME Code Simplified, 1993
11. 낙합안태랑, 壓力容器, 機電研究士(기전연구소), 1980
12. 신철우, (신철우의) Windows 2000 server, 영진닷컴, 2000
13. 박재홍, Windows 2000 Professional + IIS 5 Start, 디지털북스, 2000
14. 김명환, 예제로 따라하는 자바스크립트, 삼양출판사, 2000
15. 김태영, Taeyo's ASP, 삼양출판사, 1999

16. 우철웅, SQL Server 2000 Programming, 영진닷컴, 2000
17. Rebecca M. Riordan, SQL Server 2000 Programming Step by Step, 정보문화사, 2001
18. <http://www.sipecs.org>