

강선요트의 국부강도 구조해석에 관한 연구

박주신* · 고재용** · 이준교*** · 배동균****

* 목포해양대학교 박사과정(조선해양공학), **목포해양대학교 해양시스템공학부 부교수

*** 목포해양대학교 석사과정(조선해양공학), ****(주)한국종합설계 기술이사

A Study on the Local Strength Structural Analysis for Steel Yacht

Joo-Shin Park* · Jae-Yong Ko** · Jun-Kyo Lee** · Dong-Kyun Bae***

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

** Faculty of Ocean System Engineering, Mokpo National Maritime University, Mopo, 530-729, Korea.

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

**** The Korea Consolidation Design Corporation, Technology director, Mokpo, Korea.

요 약 : 지금까지 국내에서 제작된 요트는 선체의 재질이 FRP로 제작되어 왔으나 FRP는 환경오염 및 해양안전에 관한 법규 규제가 강화되고 있는 현 시점에서는 장래성이 불투명하고 변형 및 파손위험이 높을 뿐만 아니라 선체 제작시 외국의 고가(高價) 목형을 수입해야하는 단점을 안고 있다. 그러나 요트의 선체를 STEEL로 제작함으로써 이러한 문제들을 해결할 수 있다. 강선요트의 구조상 강선재료를 주로 사용함으로써 여러 가지 강도적인 측면에 대한 검토가 필요하며, 소형선박이므로 종강도, 횡강도 부분은 Rule의 허용 응력치에 안전율(Safe Factor)만을 주어서 설계를 하여도 충분히 안정된 구조를 이룰 수가 있다. 그러나, 소형선박에서 가장 문제시 되는 것은 국부강도(Local Strength)의 평가이다. 본 구조해석에서는 선수미에 슬래밍 동적하중과 선수충격에 의한 선수부의 손상 여부와 선수부의 국부강도를 만족 여부를 확인하고, Engine Bed 부분에서의 중량하중과 횡파하중에 대한 검토를 수행하였다.

핵심용어 : 강선요트, 안전율, 선수충격, 슬래밍, 엔진베드, 국부강도

Abstract : Analysis target ship is not introduced yet in domestic as steel yacht that is getting into the spotlight by leisure life in Australia or Japan. Sailing yacht or yacht for leisure time made of FRP into controlling power fare mainly and the design and made of latest fishing boat and something of domestic is consisting mainly. To need investigated for concept is various kinds overall strength as that use mainly steel wire material structurally of steel yacht, by small crafts about Longi strength, Transe strength portion even if design safety factor at subject to do Rule's allowable stress enough stable structure accomplish. But, it is assessment of part intensity that become refer to most in small size ship.

Keywords : Steel Yacht, Safe Factor, Boe Impact, Slamming, Engine Bed, Local Strength

1. 서 론

국민생활의 질적향상과 소득증가에 따라 여가 활동 및 레저에 대한 욕구가 높아지고 레저비용의 지출도 많아지며 레저의 질적향상을 동반하게 된다. 선진국의 전례로 볼때 국민소득이 2만불이 되면 육상레저에서 해양레저로 관심이 옮겨지며 특히 주5일 근무에 따라 주말여가의 패러다임이 바뀌게 될 때 급속하게 해양레저가 활성화가 되었다. 즉, 육상레저가 자원의 한계로 포화상태에 도달하여 선진국형의 해양레저 및 수상 레포츠쪽으로 저변이 확대되고 있다.

한편, 해양레저의 꽃인 요트는 보트 위에 돛을 달아 바람을 이용하여 물살을 헤쳐나가는 무동력 보트를 말한다. 처음 바람을 이용하여 움직이던 배에서 현재의 요트형태를 이루게 된 것은 17세기 초반 해양국가인 네덜란드에서 만들어진 '야크'라는 배가 그 기원이다. 요트는 1907년 국제요트경기연맹이 창설된 이래 현재까지 특히 선진 해양국가들을 중심으로 인기있는 해양레저 및 해양스포츠로 발전해 왔다.

지금까지 국내에서 제작된 요트는 선체의 재질이 FRP로 제작되어 왔으나 FRP는 환경오염 및 해양안전에 관한 법규 규제가 강화되고 있는 현 시점에서는 장래성이 불투명하고 변형 및 파손위험이 높을 뿐만 아니라 선체 제작시 외국의 고가(高價) 목형을 수입해야하는 단점을 안고 있다. 그러나 요트의 선체를 STEEL로 제작함으로써 이러한 문제들을 해결할 수 있다.

* 정희원, scv2434@mmu.ac.kr 061)240-7217

** 정희원, kojy@mmu.ac.kr 061)240-7129

*** 정희원, jklec96@mmu.ac.kr 061)240-7217

**** 정희원, kcdbcbae@hanmail.net 011)634-3317

해석대상선박은 강선요트(Steel Yacht)로서 국내에서는 아직 도입이 되지 않고 있으며, 호주나 일본등지에서 레저용으로 각광받고 있는 선박이다. 국내에서는 주로 FRP를 주 재료로 한 세일링요트(Sailing Yacht)나 레저용요트(Leisure Yacht) 그리고 최근 낚시보트(Fishing Boat)등의 설계 및 건조가 주로 이루어지고 있다. 강선요트의 구조상 강선재료를 주로 사용함으로써 여러 가지 강도적인 측면에 대한 검토가 필요하며, 소형선박이므로 종강도, 횡강도 부분은 Rule의 허용 응력치에 안전율(Safe Factor)만을 주어서 설계를 하여도 충분히 안정된 구조를 만족할 수가 있다. 그러나, 소형선박에서 가장 문제시 되는 것은 국부강도(Local Strength)의 평가이다. 본 구조해석에서는 선수부에 슬래밍 동적하중과 선수충격에 의한 선수부의 손상 여부와 선수부의 국부강도를 만족 여부를 확인하고, Engine Bed 부분에서의 중량하중과 횡파하중에 대한 검토를 수행하였다.

Table.1 및 fig.1은 해석대상선박의 주요제원 및 일반배치도를 나타내었고, fig.2는 해석대상선박의 전체 유한요소모델(FEM)을 간략하게 나타내었다.

Table 1. Principal particulars of Analysis Model

L.B.P	11.685M
RULE LENGTH	11.685M
BREADTH(MLD)	4.5M
DEPTH(MLD)	2.6M
DRAFT(DESIGN)	0.95M

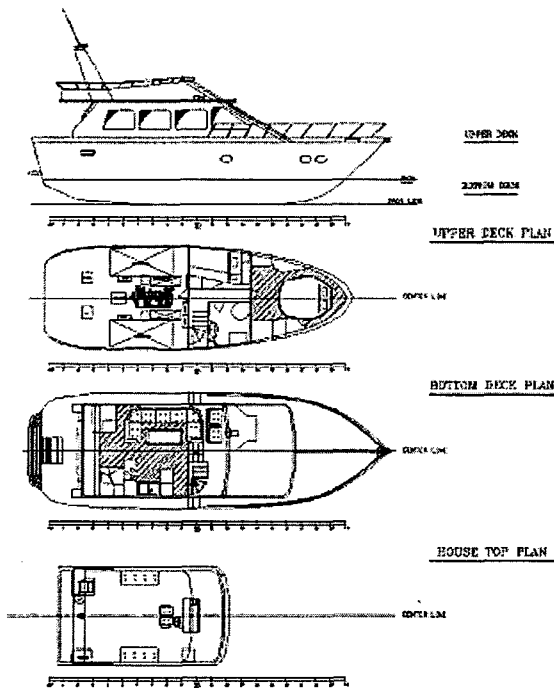


Fig.1 General Arrangement of Analysis Model

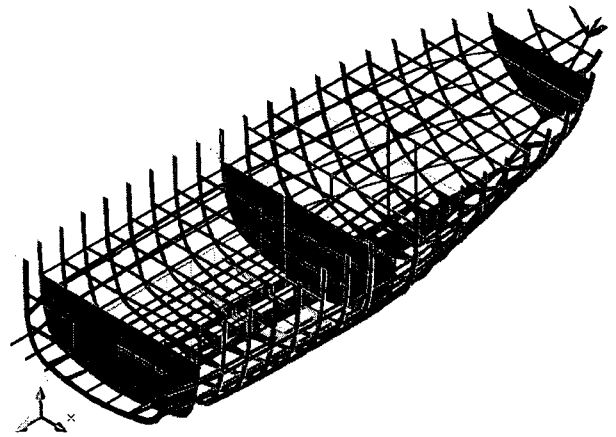


Fig.2 FEA Model for Analysis Model

2. 선수구조부의 구조해석

2.1 선구구조부의 구조해석모델

모델링의 범위는 Main Deck 아래의 구조물로서, Out-side shell, Inner-side shell, Collision B.H.D, Transverse web, Girder, Longitudinal stiffener의 구조물을 쉘(Shell)요소로 모델링하였다. 사용된 쉘 요소는 9,626개로 구성되어 있으며, 절점수는 10,169개로서 등방성 재료로 가정하였다. 해석을 위하여 상용유한요소 구조해석프로그램인 ANSYS V9.0을 이용하였다. 구조해석모델은 fig 3.에서 나타내었다.

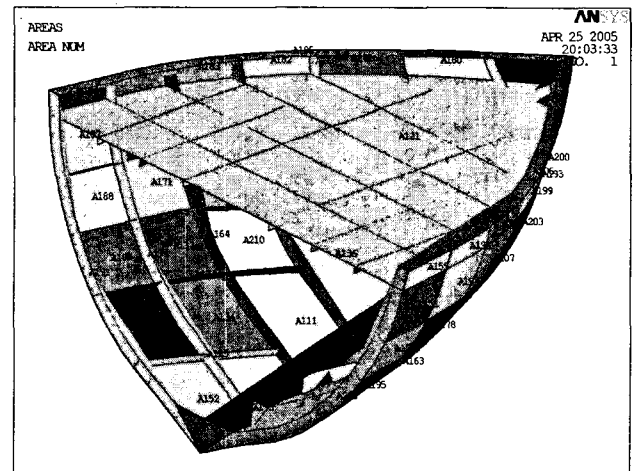


Fig.3 Bow structure model for steel yacht

2.2 하중조건과 경계조건

경계조건으로는 Fr.17번과 선수격벽을 고정시켰고, 선체중심단면에는 대칭조건(Symmetric condition)을 적용하였다. 하중은 LR Rule - Small craft(2002)에 의해서 계산된 설계하중을 사용하였다. Out-side shell에는 슬래밍 하중 $35.83kN/m^2$ 을 적용하였고, 보강재와 거더에는 슬래밍 하

중 $44.545kN/m^2$ 을 적용하였다. 또한, 선수격벽을 지나 Bottom부와 만나는 지점에는 선수충격하중을 $11.5kN/m^2$ 적용하였다.

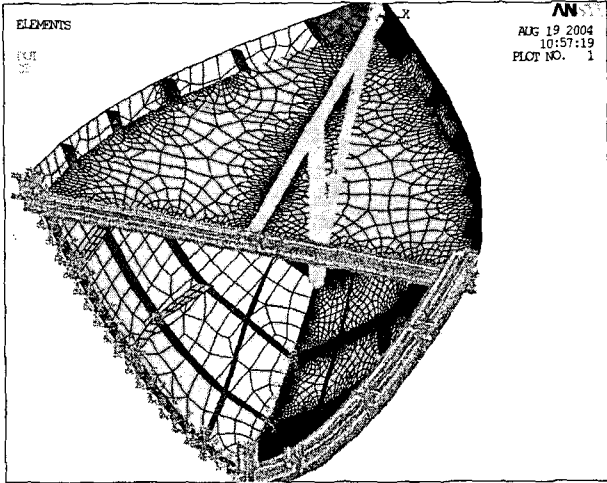


Fig. 4 Application of boundary condition

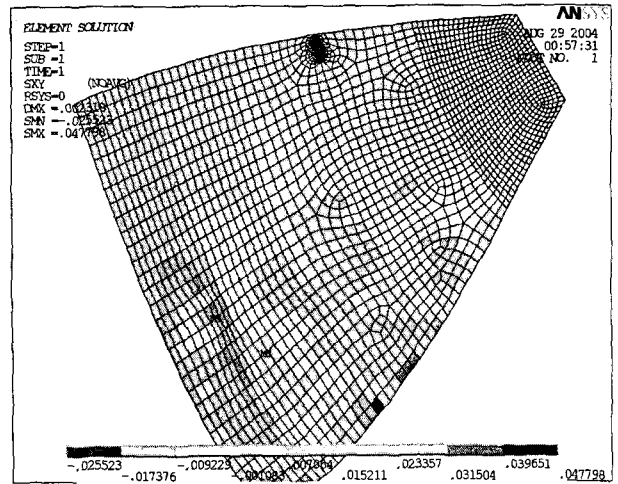
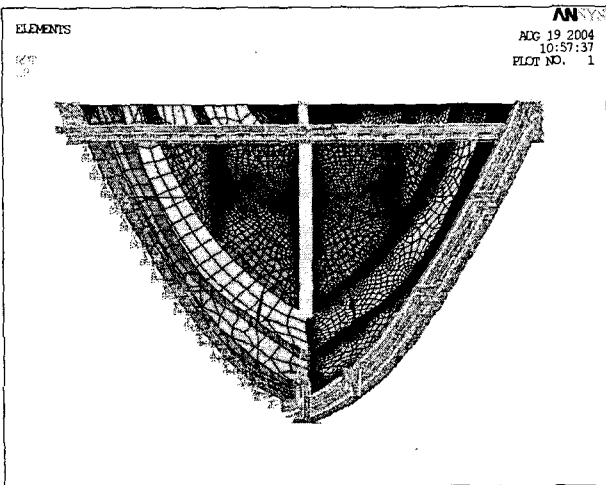


Fig. 6 Shear force distribution



Fig. 7 Von-mises stress distribution

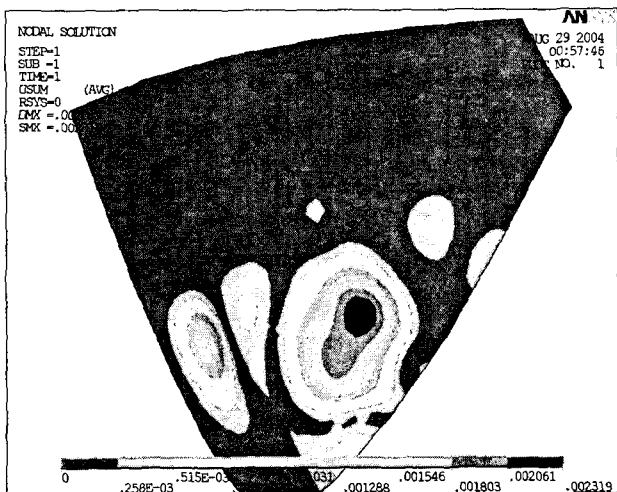


Fig. 5 Equivalent stress on the side shell plate

Table 2. 설계하중에 대한 부위별 최대응력값

Structural Member	재질	허용응력	최대응력
Bottom panels exposed to slamming	Mild Steel	141.2 MPa	39.62 MPa
Side structures	Mild Steel	141.2 MPa	62.35 MPa
Deck structures	Mild Steel	141.2 MPa	42.33 MPa
Bulkhead structures	Mild Steel	141.2 MPa	54.11 MPa

각 그림 참조
(변형형상은 Scale 10배로 표현하였음)

Table 2에서 볼 수 있듯이 계산된 설계하중 하에서의 응력분포는 비교적 낮은 응력수준을 보여주고 있다. 물에서 요구하는 허용 응력값에 만족하고 있으며 선박운용에 따른 선체구조요구강도를 충분히 보유한 것으로 판단된다.

3. Engine BED 부분에서의 중량하중과 횡파 하중에 대한 검토

해석에 사용된 유한요소는 Shell요소(Shell 63)이고, engine bed, center girder, side girder, transe frame, longi는 동일한 요소로 모델링에 적용하였다. 사용된 요소의 개수는 6290개, 노드는 7088개 이며 Frame space 7-9까지를 모델링에 적용하였다. 요소의 메쉬 비율은 1.0을 유지하도록 하였으며 격자 분할에 있어서는 Mapp Mesh를 적용하였다. 사용된 재료의 물성치로서는 본 설계에 사용된 SS400(Mild steel)의 물성치를 적용하였다. 탄성계수(E)=205.8 GPa, 항복응력=235.2 MPa, 포아송비=0.3이며 모델의 치수는 길이방향 판재길이=1200mm, 폭방향 판재길이=850mm이며 선체외판에서 엔진 베드 높이는 200mm이다.

해석에 사용된 경계조건은 선체의외판은 UX, UY, ROTX, ROTY 구속을 주었고 하중성분은 엔진의 무게(1.043 ton)와 횡파하중(35.6 MPa)을 산정하여 우현에서 좌현방향으로 하중을 가하였다. 선박의 대각도 경사시에도 엔진의 중량무게와 선박 좌, 우현의 흘수차이에 의한 정수압만큼의 정하중이 작

용하더라도 엔진베드가 구조적으로 안정해야 함을 확인하기 위함이다. 이 구조는 좌우대칭구조이나 전체모델을 해석에 적용하였다.

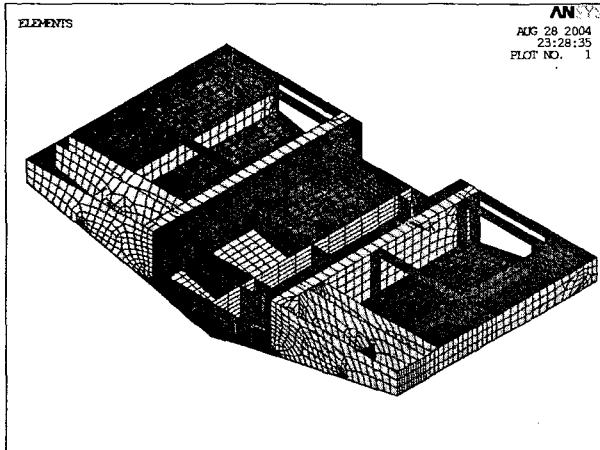


Fig. 8 FEA model

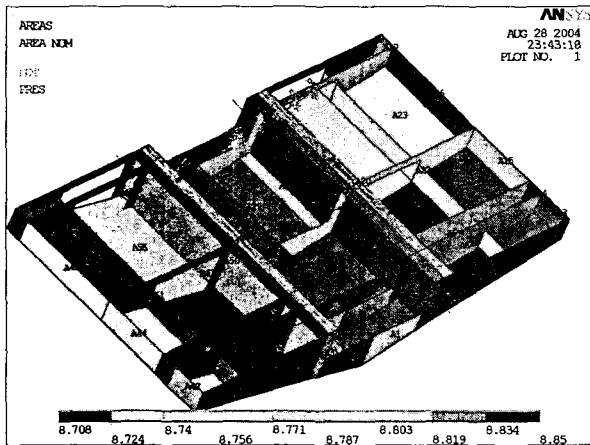


Fig. 9 Application of boundary condition

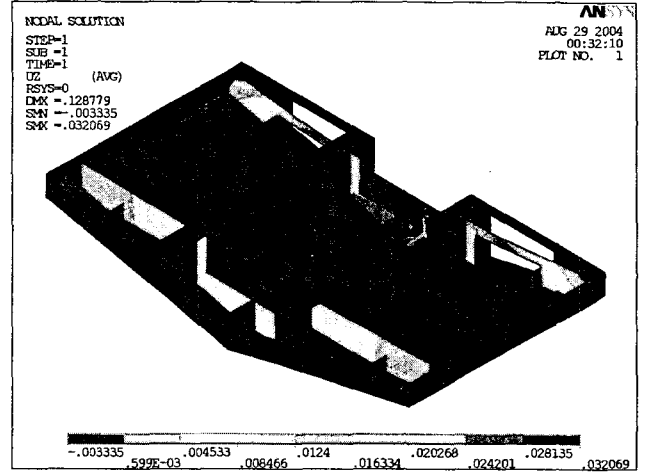


Fig. 10 Deflection value distribution

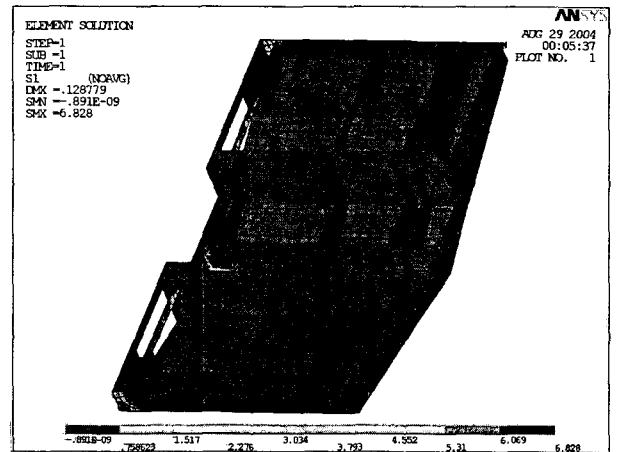


Fig. 11 Equivalent stress distribution

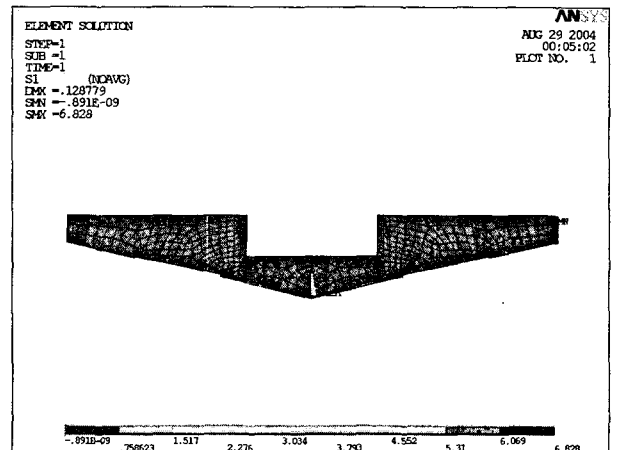


Fig. 12 Deformed shape under transe wave load

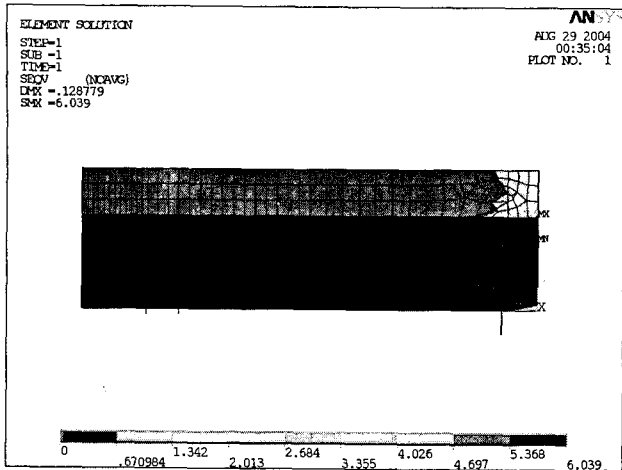


Fig. 13 Stress(x-direction) on the engine bed

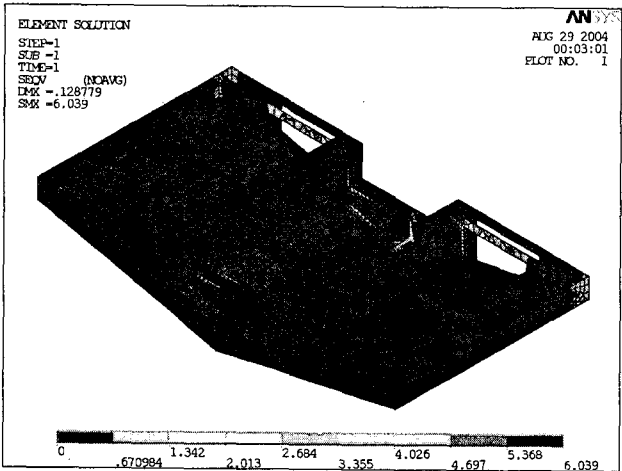


Fig. 14 Shear force distribution x-y direction

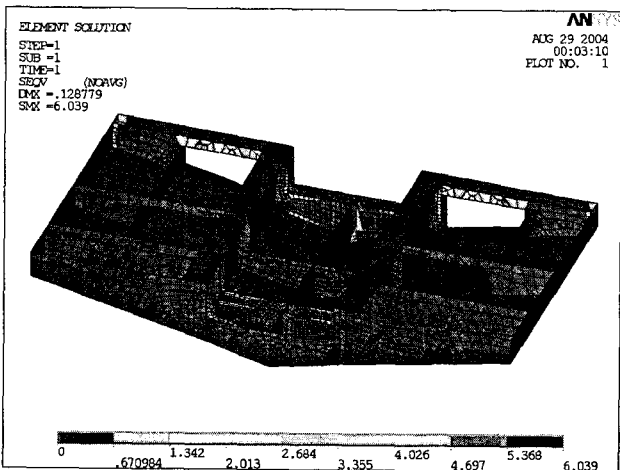


Fig. 15 Shear force distribution y-z direction

이러한 구조해석을 통해서 본 강선요트의 엔진베드 부분은 엔진의 중량하중과 대각도 경사시 흘수 차이에 의한 경수압하중이 작용하더라도 구조적으로 충분한 강도를 보유하고 있는 것으로 판단되었다. 엔진베드의 위치는 내측 거더와 같

은 위치에 놓이게 하여 충분한 강도를 지닐 수 있도록 배치하였으며, 엔진베드에 작용되는 횡파하중에 대비하여 횡강도 보강용 프레임을 총 3곳에 배치하여 최대처짐량은 0.12879mm로서 모두 허용처짐(처짐/두께<1)보다 작게 분포하였다. 엔진베드와 엔진베드에 작용하게 되는 횡파하중에 대비하기 위하여 엔진베드 두께를 20mm로서 상대적으로 큰 단면계수값을 보유하면서 설계하중이 작용하였을 경우 구조적으로 전혀 문제시 되지 않음을 알 수가 있었다. 참고로 이후 해석결과에 대한 그림은 너무 미세한 변형으로 인하여 스케일 팩터를 100배 한 그림이다.

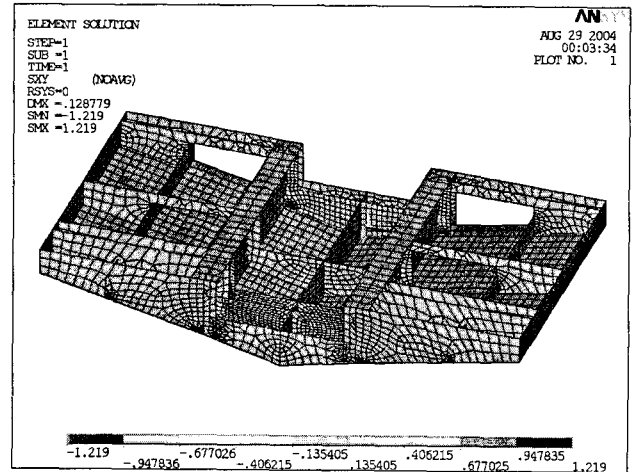


Fig. 16 Shear force distribution z-x direction

5. 결론

본 논문에서는 강선요트의 설계에 사용된 시제선에 관하여 소형선박의 구조강도 평가에 있어서 구조해석 상용코드인 ANSYS를 적용하여 적용된 틀을 통하여 얻어진 설계하중을 적용하여 국부강도 구조해석을 수행하였다.

- 1) 선수부의 계산된 설계하중의 작용 시의 응력분포는 LR 구조기준의 허용응력값을 충분히 만족하였다.
- 2) 강선요트의 대각도 경사시를 고려한 경우에도 구조는 안정적인 강성을 지니고 있으며, 구조기준에도 만족하였다.
- 3) 소형선박의 구조강도의 평가에 있어서 구조기준과 구조해석을 겸용한 방법을 통하여 선박의 구조 안정성을 명확하게 규명할 수가 있다.

참고 문헌

- [1] ANSYS Mechanical Tutorial v9.0, 2004.
- [2] 오석진, 김만수, 서인성, 이경석 : "VLCC 선미부 화물창에서 Inside Long.BHD의 최적 구조배치 및 구조안정성

평가”, 대한조선학회논문집, pp.389-394, 2002년도 추계학술대회 논문집, 2002. 11. [3] LR-Small craft design, 2002.