
 論 文

大韓造船學會論文集
 第 34 卷 第 3 號 1997 年 8 月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 34, No. 3, August 1997

선박 판부재의 개선된 좌굴평가 시스템의 개발

함주혁*, 김을년**

The Development of Advanced Buckling Strength Estimation System

by

J.H. Ham* and U.N. Kim**

요 약

일반적으로 선박 판부재의 좌굴강도에 대한 안전성 평가는 선체구조 설계단계에서 반드시 거쳐야 할 단계로 한 척의 배는 수많은 판부재로 구성되어 선박구조 전체에 대한 이론적이며 체계적인 시스템을 이용한 좌굴강도평가의 정확도 및 효율성이 강조되고 있다.

그러나 현재의 판부재 좌굴강도를 평가하는 각 선급의 규정치가 많은 영향인자를 고려치 않고 있거나 함축적으로 고려하고 있기 때문에 경우에 따라서는 좌굴강도가 상당한 안전축의 값을 제시하는 등 실제 선급규정치의 사용에 제약을 주기도 한다.

따라서 본 연구에서는 면내인장력의 영향등 선급들의 좌굴 규정치뿐만이 아니라 면내인장력의 효과, 경계조건, 횡하중 및 잔류응력등을 고려하면서 손쉽게 좌굴평가를 수행할 수 있는 선진 좌굴평가시스템을 개발하였다.

이들 선진 좌굴평가시스템을 이용하면 선박판부재의 보다 정도 높고 효율적인 평가가 가능하리라 생각되며 앞으로 대중적인 사용을 위해 워크스테이션 외에도 개인용 컴퓨터에서의 시스템 구축을 계획하고 있다.

Abstract

Generally, a safety estimation based on the buckling strength is carried out to evaluate the strength of plate members in the design process of ship hull structures and more accurate and efficient tool for the buckling strength estimation of enormous plate members of ship structure is naturally demanded for saving design process.

발 표 : 1996년도 대한조선학회 추계연구발표회('96. 11. 8)

접수일자 : 1996년 12월 27일, 재접수일자 : 1997년 5월 2일

* 정회원, 한라공과대학교 조선공학과

**정회원, 현대중공업(주) 선박해양연구소

While, in the reason that the design codes of classification societies do not consider the various effects or include some effects roughly, considerable safe side results are suggested occasionally.

In this study, advanced buckling strength estimation system prepared various classification buckling evaluation codes and new evaluation code considering the effects of in-plane tension, plate boundary condition, lateral load & residual stress is developed using the window management system of engineering workstation. Additionally maximum deflection estimation formula is equipped for the increase of fabrication reliability of thin plate ship structure.

From this evaluation system, more reliable buckling safety of plate panel will be guaranteed in the ship hull design stage. In order to expand the use of this system pc version system will be developed sooner or later.

1. 서 론

선체의 기본 구성부재인 판부재에 대한 치수 결정은 횡방향 하중을 받는 경우 하중상태, 보강재 간격, 강재 인장강도 등에 따른 수정계수, 보강재의 스펠 등에 의해 그리고 횡방향 하중을 받지 않는 경우 유한요소 해석에 의한 면내 등가응력의 허용응력을 기준으로 하여 기본적인 판부재 치수가 결정된다. 또한 이러한 등가의 정적하중과 더불어 판부재의 좌굴강도를 기준으로 한 구조안전성을 평가하는 것은 선박 설계시 필수 불가결한 점검 항목이다.

그러나 기존 선급들의 좌굴강도 평가식들[1-3]은 판부재에 대한 면내 압축력과 전단력을 중심으로 평가되고 있으며 횡하중의 영향도 부분적으로 고려되고 있으나 그 폭 넓은 활용성에 아직 제약적이거나 보수적이다. 따라서 최근에 횡하중과 잔류응력 그리고 초기처짐의 영향을 고려하고 면내 인장력에 의한 영향까지 고려한 고정도의 좌굴식[4-7] 및 최대처짐 예측식[8]들이 연구되었고 수많은 판부재로 구성된 선박구조에 선급 규정식만이 아니라 이들 개발식들의 효율적인 사용을 위해 관련식들을 통합적으로 잘 활용할 수 있는 선진 평가시스템의 개발이 요구되어 이를 구축하여 보

았다.

먼저, 시스템에 탑재된 좌굴 관련식들을 살펴보고 워크스테이션 상에 구축된 시스템의 개요를 소개한다.

2. 판부재의 좌굴관련 간이식

선박 판부재의 좌굴강도 및 이의 거동을 추정하기 위한 연구활동이 수행되었고[4-8] 설계 단계에서 사용이 용이하고 정확성 있는 간략화된 공식이 필요하다. 이를 위해 개발되어 본 시스템에 장착시킨 간이추정법들을 나열하여 보았다.

본 내용에서 거론되는 보강재로 둘러싸인 판부재는 면내 인장력, 압축력, 횡압력 그리고 전단력이 조합하여 작용하는 평판에 대한 경우로 판의 종횡비(Asspect Ratio, $\alpha=a/b$)는 1보다 크며, 판의 양끝단이 직선을 유지한다고 가정하였다. 또한 본 연구에서는 압축을 양(+)으로 인장을 음(-)으로 정의하였다.

2.1 각 선급협회 판부재 좌굴규정식

미국, 영국 그리고 노르웨이 등의 기본 좌굴규정식들[1-3]을 준비하여 일반적인 선박 설계시에 적용할 수 있게 하였다.

2.2 복합하중하의 새로운 판의 좌굴설계 공식

단부에서의 지지구조의 회전 구속영향을 고려한 복합하중에서의 판좌굴 설계공식의 최종표현은 다음과 같이 된다. 여기서 조합하중간의 좌굴상관은 참고문헌[4.5]에 언급한 것과 같다고 가정한다.

$$\Gamma_B = \left[\frac{\sigma_x + \sigma_{rex}}{\sigma_{xcr} \cdot R_{sx}} \right]^{\alpha_1} + \left[\frac{\sigma_y + \sigma_{rey}}{\sigma_{ycr} \cdot R_{sy}} \right]^{\alpha_2} \quad (2.1)$$

$$- \eta_a \leq 0$$

여기서,

η_a : 좌굴에 관한 안전계수(1.0으로 잡는다)

σ_x, σ_y : x,y방향으로 작용하는 압축응력(인장 응력 작용시는 0으로 취급)

$\sigma_{rex}, \sigma_{rey}$: x,y방향의 등가 압축 잔류응력[참고 문헌4]

$\sigma_{xcr}, \sigma_{ycr}$: x,y방향으로 축압축에 대한 임계 좌굴응력으로 이는 소성 수정인자에 의해 수정됨

$$R_{sx} = 1.0 - (\tau/\tau_{cr})^{\alpha_3}$$

$$R_{sy} = 1.0 - (\tau/\tau_{cy})^{\alpha_4}$$

τ : 작용 단부 전단응력

τ_{cr} : 소성수정에 의해 수정되는 단부 전단에 대한 임계 좌굴응력[참고문헌 5]

$\alpha_1 - \alpha_4$: 판의 가로-세로비(=a/b)와 판의 세장비(=b/t $\sqrt{\sigma_E/E}$)에 의해 결정되는 상수[참고문헌5]

식(2.1)의 적용에 앞서, 가로-세로비는 길이방향의 변(=a)을 x방향으로 하였기에, 항상 1보다 크다. 연속 보강판 부재의 좌굴을 계산할 때는 보강재에 대한 비틀림 강성이 보강판 부재 단독에 대한 계산시 값의 반 만큼만 작용된다고 생각한다.

그 이유는 지지구조는 두 인접판의 하나에 대한 회전구속의 반이 기여하기 때문이다.

압축력과 동시에 횡수압을 받는 직사각형판의 거동으로부터 하중-처짐 곡선의 극소치를 나타내는 점을 탄성 좌굴강도를 정의하고[4] 이 추정 결과를 바탕으로 주변 단순지지판의 압축 좌굴강도에 대한 횡수압의 영향은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\sigma_{xcr*} = R_{qx} \cdot \sigma_{xcr} \quad (2.2)$$

여기서,

σ_{xcr*} = 횡수압과 x방향으로 압축력이 동시에 작용할 때의 좌굴응력

σ_{xcr} = 횡수압이 작용하지 않을 때의 x방향 임계 압축 좌굴응력

R_{qx} = x방향의 횡수압의 영향을 나타내는 파라메타

$$= 1 - 0.056Q \quad \text{for } 1 \leq a/b < \sqrt{2}$$

$$= (1 + \alpha'Q)^{1/2} \quad \text{for } \sqrt{2} \leq a/b$$

$$\alpha' = 0.025(a/b)^2 - 0.155(a/b) + 0.360$$

$$\quad \text{for } \sqrt{2} \leq a/b < 4$$

$$= 0.14 \quad \text{for } 4 \leq a/b$$

$$Q = qb^4/Et^4$$

q = 횡하중

탄소성 대변형 유한요소 해석결과를 바탕으로 도출된 판의 소성 수정식으로 다음을 이용하였다 [5].

$$\sigma_{cr} = \sigma_E \quad \text{for } \sigma_E/\sigma_0 < 0.5$$

$$= \sigma_0 \{ -0.0847(\sigma_E/\sigma_0)^4 + 0.5857(\sigma_E/\sigma_0)^3 \quad (2.3)$$

$$- 1.5631(\sigma_E/\sigma_0)^2 + 2.0784(\sigma_E/\sigma_0) - 0.2164 \}$$

$$\quad \text{for } 0.5 \leq \sigma_E/\sigma_0 < 1.9$$

$$= \sigma_0 \quad \text{for } 1.9 \leq \sigma_E/\sigma_0$$

여기서,

σ_{cr} = 일축압축력이 작용할 때의 임계좌굴응력 (x혹은 y방향 각각에 따라 σ_{xcr} 혹은 σ_{ycr})

σ_E = 일축 압축력이 작용할 때의 Euler 탄성좌굴 응력(x혹은 y방향 각각에 따라 σ_{xE} 혹은 σ_{yE})

σ_0 = 항복응력

이들 복잡한 식에서 면내 축력성분만을 생각하고 횡하중 등의 영향은 임계 좌굴치에 영향을 주는 것으로 생각하였다. 여기서 임계좌굴응력이란 실제 선박의 판부재는 미소 초기처짐이 존재하여 명확한 좌굴점이 존재하지 않으므로 p-w²법을 사용하여 정의한 좌굴점의 응력을 의미한다.

2.3 면내인장력을 고려한 좌굴강도 평가식

2.3.1 균일 압축력과 인장력이 작용하는 경우의 좌굴강도식의 도출

2축 면내력이 판부재에 작용하는 경우 판부재의 탄성좌굴강도는 종횡비 및 하중성분비에 따라 달라지며 이 경우, 판의 탄성 대처짐 거동을 지배하는 미분방정식을 직접 풀어서 정해를 구할 수 있다. 길이 방향을 x, 폭 방향을 y축으로 취하고 종횡비가 1보다 큰 경우에 대하여 주변 단순지지의 경계조건을 만족하는 처짐식 형태를 적절히 취해 가정하고 판의 대처짐 거동을 지배하는 평형방정식과 적합조건식을 풀면 응력함수 F가 구해지고 이에 Galerkin법을 적용하여 다음과 같은 이론적 탄성좌굴 상관관계식을 유도할 수 있다[4].

$$\left[\frac{m_0 b}{a} + \frac{a}{m_0 b} \right]^2 \frac{m^2 a^2 b^2}{(a^2 + m^2 b^2)^2} \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xE}} \right) + \left[1 + \frac{b^2}{a^2} \right]^2 \cdot \frac{a^4}{(a^2 + m^2 b^2)^2} \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{yE}} \right) = 1 \quad (2.4)$$

여기서,

m_0 : 길이 방향 단독 면내압축력 작용시의 판부재 좌굴반파장수

m : 길이와 폭방향으로 면내압축력 작용시 판부재 길이방향의 좌굴 반파장수

σ_{xE} : 길이 방향의 압축력만에 의한 탄성 좌굴응력

σ_{yE} : 폭 방향의 압축력만에 의한 탄성 좌굴응력

식(2.4)는 탄성 좌굴강도 상관관계의 정해를 제

공하는 식이지만 설계자가 좌굴 반파장 수 m의 계산 시 반복연산을 수행해야 하고 식도 다소 복잡하여 사용상 불편한 면이 있다. 이 문제를 해소하기 위하여 판의 하중상태와 종횡비에 대하여 시리즈 계산을 수행하고 이로 부터 간이식을 유도하였다.

식(2.4)를 길이방향으로 면내 압축력, 폭방향으로 면내 인장력이 작용하는 2축하중 상태에 대하여 다음과 같이 탄성좌굴 간이식을 종횡비($a=b$)의 함수로 유도하였다.

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xE}} \right)^2 + \alpha_1 \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{yE}} \right) = 1 \quad (2.5)$$

여기서,

$$\alpha_1 = 0.09 \alpha^{-1.47} - 0.58 \quad \text{---} \quad 1 \leq \alpha \leq \sqrt{2}$$

$$= 0.61 \alpha^{+0.54} + 0.38 \quad \text{----} \quad \alpha > \sqrt{2}$$

상기의 α_1 '는 각 α 구간에서 구획별 회귀분석 결과를 이용하여 도출된 것으로 구간 경계역에서의 값을 일치시키지 않은 상태에서 제시된 값을 사용하였다. 경계역 부근에서의 보다 합리적 추정을 위한 추가적인 작업은 추후 고려할 계획이다. 한편 길이방향으로 인장력, 폭방향으로 압축력이 작용하는 2축하중 상태에 대하여 다음과 같이 간이식을 유도하였다.

$$\alpha_2 \left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xE}} \right) + \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{yE}} \right) = 1 \quad (2.6)$$

여기서, $\alpha_2 = 0.6 \alpha^{-1}$

2.3.2 균일 인장력과 전단력이 작용하는 경우의 좌굴강도식의 도출

전단력과 종방향으로의 면내인장력이 작용하는 경우, 탄성 좌굴상관관계는 참고문헌[9]에서 제시하는 하중비, 판의 종횡비 그리고 전단좌굴계수와 의 곡선을 기초로 다음과 같이 간이식을 도출하였다.

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xE}}\right) + \alpha_3 \left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_E}\right)^{\alpha_4} = 1 \quad (2.7)$$

여기서, $\alpha_3 = 0.004\alpha^2 + 0.008\alpha + 1.009$

$\alpha_4 = 0.01\alpha + 1.81$

τ_E : 단독 전단력만에 의한 탄성좌굴응력

또한 횡방향으로의 면내 인장력과 전단력간의 탄성 좌굴 상관관계 간이식은 다음과 같이 도출하였다.

$$\left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{yE}}\right) + \left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_E}\right)^{\alpha_5} = 1 \quad (2.8)$$

여기서,

$\alpha_5 = -0.194\alpha^2 + 1.314\alpha + 0.746$

윗 식들은 면내 인장력과 전단력이 작용할 때 관부재에 대한 좌굴강도 평가와 판의 치수 결정이 용이하며 이론식 또는 참고문헌[9]의 곡선과 비교적 잘 일치하도록 유도되었다.

두꺼운 판은 하중의 증가와 함께 국부적으로 소성화하고, 그 결과 굽힘강성이 저하하여 외부하중이 고유의 탄성 좌굴강도치에 도달하기 전에 좌굴이 발생하는 소위 탄소성 좌굴이 일어난다. 이러한 경우, 탄소성 좌굴효과를 근사적으로 고려해주는 소성 수정식을 이용한다.

본 연구에서는 Ueda[10]식과 개발식은 참고문헌[5]에서 제시하고 있는 소성수정식을 사용하였으며 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sigma_{cr} &= \sigma_E \text{ ----- for } \sigma_E/\sigma_o < 0.5 \quad (2.9) \\ &= \sigma_o [-0.0847(\sigma_E/\sigma_o)^4 + 0.5857(\sigma_E/\sigma_o)^3 \\ &\quad - 1.5631(\sigma_E/\sigma_o)^2 + 2.0784(\sigma_E/\sigma_o) \\ &\quad - 0.2164] \\ &\text{----- for } 0.5 \leq \sigma_E/\sigma_o < 1.9 \end{aligned}$$

$= \sigma_E \text{ ----- for } 1.9 \leq \sigma_E/\sigma_o$

$\tau_{cr} = \tau_E \text{ ----- for } \tau_E/\tau_o < 0.5 \quad (2.10)$

$= \tau_o [-0.0847(\tau_E/\tau_o)^4 + 0.5857(\tau_E/\tau_o)^3 \\ - 1.5631(\tau_E/\tau_o)^2 + 2.0784(\tau_E/\tau_o) \\ - 0.2164]$

$\text{----- for } 0.5 \leq \tau_E/\tau_o < 1.9$

$= \tau_E \text{ ----- for } 1.9 \leq \tau_E/\tau_o$

여기서,

σ_{cr}, τ_{cr} : 각각 1축 압축력 또는 전단력이 단독으로 작용할 때의 임계 좌굴 응력

σ_E, τ_E : 각각 1축 압축력 또는 전단력이 단독으로 작용할 때의 오일러 탄성 좌굴 응력

σ_o : 재료의 항복응력

$\tau_o = \sigma_o/\sqrt{3}$

2.4 양축 면내응력에 대한 최대처짐 추정식

작용하중에 대한 처짐거동을 복합하중을 받는 경우에 대해 시리즈해석을 한 결과의 거동을 기초로 다음과 같은 양축면내응력에 대한 최대처짐 추정식이 제시되었다.

참고문헌 [8]에서 개발한 일반성있고 정교한 새로운 좌굴평가식내부에 본 최대처짐추정식을 적용하여 초기처짐과 잔류응력의 효과를 고려할 수 있도록 프로그래밍하였다. 즉 초기처짐의 효과는 실제 판의 초기처짐 양상이 매우 복잡하기 때문에 이 값의 설정에 따라 최종 최대처짐값은 판의 치수, 초기처짐의 크기의 변화에 따라 현격한 값의 변화를 보여주나 작용하중에 의한 고유의 처짐과 형을 초기처짐 형상으로 가정하면 비교적 안전측의 평가가 가능하다. 또한 잔류응력의 경우는 유효 압축 잔류응력이 초기응력으로 관부재에 존재한다고 가정하여 평가한다. 여기서 유효 압축 잔류응력은 압축 잔류응력을 판 폭 또는 길이에 걸쳐 균일하게 분포시킨 응력을 의미한다.

$$w = \{ a_1 f(\sigma_x, \sigma_y) + a_2 \sqrt{f(\sigma_x, \sigma_y)} + a_3 \} t \quad (2.11)$$

여기서,

$f(\sigma_x, \sigma_y) \leq f_1$ 인 경우,

$$a_1 = -135.4(w_0/t)^2 + 14.3(w_0/t) + 0.1$$

$$a_2 = 89.4(w_0/t)^2 - 6.3(w_0/t) - 0.1 \quad w_0/t \leq 0.05$$

$$a_3 = -7.5(w_0/t)^2 + 1.5(w_0/t)$$

$$a_1 = 4.1(w_0/t)^2 + 2.0(w_0/t) + 0.3$$

$$a_2 = -3.9(w_0/t)^2 + 1.6(w_0/t) - 0.2 \quad 0.05 < w_0/t \leq 0.2$$

$$a_3 = 0.4(w_0/t)^2 + 0.9(w_0/t)$$

$$a_1 = 2.6(w_0/t)^2 - 1.0(w_0/t) + 1.0$$

$$a_2 = -2.2(w_0/t)^2 + 2.9(w_0/t) - 0.5 \quad 0.2 < w_0/t \leq 0.4$$

$$a_3 = 0.2(w_0/t)^2 + 0.8(w_0/t)$$

$f(\sigma_x, \sigma_y) > f_1$ 인 경우,

$$a_1 = 249720(w_0/t)^2 - 24055(w_0/t) + 648$$

$$a_2 = -491234(w_0/t)^2 + 46944(w_0/t) - 1237 \quad w_0/t \leq 0.05$$

$$a_3 = 240936(w_0/t)^2 - 22836(w_0/t) + 589$$

$$a_1 = 4045(w_0/t)^2 - 1344(w_0/t) + 127$$

$$a_2 = -7327(w_0/t)^2 + 2441(w_0/t) - 222 \quad 0.05 < w_0/t \leq 0.2$$

$$a_3 = 3297(w_0/t)^2 - 1095(w_0/t) + 97$$

$$a_1 = 360(w_0/t)^2 - 269(w_0/t) + 59$$

$$a_2 = -587(w_0/t)^2 + 442(w_0/t) - 91 \quad 0.2 < w_0/t \leq 0.4$$

$$a_3 = 235(w_0/t)^2 - 174(w_0/t) + 35$$

$$f_1 = 1.85(w_0/t)^2 - 1.81(w_0/t) + 0.92$$

$f(\sigma_x, \sigma_y)$: 양축 면내응력(σ_x, σ_y)에 의해 결정되는 함수로 좌굴안전계수의 역수의 제곱치 (=1/S.F)²

S.F : 좌굴안전계수로 좌굴평가기론(참고논문 [4][5]의 상관곡선에서 등가작용응력의 증분에 의한 좌굴임계치와 등가작용 응

력치와의 비

t : 판두께

w : 초기처짐을 포함한 판의 최대 처짐량

w₀ : 판의 초기 처짐량

3. 평가 시스템의 구축

앞 장에서 간단히 소개한 식들로부터 각국선급의 좌굴설계 및 평가식을 그대로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 이들 식에서 발견된 다수의 불합리한 점 즉 중횡비의 변화에 따른 좌굴 상관관계의 명확한 관계의 부재, 용접 잔류응력의 효과 미고려, 횡압의 부적절한 고려, 주변경계조건 및 보강재의 회전강성의 변화영향 미비, 보다 정확도 있는 소성수정식 및 면내 인장응력의 미고려 등에 대해 그리고 요즘 박판의 사용에 따라 부각된 대 처짐 현상에 대한 사전 고려로 박판의 최대 처짐량의 파악 등의 면에서 이론적으로 보다 성숙된 정확도를 갖출 수 있게 되었다.

이러한 다양하게 개발된 각종 좌굴 설계식의 용도에 따른 효율적이고 정확도 높은 선진화된 평가를 수행하기 위해 워크스태이션상에 평가 시스템을 구축하였다.

먼저 시스템의 구축 개요를 살펴보고 다음으로 평가단계를 간략하게 소개한다.

3.1 시스템 구축 개요

본 내용에서는 앞서 살펴본 다양한 좌굴강도 추정법을 선박 초기설계단계에서 사용하기 위해 정확도 및 효율적인 면에서 우수한 선진 시스템을 시키고자 노력하였다.

본 시스템은 선박 판부재의 좌굴강도를 평가함에 있어 선체와 같이 수만개 이상의 판부재로 이루어진 복잡한 형태의 구조에 대해 반드시 거쳐야 하는 구조해석 모델 정보를 주요 자료로 이용하여 전 선박의 판부재 좌굴강도의 평가 및 설계를 거의 완벽하게 지원하여 줌으로서 기존의 계산을 위한 많은 실수 요인을 삭감시켜 주며 자동적 평가를 가능하게 하여 준다.

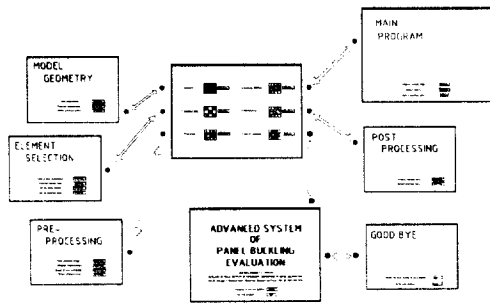


Fig. 3.1 Layout of advanced buckling strength estimation system

본 연구에서는 워크스테이션에 설치된 마우스의 기능을 주로 이용하여, 개발시스템을 손쉽게 운용할 수 있는 대화식 화면처리 시스템으로 SUN4 워크스테이션 환경하에서 구축되었다[11-13].

대형화면의 설정을 위하여는 엔지니어링 워크스테이션의 내부지원 시스템에서 제공되는 화면설정 기능으로 큰 프레임이 형성하였다.

내부의 임의 적절한 장소에 아이콘 설정 매크로를 이용하여 아이콘을 구축하고 아이콘에 대한 설명 화상심볼을 워크스테이션의 자체 지원도구인 아이콘화면 편집도구를 이용하여 아이콘 화면을 설계하였다.

각 부시스템이나 주시스템에서 자신의 환경을 바꾸어 다른 부시스템으로 이행하게 되면 각 고유의 시스템을 표시하는 표제화면이 필요하게 됨에 따라 19인치 대형모니터에 걸맞는 대형문자의 준비도 역시 아이콘 편집도구의 기능을 이용하여 행렬64x64로 주어진 대형 영문 알파벳 및 기타의 부호와 글자를 준비하여 필요시 불러낼 수 있게 기억픽셀(pixel)형태로 만들어 적절히 사용하였다[12].

표제화면의 구성은 일단 임의의 파일 내에서 키보드를 이용하여 처리한 것을 하나씩 문자로 읽어 문자에 상응하는 문자판넬을 프레임의 적당한 위치에, 파일에 나열한 대로 자동위치하게끔 구성하였다.

C 및 C++ 언어에서의 시스템 프로세싱 기능을 이용하여 작업화면과 환경의 변경 및 실행가능화일의 작동을 필요시 조절하였다.

출력포맷을 지정 후 파일을 전송하여 프린트하는 기능과 화면화상을 그대로 복사하는 기능에서 일상적인 파일 입출력 및 데이터 내용에 대한 출력은 전자의 기능을 그리고 그래픽 결과나 화면에 설계된 상황을 그대로 출력시키고자 할 때 후자의 기능을 이용한다.

본 시스템 내부에 필요한 화면에 프린터 출력버튼을 장착하여 필요시 내용이 자동 출력될 수 있게 하였다.

3.2 각종 좌굴강도 평가단계

본 평가시스템의 종합적인 화면운영 상황을 Fig. 3.1에 예시하였다. 하단 중앙부가 본 시스템의 주표제화면으로 하단의 두 버튼중 위에 것을 눌러 그림 중앙부의 주메뉴 화면을 접할 수 있으며 아래버튼은 시스템 종료 버튼이다.

그림 중앙 상부에 제시된 주메뉴 화면은 화면 우 하단부의 주표제화면의 복귀버튼을 포함하여 6가지의 주요메뉴를 준비하고 있다. 좌측 세가지 메뉴는 좌굴평가를 위한 전처리과정으로 최상부 버튼은 구조해석 모델형상과 이의 요소번호 등을 파악하는 단계이며 두 번째 중앙부 버튼은 해석된 많은 하중경우를 동시에 고려하면서 판부재의 좌굴강도 평가대상 영역을 진단하는 단계로 그 해당 요소들의 작용응력 정보를 파악할 수 있다. 그리고 맨아래의 버튼은 앞서 얻은 평가대상 요소들과 구조해석 모델정보를 이용하여 고려하는 패널요소를 지정하여 주면 준비된 여러 좌굴평가가 다음 단계에서 설계자의 요구에 따라 수행될 수 있게 평가프로그램들의 입력자료를 자동으로 생성시키는 단계이다.

우측상부의 메뉴는 판부재 좌굴계산을 자동으로 수행하는 과정으로 앞서 설명한 각 선급식, 각종 추가고려 인자를 포함한 고정도의 좌굴식 및 최대 처짐 예측식들을 이용하여 손쉽게 평가할 수 있도록 준비시켜 두었다.

마지막으로 우측 중앙부의 버튼은 평가된 각 판부재의 결과를 구조해석 모델 상에 안전계수의 개념으로 각 판부재마다 좌굴강도를 표시해 주는 과정이다[14][15].

4. 결론 및 향후 연구과제

선박 판부재의 좌굴강도 평가를 위해 보다 효율적이고 정확도 있는 선진 시스템을 SUN4 워크스테이션 상에 구축하여 보았으며 본 시스템에 장착시킨 최근에 개발된 판부재 평가를 위한 간이 추정식들을 간략히 소개하였다.

특히 기존의 선급식 뿐만이 아니라 기존의 식들에서 불충분한 각종 면내 조합하중, 용접 잔류응력, 횡수압의 영향, 경계조건의 영향, 탄소성 좌굴 영향, 면내 인장력의 영향 그리고 특히 요즘 문제 시되고 있는 선박 건조시의 대처짐의 문제를 보다 체계적으로 추정할 수 있는 최대처짐 예측식들을 장착하고 있어 특히 선급규정을 만족하여도 판부재 좌굴문제가 발생하거나 이 규정을 만족시키지 않아도 문제가 발생치 않는 등의 불합리성을 한층 개선시킬 역할을 가진 본 개발시스템을 이용하여 보다 정도 높고 효율적인 평가가 가능하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] ABS, A Design Guide for the Double Skin Tanker (Tentative Document), July 1991.
- [2] DNV, Rules for Classification of Steel Ships, January 1991.
- [3] LR, "Lloyd's Register's Plan Appraisal Systems for Ships", Ship Type Procedural Document for Bulk Carriers, January 1983.
- [4] Paik, J.K., Ham, J.H. and Kim, U.N., "A New Plate Buckling Design Formula (1st Report)", J. of the Naval Architects of Japan, Vol. 171, 1992.
- [5] Paik, J.K., Ham, J.H. and Ko, J.H., "A New Plate Buckling Design Formula (2nd Report) - On the Plasticity Correction-", J. of the Naval Architects of Japan, Vol. 172, 1992.
- [6] 함주혁, 김을년, "선박 선저외관의 좌굴특성에 관한 연구 -보강재의 구속영향 검토-", 대한조선학회논문집, 제31권 4호, 1994. 11월
- [7] Ham, J.H. and Kim, U.N., "A Study on the Buckling Strength Estimation Considering In-Plane Tension Effect", Proceedings of the Tenth Asian Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, 1996.
- [8] 함주혁, 김을년, "건조중인 선박에서의 기관실 상갑판 판부재의 처짐 예측", 대한조선학회논문집, 제31권 3호, 1994. 8월
- [9] C.R.C Japan, "Handbook of Structural Stability", CORNA Publishing Co., Ltd. 1971, pp.3-37.
- [10] Ueda, Y., Rashed, S.M.H. and Paik J.K., "Buckling and Ultimate Strength Interaction in Plates and Stiffened Panels under Combined In-plane Biaxial and Shearing Forces", Marine Structures Vol. 8 No. 1 1995, pp.1~36.
- [11] "Sun View™ 1 Programmer's Guide", SUN[®] microsystem Revision A, of 9 May 1988.
- [12] "Pixrect Reference Manual", SUN[®] microsystem Revision A, of 9 May 1988.
- [13] "C Programmer's Guide", SUN[®] microsystem Revision A, of 9 May 1988.
- [14] 安全仁彦, "CAD/CAM/CAE 入門", 圖解 mecatronics 入門 Series, 1986.
- [15] "CAD/CAM 事例集", 日本機械學會編 CAD/CAM Series No.5 技報堂出版, 1987.