
 論 文

大韓造船學會論文集
 第 32 卷 第 3 號 1995年 8月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 32, No. 3, August 1995

선각 거어더의 최종 및 잔류종강도 추정 시스템 개발

함주혁*, 김을년*

Development of Longitudinal Ultimate and Residual Strength Estimation System for Hull Girder Structure

by

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

요 약

본 연구에서는 선체 구조설계자가 초기설계단계에서 선각거어더의 최종 또는 잔류 종강도를 쉽게 평가할 수 있는 시스템을 SUN4 워크스테이션의 Open-Window상에 구축하였다. 즉, 현재 기본적으로 이루어지고 있는 탄성 단면계수 계산을 위한 입력정보만을 사용하여 최종 종강도 계산이 가능하도록 하기 위하여 최종종강도를 평가할 수 있는 기존의 여러 방법들을 살펴보고, 실선과 모형 Box-Girder들의 수치해석 및 실험결과들에 적용하여 비교적 유용한 방법을 선정하였다. 선정된 식 및 조사된 몇가지 식을 선각 거어더의 탄성 또는 완전소성단면계수 계산과정과 연결하여 선체가 건전한 상태(Intact Condition) 혹은 좌초나 충돌등에 의하여 손상을 받았을 때(Damaged Condition)의 최종 또는 잔류강도를 계산할 수 있게 하였다.

또한 사용자의 편리를 위하여 이 흐름을 마우스버튼을 사용하는 화면운용체계하에서 작업이 이루어지도록 구성하였으며, 3차원 그래픽환경을 구축하여 종강도 구조부재의 탄성 또는 완전소성 응력상태를 제시하게 하였다.

마지막으로 개발시스템은 여러 형태의 실제 건조선박(약 20척)에 적용하여 최종 종강도평가를 수행하고 그들 분포특성 및 구조가 취약한 선박등을 파악하였으며, 설계 종굽힘모우먼트에 대해 새깅 및 호깅상태 모두 평균적으로 약 2배가 되는 최종 종굽힘모우먼트를 가지고 있음을 확인 하였다.

Abstract

A simple estimation system of ultimate and residual strength for ship structures is developed on the Open-Window system of SUN4 engineering workstation.

발 표 : 1994년도 대한조선학회 추계연구발표회('94. 11. 12.)

접수일자 : 1994년 12월 1일, 재접수일자 : 1995년 7월 27일

*정회원, 현대중공업(주) 선박해양연구소

System development consists of three stages. Firstly, various ultimate longitudinal strength estimation methods are investigated and some rational estimation methods are adopted based on the parametric comparison of various hulls or box girders. Secondly, these selected and newly formulated methods are linked with elastic & perfectly plastic section modulus calculation procedure. Therefore, the longitudinal hull girder strength can be calculated in the intact and damaged conditions due to the grounding or collision of hull structure.

Finally, an exclusive system is developed such that whole procedures are proceeded under the window management system using mouse button and elastic and perfect plastic stress conditions. Also longitudinal members are plotted automatically under three dimensional graphic circumstances.

These established program is tested for various actual ships, and some examples are illustrated.

1. 서 언

국내에서 건조중인 대부분의 선박구조는 선체종강도 계산기준으로서 각종규정에 제시된 탄성단면계수의 최소한계치에 근거하고 있으나 이 기준값은 진정한 의미의 강도평가 기준에 부족한 면이 있다. 즉, 같은 재료로 만들어진 두척의 배에 대한 탄성단면계수가 같은 경우에도 주어진 굽힘모우먼트하에서는 같은 크기의 최대응력이 작용하면, 한척은 붕괴가 일어나지만 다른 한척은 이보다 큰 작용응력하에서도 견딜 수 있다. 이는 선체거더 단면의 압축부위의 좌굴등의 복잡한 비선형거동의 차이에 기인한다.

한편 설계자의 입장에서 어떤 임의의 복잡한 선각 거더가 붕괴할때의 굽힘모우먼트인 최종종강도를 정확하게 구하기란 상당한 어려움이 수반되며 최근에 Paik[1-5]에 의한 ISUM이나, Yao[6-7]등에 의한 Smith[8]방법을 개량한 점진붕괴해석법이 제시되고 있으나 현재 초기설계단계에서 설계자들이 손쉽게 접할 수 있기에는 어려움이 많으며 효율적인 사용을 위한 바람직한 추정도구(Tool)가 준비되어 있지 않은 상태이다. 특히 경험이 없는 새로운 구조방식의 설계등에서 선박구조 종강도의 안전여유의 확보면에서 설계자들의 관심이 더욱 요구된다.

이와 관련하여 선박구조 설계자의 입장에서 단순하면서 어느 정도 합리적인 계산이 될 수 있게 Sun4 워크스테이션의 Open-Window상에 평가시스템을 구축하여 보았다.

본 개발은 다음의 3단계로 되어있다. 첫째, 최종종강도를 평가할 수 있는 기존의 여러 방법들을 살펴 보고, 실험결과치가 있는 실선과 모형 Box-Girder

들에 대하여 최종강도를 비교계산하여 비교적 유용한 방법을 선정하였다.

둘째, 선정된 식 및 조사된 몇가지식을 바로 초기 설계단계에서 손쉽게 계산할 수 있게 선각 거더의 탄성 또는 완전소성단면계수 계산과정과 연결하여 선체가 건전한 상태(Intact Condition) 혹은 좌초나 충돌등에 의하여 손상을 받았을 때(Damaged Condition)의 최종 또는 잔류강도를 계산할 수 있게 하였다.

마지막으로, 개발된 시스템은 마우스버튼을 사용하는 화면운영체계하에서 작업이 이루어지도록 구성하였으며, 3차원 그래픽환경이 종강도 구조부계의 탄성 또는 완전소성 응력상태를 보여주게 되어있다.

개발된 시스템은 여러 형태의 실선에 적용하여 최종종강도를 계산하여 보았으며, 초기 구조설계단계에서 안전여유를 쉽게 추정할 수 있다.

2. 선각 거더의 최종강도식

선각 거더의 최종강도를 추정하기 위해 점진붕괴거동을 중심으로 많은 연구활동이 최근에 수행되었다. 그러나 초기설계단계에서 사용이 용이하고 정확성이 있는 단순법이나 공식 역시 필요하다. 이러한 목적으로 몇가지 간이추정법들을 나열하여 보았다.

Caldwell [9]

$$M_u = \sigma_y \cdot A \cdot D \left[\phi_D \alpha_D \gamma + 2 \alpha_S \left(\frac{1}{2} - \gamma \right) + \right]$$

$$+ \gamma^2 \frac{(1 + \phi_s)}{2} + \alpha_B(1 - \gamma)]$$

..... 좌굴을 고려할 때

$$= M_p \text{ 좌굴을 고려하지 않을 때}$$

(2.1)

여기서, A : 단면의 전체 단면적
 D : 선박의 깊이
 g : 선박의 흘수
 ϕ_D : 파괴 상태에서의 상갑판의 평균 압축응력/항복응력 (σ_{uD}/σ_y)
 ϕ_S : 파괴 상태에서의 외판의 평균압축 응력/항복응력 (σ_{uS}/σ_y)
 α_D : 상갑판의 단면적/전체 단면적 (A_D/A)
 α_S : 한쪽 외판의 단면적/전체 단면적 (A_S/A)
 γ : 선박의 흘수/깊이(g/D)
 이식은 새김상태에서만 사용이 가능하다.

Faulkner [10]

$$\bar{M}_u = 1.15 \bar{\sigma}_y Z (-0.1 + 1.4465 \phi - 0.3465 \phi^2)$$

(2.2)

여기서, ϕ : 보강판의 최종강도 (유효단면적/전체단면적)
 $= \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \frac{\sigma_e}{\sigma_y} \frac{A_s + b_e t}{A_s + bt}$
 σ_u : 최종강도(ultimate stress)
 A_s : 보강재의 단면적
 b_e : 유효폭
 σ_e : 유효응력(effective stress)
 $= \sigma_y (1 - 0.25 \lambda_{ce}^2) \quad \lambda_{ce}^2 \leq 2$

$$= \sigma_{cr} \quad \lambda_{ce}^2 > 2$$

λ_{ce} : 유효세장계수

$$= \frac{a}{\pi r_{ce}} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

σ_{cr} : Euler 좌굴응력
 r_{ce} : 감소 유효폭을 갖는 보강판단면의 회전반경

$$= \sqrt{\frac{I_e}{A_s + b_e t}}$$

I_e : 감소 유효폭 b_e 을 갖는 보강판 단면의 관성모멘트

Nishihara [11]

$$M_u = 1.08 \sigma_u Z \quad (2.3)$$

국부 붕괴모드 :

$$\phi = \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \begin{cases} 0.8615 + 0.4653 R_p - 0.8746 R_p^2 \\ + 0.2585 R_p^3 \dots \text{ for } 0.5259 \leq R_p \leq 2 \\ 0.9 \dots \dots \dots \text{ for } R_p < 0.5259 \end{cases}$$

$$R_p = \sqrt{\sigma_y / \sigma_{cr}}$$

σ_{cr} : 보강재 사이의 평판에 대한 탄성 좌굴응력

전체 붕괴모드 :

$$\phi = \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = 0.8444 + 0.5867 R_s - 1.080 R_s^2 + 0.3200 R_s^3 \quad 0.5 \leq R_s \leq 2.0$$

$$R_s = \sqrt{\sigma_y / \sigma_{cr}^*}$$

σ_{cr}^* : 보강재를 포함한 전체 탄성 좌굴응력

Viner [12]

$$M_u = \alpha \cdot \sigma_u Z_D \quad (2.4)$$

여기서, α : 0.92~1.05

Z_D : 상갑판 측의 단면계수

σ_u : 보강재 사이의 판을 고려한 종통재의 최종 압축강도

이주성 [13]

$$M_u = Z \sigma_u (1 + \zeta_s) = Z \sigma_y \phi (1 + \zeta_s) \quad (2.5)$$

여기서, σ_y : 보강재와 판의 조합을 고려한 항복응력

$$\phi = \frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \frac{1}{1 + 0.04 w'} \frac{1}{f(\lambda) \sqrt{1 + 0.15 \beta^2}}$$

$$f(\lambda) = 1 + 0.209 \lambda^2 + 0.156 \lambda^4$$

..... for $0 \leq \lambda \leq 1.59$

$$= \lambda^2 \quad \text{..... for } 1.59 \leq \lambda$$

$$w' = \frac{w}{\sigma_y (t/b)^2}$$

w : 횡하중(lateral pressure)

$$\zeta_s = C_1 + \frac{C_2}{\sqrt{A_1/A_2}}$$

A_1 : 압축상태에 놓이는 단면의 플랜지 면적

A_2 : 단면의 웨브 면적

$$C_1 = -0.329 + 2.160 \lambda \beta - 4.041 \lambda^2 \beta$$

$$C_2 = 0.423 - 1.657 \lambda \beta + 3.687 \lambda^2 \beta$$

Frieze[14]

$$\frac{M_u}{M_p} = d_1 + d_2 \phi + d_3 \phi^2 \quad (2.6)$$

여기서,

M_u : 선각거어더의 최종종강도

M_p : 선각거어더의 완전소성 굽힘모우먼트

$d_1 = -0.172, d_2 = 1.548, d_3 = -0.368$ (Sagging)

$d_1 = 0.003, d_2 = 1.459, d_3 = -0.461$ (Hogging)

$$\phi = \sigma_u / \sigma_y$$

$$= (C_1 + C_2 \lambda^2 + C_3 \beta^2 + C_4 \lambda^2 \beta^2 + C_5 \lambda^4)^{-0.5}$$

σ_y : 보강판의 최종강도

$$\lambda = \frac{a}{(\pi x \gamma)} \sqrt{I/A}$$

σ_y : 항복응력,

$$\beta = b/t \sqrt{\sigma_y/E}$$

$C_1 = 0.960,$

A : 판의 단면적

$C_2 = 0.765,$

A_s : 보강재의 단면적

$C_3 = 0.176,$

a : 판의 길이

$C_4 = 0.131,$

b : 판의 폭

$C_5 = 1.046,$

t : 판의 두께

제시된 식들을 복잡한 선체구조단면에 적용하기란 간단한 문제가 아니며 설령 계산하였다 하더라도 계산의 정확도에 문제가 많이 발생한다. 따라서 용이한 평가를 위한 전용평가시스템을 구축하여 보았다.

3. 평가 시스템 구축

3.1 시스템 구축개요

본 내용은 앞서 살펴본 여러가지의 최종강도 추정법을 선박초기설계단계에서 손쉽게 사용할 수 있도록 실용적인 최종강도 평가시스템을 구축한다.

본 시스템은 최종강도를 구함에 있어 선체와 같은 복잡한 구성부재의 입력자료작성에 대한 신뢰도를 높이기 위해 초기설계단계에서 설계자가 반드시 수행해야하는 선급규정에 따른 종강도 계산분량의 입력정보만으로 탄성 및 완전소성응력 분포를 그래픽 형태로 완벽히 제시할 수 있게하여 사용자의 실수에 의한 입력자료오류를 최대한 줄이고, 동시에 자동으로 최종강도계산이 수행되게 하였다.

본 연구에서는 워크스테이션에 설치된 마우스의

기능을 주로 이용하여, 개발시스템을 손쉽게 운용할 수 있는 대화식 화면처리 시스템을 SUN4 워크스테이션 환경하에서 구축하였다.

대형화면의 설정을 위하여는 엔지니어링 워크스테이션의 내부지원 시스템에서 제공하여 주는 화면설정 기능 중 Window-create라는 매크로를 사용하여 행렬 55×143의 큰 프레임을 형성시켰다.

DEFINE_ICON_FORM_IMAGE 라는 매크로를 사용하여 아이콘을 정의한다. 여기서 상징적인 심볼 화면은 워크스테이션 자체지원 도구인 ICONEDIT를 이용하여 임의의 화면구성을 할 수 있다. 또한, 프레임 내의 추가옵션인 FRAME_ICON을 이용하여 프레임의 아이콘을 지정하여 둔다.

각 부시스템이나 주시스템에서 자신의 환경을 바꾸어 다른 부시스템으로 이행하게 되면 각 고유의 시스템을 표시하는 표제화면이 필요하게 됨에 따라 19인치 대형모니터에 걸맞는 대형문자를 설계할 수 있다. 행렬 64×64로 주어진 대형영문 알파벳 및 기타부호와 글자 각각을 ICONEDIT 기능을 이용하여 설계하고, mpr_static이란 매크로를 사용하여 콤팩트 디스크에 필요한 기억 pixrect를 만들고, 개개의 설계된 글자 및 부호를 판넬화하여 해당하는 프레임내의 적절한 위치에 배치시켜 표제화면들을 구성할 수 있다. 여기서 pixrect라 함은 화면상이나 메모리 내부에서 픽셀(pixel) 값의 사각배열을 뜻하며 이의 운용은 pixrect graphics library라는 함수내지 매크로의 세트로 이루어지는 그래픽 패키지로 수행된다.

표제화면의 구성은 일단 임의의 파일내에서 키보드를 이용하여 처리한 것을 하나씩 문자를 읽어 문자에 해당하는 문자판넬을 프레임의 적당한 위치에, 화

일에 나열한 대로 자동위치시켜 구성된다. 대형문자 형성을 위해서 PANEL_LABEL_IMAGE라는 첨가 옵션을 사용하여 판넬을 구성한다.

FORTTRAN 언어와는 달리 C언어상에서는 프로그램 수행도중에 시스템 프로세스를 수행할 수 있으므로 이 기능을 이용하여 작업화면 그리고 환경의 변경 및 실행가능화일의 작동명령을 부과할 수 있다. 이를 위해 C언어 내부에서 기본적으로 제공하는 표준라이브러리 루틴인 SYSTEM 함수를 이용하여 워크스테이션의 Shelltool를 부르거나 목적화일을 처리한다.

보통 표준사양에서 레이저프린터의 출력포맷을 지정하여 준 후 화일을 레이저 프린터가 연결된 워크스테이션 위치로 전송하여 프린트하는 기능과 화면 그대로의 화상을 기억시켜 화면을 복사하는 두가지의 기능이 있으므로 일상적인 입출력 및 데이터 베이스 내용등의 정보출력시에는 전자의 기능을, 그리고 그래픽 결과나 화면에 설계된 상황을 그대로 출력시키고자 할 때 후자의 기능을 이용한다. 그러나, 설계도면과 같이 그래픽의 정교성이 필요하거나 축척비에 맞는 정확한 표현이 필요한 경우에는 레이저 프린터에 고급옵션이 추가된 그래픽 보오드를 장착하여 VERSA-CAD, CALCOMP등과 같은 에뮬레이션 기능의 사용으로 각종 개발소프트웨어와 연결성을 좋게한다.

본 화면처리기법에서는 필요한 화면에 프린터 출력버튼을 설치하여 필요시 내용이 자동출력되게 하였다. 이외에도 Tektronix 4693 RGB 복사기를 이용할 경우에는 워크스테이션에 바로 연결된 원격 복사버튼을 누르면 원하는 화면이 출력된다.

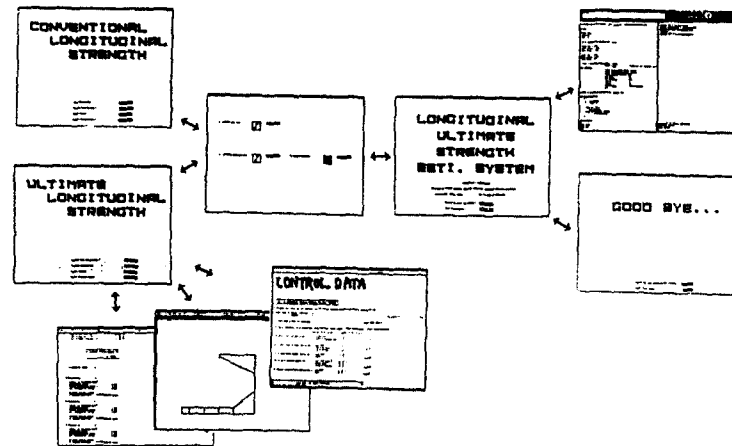


Fig. 3.1 Layout of longitudinal ultimate strength estimation system for hull girder structure

3.2 최종강도 평가단계

본 평가시스템의 종합적인 화면운영상황을 Fig. 3.1에 예시하였다. 주메뉴화면에 선급규정을 만족키 위한 중강도계산과정을 첫단계로 그리고 최종강도계산을 두번째단계로 준비해두었다. 후자의 최종강도 평가단계를 접하기 위한 화면은 주메뉴화면의 우측 버튼을 누름과 동시에 나타나며 최종강도평가를 위해 4개의 버튼으로 구성되어 있다.

첫째는 입력자료화면으로 입력을 위한 상세한 내역이 제시되어 있으며 화면 작성만으로 자동입력되어진다.

두번째버튼은 입력자료 및 계산결과에 대한 그래픽이 제시되는 화면으로 수평 수직의 탄성 혹은 완전소성 응력상태가 선각단면위에 3차원적으로 제시되고 내부의 인쇄버튼을 이용하여 레이저 프린터에 자동 출력된다.

세번째 버튼을 이용하여 계산된 상세한 최종강도 내역이 제시되며 자동 출력된다.

네번째 버튼은 화면탈출버튼으로 주메뉴화면으로 돌아간다.

4. 시스템의 적용에

상기 구축된 시스템을 이용하여 실적선 몇척을 대상으로 그 응용 예를 제시하여 보았다. 시스템의 입력자료화면에 중앙단면도의 정보를 제시된 입력상세에 따라 준비하고 그래픽제시화면을 통하여 해당 선박의 입력자료의 정확성, 응력분포 그리고 중립축 위치를 개략적으로 확인 할 수 있다.

이들 중부재의 응력도 상황은 입력화면내의 그래픽 출력옵션에 따라 원하는 응력도를 제공받을 수 있으며 상부에 출력버튼이 출력화면 크기에 따라 3가지로 준비되어 있다.

Fig. 4.1에 실제로 건조된 각종 선각단면의 중부재형상 및 관련된 단면응력분포도를 3차원적으로 제시하여 보았다. (a)에는 41,400 TDW 산적화물 및 컨테이너 검용선의 수직방향 완전소성 굽힘응력을 제시하였고 (b)와 (c)에는 각각 153,000 TDW의 이중선체원유운반선의 수직방향 탄성굽힘응력도와 250,000 TDW VLCC의 수직방향 완전소성 굽힘응력도를 나타내고 있다.

또한, 선측손상을 받아 외판 일부가 찢겨져 나간 가정하에서 41,400 TDW 산적화물선의 잔류강도를 추정키 위한 경우의 수평방향 완전소성 굽힘응력을

(d)에 제시하고 있다.

상기의 4척에 대해 앞서 제시된 몇가지 추정식을 이용하여 설계굽힘 모우먼트에 대한 최종굽힘 모우먼트의 여유값을 Fig. 4.2에 새김 및 호깅조건에 대해 제시하여 보았다.

이로부터 앞서 제시된 다양한 중강도 추정식들의 추정치에 상당한 차이를 보여주고 있어 보다 신뢰도 있는 식의 선정이 필요하였다. 따라서 실험 및 해석 자료를 근거로 양호한 식의 선정을 수행하였다.

그 비교예를 들면, Dowling[14], Reckling[14], Nishihara[15] 그리고 Mansour[16]에 의해 수행된 실험자료와 Frieze식을 사용하여 추정한 최종 및 잔류중강도값을 비교하면 평균은 약 4% 작고 C.O.V 가 약 9%로 정확도 면에서 상기식들 중 가장 우수하였다(Fig.4.3(a)와 (b) 참조).

또한 잔류강도 측면에서도 식(2.6)에 손상단면의 완전소성굽힘모우먼트 M_p 를 대치하여 Paik의 ISUM[1-5]의 수치해석 결과와 비교하였을 때 평균이 약 3% 크고 C.O.V는 약 8%로 나타났음을 확인한 바 있다[18]. 따라서 최종 및 잔류 중강도계산에 Frieze식이 양호한 계산결과를 제시한다.

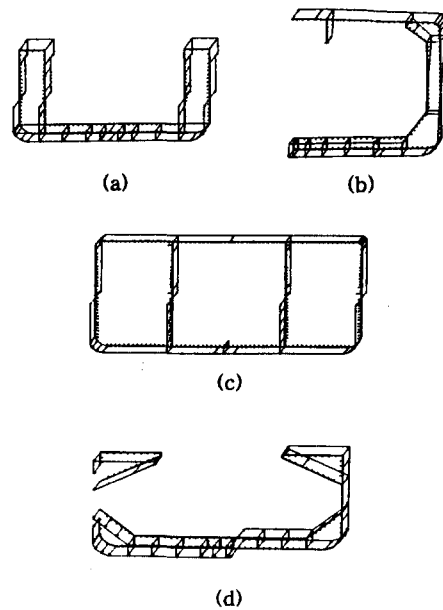
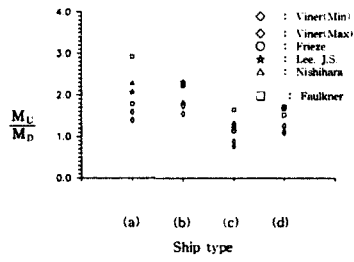
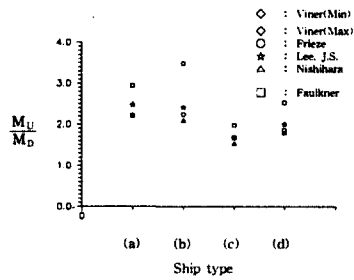


Fig. 4.1 Graphic illustration for various midship sections.

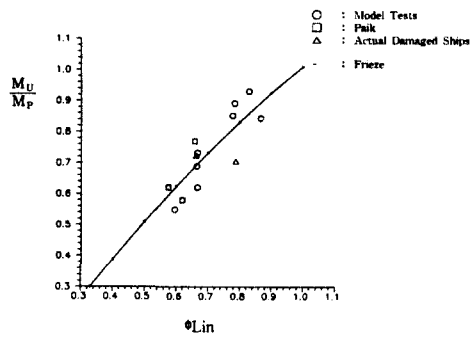


(a) Sagging Condition

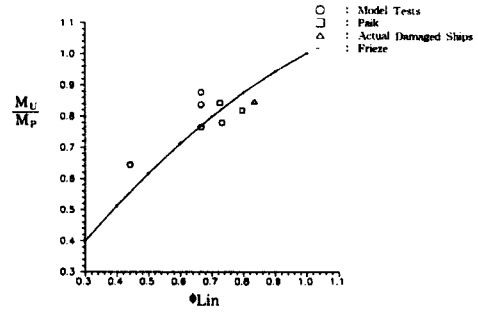


(b) Hogging Condition

Fig. 4. 2 Comparison of the ultimate strength for various formulas

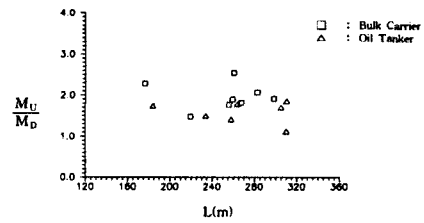


(a) Sagging Condition

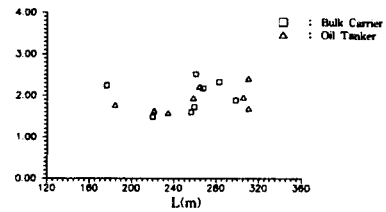


(b) Hogging Condition

Fig. 4.3 Comparison of the ultimate strength between Frieze and various data



(a) Sagging Condition



(b) Hogging Condition

Fig. 5.1 Ultimate bending moment safety factor for oil tanker and bulk carrier

5. 실제 건조선의 최종종강도 평가 및 고찰

초기설계된 선각거어더의 최종굽힘모우먼트에 대한 설계굽힘모우먼트의 여유치를 살펴보기위해 본시스템을 이용하였다.

실제 선박에서는 새깅과 호깅시의 최종 굽힘모우먼트는 상당한 차이를 보이고 있으므로 상기 제시된 최종강도 계산식 중에서 새깅과 호깅의 구분이 있고 보다 실용적인 식으로 판명된 Frieze식을 사용하여 평소 궁금한 바 있는 실제 건조선의 안전여유를 평가하여 보았으며 그 결과를 Fig.5.1(a)와 (b)에 산적화물선과 유조선의 새깅과 호깅조건에 대해 각각 나타내었다.

상기 제시된 그림으로부터 새깅 및 호깅시의 최종 굽힘 모우먼트에 대한 설계굽힘모우먼트의 안전여유는 큰 경우 2.0 이상이고 최소 1.0 이상임을 알 수 있으며 새깅상태에서는 다소 산적화물선의 최종종강도치가 높은 경향이 있다. 이는 통상적으로 산적화물선의 갑판부에서 국부판부재의 초기선급허용치수에 비해 종강도 측면에서의 단면계수값의 부족으로 인한 갑판두께의 증가로 좌굴강도가 상대적으로 크기 때문이다.

6. 결 언

Sun4 워크스테이션의 Open-Window상에 선각 거어더의 최종 혹은 잔류강도를 비교적 용이하게 추정할 수 있는 평가시스템을 구축하여 보았다.

최종종강도를 평가할 수 있는 기존의 여러 방법들을 조사하고, 실험결과치가 있는 실선과 모형 Box-Girder들에 대하여 최종강도를 계산하였다. 계산과 실험결과치를 비교하여 각 식들의 정확도를 조사하고 이들 중 몇가지의 유용한 방법들을 채용하였다.

기존식들 중에 높은 정확도를 주는 Frieze식 및 조사된 몇가지 식을 선각 거어더의 탄성 또는 완전 소성단면계수 계산과정과 연결하여 선체가 건전한 상태(Intact Condition) 혹은 좌초나 충돌등에 의하여 손상을 받았을 때(Damaged Condition)의 최종 또는 잔류강도를 계산할 수 있게 하였다.

개발된 시스템은 종강도 부재의 입력자료를 검증하기 위해 3차원 그래픽환경을 설치하였고, 이를 사용하여 실선 4척에 대하여 각종 굽힘응력도를 제시하여 보았다.

개발된 시스템은 여러 형태의 실선에 적용하여 최종종강도를 계산하여 보았으며, 설계굽힘모우먼트의 요구치에 대해 평균적으로 약 2배가 되는 최종 굽힘모우먼트를 가지고 있음을 확인하였다. 또한 앞으로 보다 정밀한 최종종강도 계산이 가능해지면 이 같은 과대 안전여유를 갖는 선박의 부재치수를 다소 줄일수 있는 가능성도 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] J.K. Paik, "ALPS/ISUM User's Manual", Report No. PNUNA-SE-13, Dept. of Naval Arch., Pusan National University, 1991.
- [2] J.K. Paik, "Ultimate Hull Girder Strength Analysis using Idealized Structural Unit Method - A Case Study for Double Hull Girder with Transverseless System", PRADS'92, Newcastle Upon Tyne, UK, May 1992, pp.2.778-2.791.
- [3] J.K. Paik, "Ultimate Longitudinal Strength -Based Safety and Reliability Assessment of Ship's Hull Girder(2nd report)", J. of the Society of Naval Architects of Japan, Vol.169, 1991, pp.403-414.
- [4] J.K. Paik et al., "Deterministic and Probabilistic Safety Evaluation for a New Double Hull Tanker with Transverseless System", Trans. SNAME, Vol.100, 1992, pp.173-198.
- [5] J.K. Paik et al., "A New Structural Design Concept of Oil Tanker for Oil Pollution Prevention", PRADS'92, Newcastle Upon Tyne, UK, May 1992, pp.2.899-2.911.
- [6] T. Yao et al., "Ultimate Longitudinal Strength of Double Hull Tanker", 西部造船學會會報 第86號, May 1993(in-Japanese).
- [7] T. Yao et al., "Progressive Collapse Analysis of a Ship's Hull under Longitudinal Bending(2nd Report)", J. of the Society of Naval Architects of Japan, Vol.172, 1992(in Japanese).
- [8] C.S. Smith, "Influence of Local Compressive Failure on Ultimate

- Longitudinal Strength of a Ship's Hull ", PRADS'77, Tokyo, Japan, 1977, pp.72-79.
- [9] J.B. Caldwell, "Ultimate Longitudinal Strength", Trans. RINA, Vol.107, 1965, pp.411-430.
- [10] D. Faulkner, and J.A. Sadden, "Toward a Unified Approach to Structural Safety", Trans. RINA, Vol.121, 1979, pp.1-28.
- [11] S. Nishihara, "Analysis of Ultimate Strength of Stiffened Rectangular Plate (2th Report) - Stiffened Plates under Compression and Lateral Pressure", J. of the Society of Naval Architects of Japan, May 1982, pp.157-165(in Japanese).
- [12] A.C. Viner, "Development of Ship Strength Formulations", Advances in Marine Structures, 1986.
- [13] J.S. Lee, "On the Study of System Reliability Analysis of Tension Leg Platforms", 대한조선학회 춘계연구발표회, 1989년 11월.
- [14] P.A. Frieze and Y.T. Lin, "Ship Longitudinal Strength Modeling for Reliability Analysis", Proc. of Marine Structural Inspection, Maintenance, and Monitoring Symposium, SSC/SNAME, Mar. 1991, pp.ⅢC1-ⅢC19.
- [15] S. Nishihara, "Analysis of Ultimate Strength of Stiffened Rectangular Plate (4th Report) - on the Ultimate Bending Moment of Ship Hull Girder -", J. of the Society of Naval Architects of Japan, Vol.154, 1989(in Japanese).
- [16] A.E. Mansour, "An Experimental Investigation of Ship Hull Ultimate Strength", Trans. SNAME, Vol 98, 1990.
- [17] J.H. Ham, O.H. Kim and J.Y. Kim, "Development and Application of Interactive Screen Management System for Initial Ship Hull Design", Proc. of the 1990's Ship & Offshore Structures Congress, Aug., 1990(in Korean).
- [18] O.H. Kim, J.H. Ham and U.N. Kim, "Residual Strength Estimation for the Damaged Hull Girder", The 7th Technical Exchange and Advisory Meeting, Ulsan, Korea, July 1993.
- [19] 김의현, 함주혁, 김을년, "건조선 통계자료를 이용한 선박관부재의 최종강도 간이추정", 대한조선학회 춘계연구발표회, 1993년 4월.