

조합하중을 받는 원통형 곡판구조의 좌굴 및 최종강도 거동에 관한 연구

† 오영철* · 고재용** · 이경우***

*목포해양대학교 대학원, ** · *** 목포해양대학교 해양시스템공학부 교수

A Study on the Buckling and Ultimate Strength for Cylindrically curved plate subject to combined load

† Young-Cheol Oh* · Jae-Yong Ko** · Kyoung-Woo Lee***

*Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

**Division of Ocean System Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

ABSTRACT : Ship are typically thin-walled structures and consists of stiffened plate structure by purpose of required design load and weight reduction etc. Also, a hull structural characteristics are often used in structures with curvature at deck plating with camber, side shell plating at fore and aft parts and bilge circle parts, It have been believed that these structures can be modelled fundamentally by a part of cylinder. Structural component with curvature subjected to combined loading regimes and complex boundary conditions, which can potentially collapse due to buckling. Hence, for more rational and safe design of ship structures, it is crucial importance to better understand the interaction relationship of the buckling and ultimate strength for cylindrically curved plate under these load components. In this study, the ultimate strength characteristic of curved plate under combined load(lateral pressure load + axial compressive load) are investigated through using FEM series analysis with varying geometric panel properties.

KEY WORDS : Combined load, Ultimate Strength, Buckling, Finite Element Series Analysis

1. 서 론

최근 선박 구조설계는 최종한계상태기법 기준으로 수행되고 강도를 수행하고 있으며 판 부재에 대한 좌굴 및 최종강도를 정확하게 계산하는 방법을 확립하는 것이 매우 중요하다. 좌굴 또는 최종강도를 기준으로 한 강도계산은 평판과 보강판 위주로 계산되어져 왔으며 곡판 경우 미비한 실정이다. 따라서 곡판의 기하학적, 재료적 특성을 파악하고 최종강도 특성에 대해 분석하여야 하며 일반적으로 종굽힘모멘트와 비틀림모멘트에 의한 압축력, 인장력, 전단력 등의 면내하중과 수압 및 적재하중에 의한 횡압력 등의 면외하중이 작용하게 된다. 이들은 항상 동시에 작용하는 것이 아니지만, 하나 이상의 하중이 상호 작용하여 선박의 운항조건 및 환경에 따라 최종한계상태에 많은 영향을 미치게 된다. 그러므로 보다 합리적이고 안전한 설계를 위해서는 각각 하중성분들이 작용하였을 때 구조강도 부

재의 최종강도에 미치는 영향을 분석하여야 한다. 본 연구에서는 조합하중(횡하중+압축하중)을 받는 곡판의 최종강도 특성에 대하여 유한요소 시리즈해석을 실시하고 각 변수의 영향에 대해 고찰하였다.

2. 유한요소 해석기법 및 재료물성치

2.1 유한요소 해석기법

비선형좌굴 유한요소 시리즈해석은 범용 해석 프로그램인 ANSYS Multiphysics V10.0을 이용하였으며, 기하학적 비선형과 재료적 비선형을 동시에 고려하고, 복잡한 비선형 거동의 한가지인 2차좌굴(Secondary buckling)거동의 경로추적을 위하여 좌굴해석기법 중 하나인 호장증분법(Arc-length method)과 N-R법(Full Newton-Raphson Method)을 혼용하여 해석하였다. 해석모델의 재료 특성은 완전탄성-소성(Elastic perfectly plastic) 재료로

† 교신저자 : 정희원, yochoh@gmail.com 061)240-7217

** 정희원, kojy@mmu.ac.kr 061)240-7219

*** 정희원, kwlee@mmu.ac.kr 061)240-7083

가정하고, 탄소성 대변형(Elasto-plastic large deformation) 유한요소 시리즈해석을 수행하였으며 소성에 대한 영향은 등방성경화(Isotropic Hardening Plastic)거동을 고려하고 하중의 증분에 따른 요소의 항복평가는 본 미세스(von-Mises)이론을 적용하여 평가하였다. 유한요소 해석 시 사용된 요소는 8절점을 가지고 있으며 각 절점마다 6자유도(변위 x, y, z : 회전 $\theta_x, \theta_y, \theta_z$)를 지닌 shell 93을 적용하였다.

2.1 재료물성치

본 논문에서 원통의 일부분을 선박의 만곡부(Turn of bight)로 가정하여 종횡비(a/b), 세장비(β), 곡률반경(R)을 주요 매개변수로 선정하여 탄소성 대변형 시리즈해석을 수행하였다. 판 폭(b)=1000mm, 포아송비(ν)=0.3, 탄성계수(E)=205.8GPa, 항복응력(σ_y)=352.8MPa을 적용하였다. 곡판주변 경계조건은 회전구속이 없는 네변 단순지지조건으로 이상화 하였으며 실제 판 구조물을 구성하고 있는 판 부재주변에 다른 부재와 연결되어 연속적인 구조물로 구성되기 때문에 네변에 면내방향으로 변위를 구속하고, 최종강도에 도달될 때 까지 직선을 유지하도록 설정하였다. 용접이나 절단작업으로 인한 초기결함은 Smith slight level값인 $0.025 \times \beta^2 \times t$ 을 적용하였다. 여기서, 세장비를 나타내는 β 는 $\beta = (b/t) \times \sqrt{(\sigma_y/E)}$ 로 표현된다. 잔류응력의 효과는 포함하지 않았다.

3. 유한요소해석 결과

3.1 곡률반경에 따른 최종강도의 영향

조합하중(횡하중+압축하중)을 받고 있는 곡판의 종횡비(a/b)를 고정시키고, 해당 곡판의 곡률(θ)을 $5^\circ \sim 90^\circ$ 까지 변화시켜 최종강도 특성을 Fig.1로 나타내고 있다.

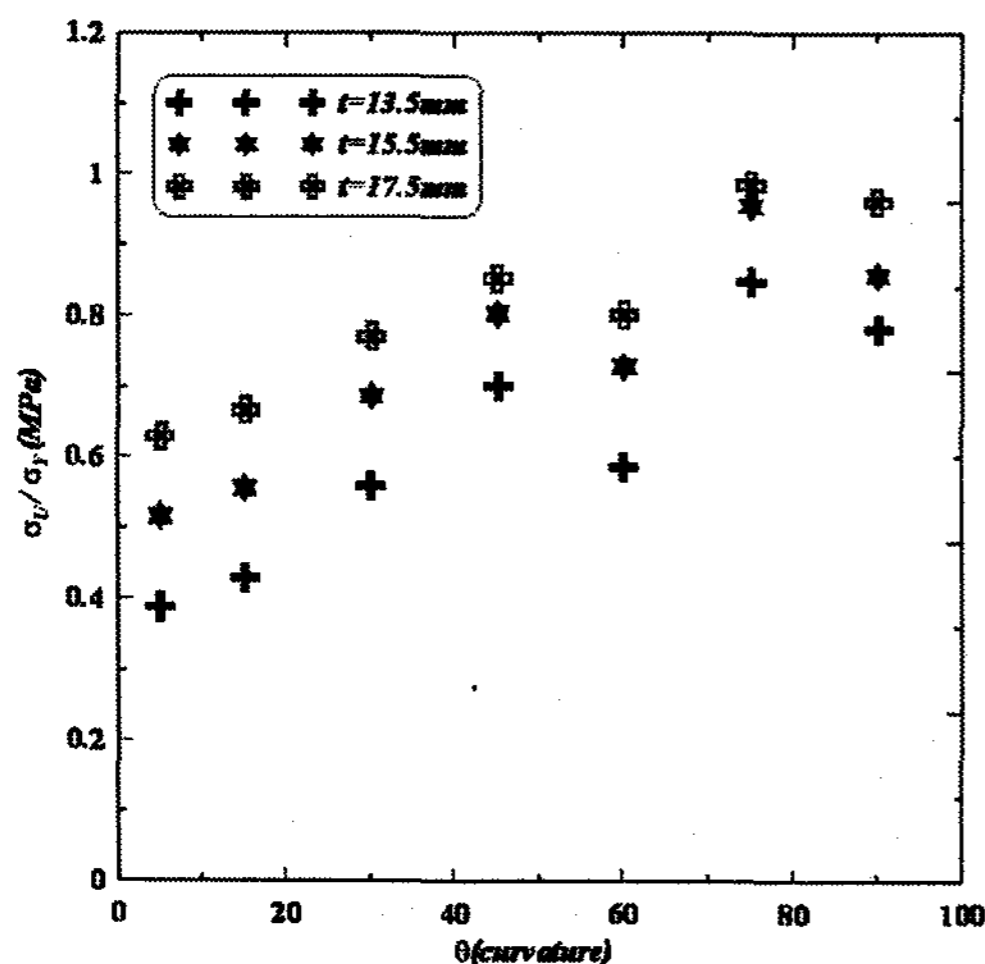


Fig. 1 Ultimate strength against curvature for curved plate with various thickness.

3.2 세장비에 따른 최종강도의 영향

곡률을 고려하여 세장비(β)에 따른 곡판의 최종강도 특성을 Fig.2로 나타내고 있다.

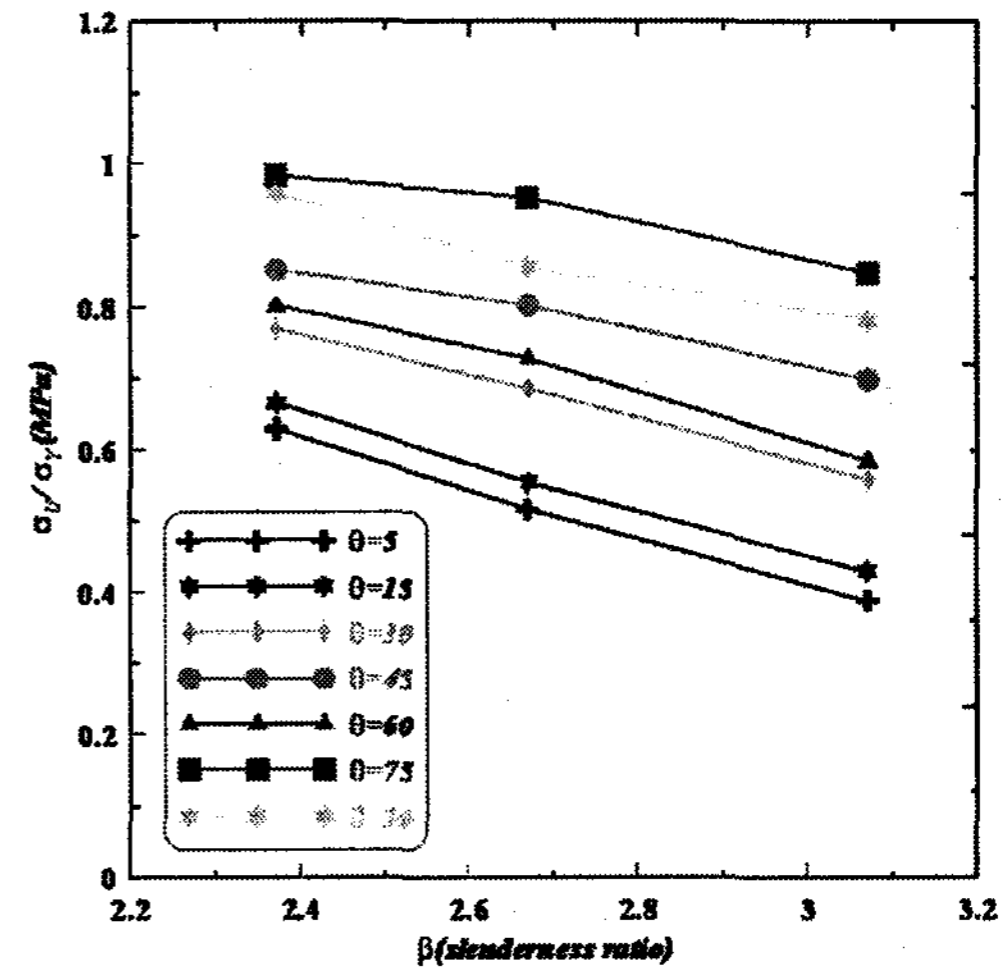


Fig. 2 Comparison of ultimate strength of curved plate with slenderness ratio under combined load.

결론

본 논문에서는 원통형 곡판구조의 최종한계상태(ULS)를 유한요소해석을 적용 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였다. 곡판의 세장비(β)가 증가할수록 최종강도가 감소하는 경향을 보였으며 또한, 곡률(θ)이 증가할수록 최종강도는 증가하고 있으며 특히, 곡률(θ) 60° 에서는 감소하여 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 특성들을 선박 초기설계 시 반영하여 선저만곡부의 최종강도 신뢰성 평가에 기여할 것을 기대된다.

후기

이 논문은 2007년도 산업자원부 주관 지역혁신인력양성사업의 지원을 받아 수행되었고 위 기관에 감사를 표합니다.

참고문헌

- [1] 권용우(2005), 선체곡판구조의 좌굴 및 최종강도 설계식의 개발에 관한 연구, 부산대학교, 공학석사논문.
- [2] 박형준(2005), 중소형 컨테이너선 선저만곡부 보강곡판의 최종강도 해석, 울산대학교, 공학석사논문.
- [3] 오영철, 고재용, 김병일(2007), 종방향 압축하중을 받는 선체 곡판구조의 좌굴 및 최종강도에 관한 연구, 한국항해항만학회 제31권 제1호 춘계학술대회논문집, pp.105~109.
- [4] 이재신(1981), 선체구조역학, 한국해사문제연구소.