

38피트급 보급형 고속 카타마란 요트의 구조해석

박주신[†] · 고재용* · 이경우** · 오우준***

[†]오사카대학교 선박해양공학과, **목포해양대학교 해양시스템공학과 교수

***목포해양대학교 해양시스템공학과 대학원 석사과정

Structural analysis of an 38 feet diffusion style for high-speed catamaran yacht

Joo-Shin Park[†] · Jae-Yong Ko* · Kyoung-Woo Lee** · Woo-Jun oh***

[†]Ocean System Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo city, 530-729, Korea

*,**Graduate school of Engineering, Osaka University, Suita, 565-0834, Japan

***Graduate school of Engineering Mokpo National Maritime University, Mokpo city, 530-729, Koera

요 약 : 최근 해양 레저문화 확산에 따라 요트와 같은 레저선박의 설계기술이 요구 되고 있다. 현재 까지 요트 설계 및 생산을 위한 국내 기술개발은 해양 레저 선진국에 비해 활발하지 않으나 최근에 요트 설계 및 생산기술의 발전으로 인하여, 관련 요소 기술의 개발이 필요시 되고 있다.

본 연구 에서는 해양레저 선박으로서 쌍동선 요트에 대한 기본 구조 설계 및 구조 해석을 위한 기법을 제시한다. 요트와 같이 길이 50미터 이하 길이와 폭/비가 12보다 작은 소형 고속 선박의 강도 해석에 대한 규정이나 방법론은 아직 까지 선급 등에서 공식적으로 제안되지 않고 있다. 따라서 본 논문에서 부재의 스캔틀링은 DNV(Yachts, Design Principles, Design Loads, Hull Structural Design)기준과 KR(FRP선 규칙적용 지침)을 사용하였다. 또한, 구조해석 평가에 있어서는 ABS가이드 라인을 적용하여, 구조안정성을 평가하였다. 본 연구를 통하여, 38피트 보급형 쌍동선 요트의 실선 제작에 피드백 역할이 가능하게 되었다. 또한, 연구 결과는 앞으로 고속 쌍동형 요트의 구조설계 및 구조해석에 관련된 기본적인 자료로 유용하게 활용될 것으로 예상된다.

핵심용어 : 카타마란, 슬래밍, 굽힘 모멘트, 유한요소법, 구조해석

Abstract : Recently, design technology of has been required such as catamaran yacht with high-speed according to expand a marine leisure industry. The domestic technical development for design and production of yacht is not actively than Canada, USA, Japan etc. However, with further development of yacht design & technology, it is need to develop a key technology related to increase the value of catamaran yacht. In the present paper, new guideline is suggest for catamaran yacht as like kinds of marine leisure ship in order for fundamental structure design and structural analysis for twin-hulled ship yacht and techniques for structural analysis as sea leisure ship in this research. The class of society has not been proposed formally about regulation and methodology for estimation of strength of small high-speed craft with satisfying two conditions as noted; length less than 50meters, ratio of length to breadth less than 12. In the present study, we were adopted DNV (Yachts, Design Principles, Design Loads, Hull Structural Design) Rule and KR (FRP rule application guide) for scantling of structural members. Furthermore, ABS rule is used for structural calculation about application of loading conditions for catamaran yacht. This study can be available feedback role to manufacture of 38ft diffusion style for catamaran yacht. It is expected that this study will be a good reference in order to design of catamaran yacht with high-speed.

Key words : Catamaran, Slamming, Bending moment, Finite element method, Structural analysis

1. 서 론

최근, 한국의 해양 레저 시장은 성장 초기 단계로서 주 5일 근무제의 시행과 함께, 1인당 국민소득의 증가로 인하여, 향후 5-6년간 고속성장을 할 것으로 기대 되고 있다.

이러한 유리한 상황에도 불구하고 우리나라는 세계 제일의 조선강국이라 불리면서도 대부분의 해양레저 분야의 관련 인프라

는 주요 선진국에 비교하여, 미흡한 실정이다(신 등, 2006).

특히 해양 레저 스포츠의 꽃이라고 불리우는 Cruising Yacht 분야의 설계는 대부분 수입에 의존 하여 제작하고 있는 실정이다. 현재까지 요트 설계 및 생산을 위한 국내 기술개발은 해양레저 선진국에 비해 활발하지 않으나 최근 중소형 조선소 및 연구소를 중심으로 독자적인 요트 개발에 박차를 가하고 있는 중이다. 본 논문에서는 대표적인 해양 레저 요트의 일종

[†] 교신저자 : 박주신(정회원), Joo-Shin_Park@naoe.eng.osaka-u.ac.jp 061)240-7217

* 정회원, kojy@mmu.ac.kr 061)240-7305

** 정회원, kwlee@mmu.ac.kr, 061)240-7307

*** 정회원, woojunoh@mmu.ac.kr 061)240-7142

인 카타마란 형 레저 요트의 기본구조 설계 및 구조해석을 위한 해석적 방법을 제시 하고자 한다.

최근, 고속 단동형(mono-hull), 카타마란(catamaran) 형태의 요트 및 웨리에 대한 관심이 크게 증대되면서, 여러 가지 관련 설계 기술의 비약적인 발전과 함께, 각 선급에서는 관련 규준들을 재 정비하고 있다. 그러나, 소형요트 구조 설계와 구조해석 평가에 대한 일련의 과정에 있어서, 길이 50m이하인 조건과 폭의 비가 12보다 작은 복합 재료를 고려한 소형 고속선박의 구조강도 평가에 대한 규정이나 절차에 대한 자료는 아직도 미흡하다. 특히, 단동형 선박에 비해서, 갑판면적을 크게 활용하는 특징을 지닌 카타마란 형태에서는 두 개의 hull 사이에 작용하는 슬래밍 및 비틀림 거동에 대한 보다 구체적인 구조강도 검토가 이루어져야 하는 문제점을 지니고 있다.

따라서 본 연구에서는 DNV(Yachts, Design Principles, Design Loads, Hull Structural Design), ABS 그리고 KR (FRP선 규칙적용지침) 기준을 바탕으로, 고속 카타마란 형 요트 구조설계 절차 및 유한요소법을 적용한 전선해석에 대한 내용을 언급하고 있다. 이와 같은 결과는 향후 소형 카타마란 형태의 요트의 구조설계 및 구조해석에 관련한 기초적인 자료로 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

2. 38피트급 보급형 카타마란 형 요트의 구조설계

2.1 구조 재료의 특성

일반적으로 카타마란 형 요트의 제작 시 고려하는 사항은 다음과 같다. 첫 번째로, 선체 구조강도를 만족함과 동시에, 선각증량이 가벼워야 한다. 두 번째로, 화재 및 부식에 대해서 상대적으로 강한 재료의 사용이 요구된다. 최근들어, 알루미늄 재료를 활용한 고속 요트의 제작이 이슈화 되고 있다. 그러나, 알루미늄 재료를 선택할 경우, 여러 가지 장점에 비해서, 선가가 크게 증가하는 단점을 지니고 있어서, 보급형 카타마란 형 요트의 재질로는 부적합한 면이 존재한다. 물론, 환경적인 측면이나 설계 및 생산기술의 비약적인 발전으로 인하여, 알루미늄 고속 요트의 보급화가 실현된다면, FRP(Fiber Reinforced Plastic) 를 대체할 수 있을 것이라고 사료된다.

2.2 설계 하중

카타마란 형 레저 요트 설계에 대한 기준은 선급이나 각종 연구 자료를 통해서, 제시되고 있다. 그러나, 아직까지도 소형 고속 요트 및 웨리(ferry)에 대한 구조설계 및 구조강도 평가에 대한 기준의 정립에 관해서는 보다 많은 연구와 고찰이 필요하다. 본 장에서는 고속 카타마란 형 요트의 설계하중에 대한 여러 가지 기준에 대해서 간략히 소개를 하고 있다. Fig.1 에서는 본 논문에서 개발 목적으로 하고 있는 38피트급 보급형 카타마란 형 레저요트에 대해서 나타내고 있다. Table 1에서는 본 연구에서 대상으로 하고 있는 카타마란 형 요트에 대한 주요치수를 나타내고 있다. 개발 목표로 하고 있는 보급형 요트는 길이

에 비해서 폭이 상대적으로 넓은 치수비를 유지하고 있으며, 방형 계수와 주형계수가 상대적으로 작은 세장선으로 설계가 되어 있어서, 고속 항주에 부합하는 특징을 가지고 있다.

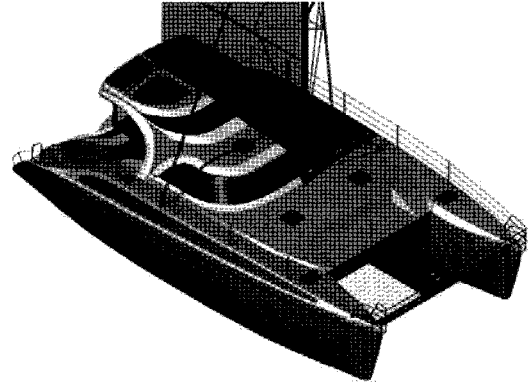


Fig. 1 38 feet catamaran yacht

Table 1에서는 본 연구의 주요 대상인 38피트급 보급형 카타마란 형 레저요트의 주요제원에 대해서 나타내고 있다.

Table 1 Principal of dimension

LOA	11.68 m
LWL	11.06 m
Breath	6.157 m
Depth	2.1 m
Draft	0.46 m
Cb	0.493
Cp	0.599
KG	0.460
KB	0.289
Displacement	6.463 ton

1) 설계 수직 가속도

$$a_{cg} = \frac{V}{\sqrt{L}} \times \frac{3.2}{L^{0.76}} \times f_g g_0 \quad (1)$$

논문에서 고려한 카타마란 형 고속 요트의 속장비 (V/\sqrt{L}) 가 3.15 이므로 (1) 식에 f_g (선종과 항행범위 제한부호에 따라 구분된 가속도 계수) 와 g_0 (중력가속도) 값을 대입하여 설계 수직 가속도 값을 구한다.

2) 허용 속력

$$a_{cg} = \frac{k_h g_0}{1650} \left(\frac{H_s}{B_{WL}} + 0.084 \right) (50 - \beta_{cg}) \left(\frac{V}{\sqrt{L}} \right)^2 \left(\frac{LB_{WL}^2}{\Delta} \right) \quad (2)$$

H_s (유의 파고의 높이), β_{cg} (선박의 무게중심에서의 선저경사도), B_{WL} (선체만의 나비), k_h (선체 형상에 따른 형상계수) 를 이용하여 설계 수직 가속도에 대응하는 허용속력 값을 구한다.

3) 종방향의 설계 가속도

$$a_i = 2.5 \left(\frac{C_W}{L} \right) \left(0.85 + 0.25 \frac{V}{\sqrt{L}} \right) 2g_0 \quad (3)$$

C_W 는 파랑계수로써 100m 이하의 선박에 대해서 0.08L을 적용시켜 종방향의 설계 가속도 값을 구한다.

4) 횡방향의 설계가속도

$$a_f = \left(2 \times \left(\frac{\pi}{T_R} \right) \right) 2\theta_r r_r \quad (4)$$

$$a_f = \left(2 \times \left(\frac{\pi}{T_R} \right) \right) 2\theta_r r_r \times a_f + g_0 \sin \theta_r \quad (5)$$

T_R (횡요주기), 최대 속력의 0.7배를 유지 할 수 있는 조건에서, 최고 파고 0.6 C_W 를 이용하여 θ_r (최대 횡요 기울기)를 구하고 카타마란 형일 경우 수선으로서 r_r (횡요 중심으로부터 고려하는 위치 까지의 높이)를 구할 수 있다 (4)식의 a_f 를 (5)식에 대입하여 횡요 중심의 상부의 설계 가속도 값을 구한다(KR, 2007)

5) 선저 설계 슬래밍 압력

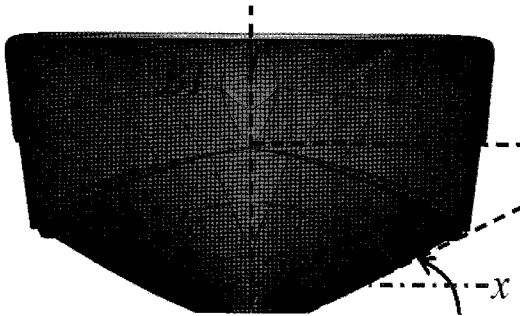


Fig. 2 Inclination for bottom of the transverse section

$$P_{sl} = 1.3k_1 \left(\frac{\Delta}{nA} \right) 0.3d_0 0.7 \left(\frac{50 - \beta_x}{50 - \beta_{cg}} \right) a_{cg} \quad (6)$$

선체가 2개이므로, n 의 계수값을 2로 하고 고려하는 부재의 설계 하중 작용면적(A)는 0.002 Δ/d 보다 클 필요는 없다. k_1 (슬래밍 압력 분포계수), 판을 따라 측정한 횡 보강재의 간격(S), 운항 속도시 정상운항 상태에서 L 의 중앙부에서 측정된 흘수 (d_0), 고려하는 횡단면의 선저 경사 각도 (β_x)를 통하여 선저 슬래밍 압력을 구한다.

6) 중요에 의한 슬래밍 압력

$$P_{sl} = \left(\frac{21}{\tan \beta_x} \right) k_d k_b C_W \left(1 - \left(\frac{20d_L}{L} \right) \right) \quad (7)$$

판재류와 횡보강재 및 거더에 작용하는 중요에 의한 슬래밍 압력을 구한다(KR, 2007)

7) 선수 측부 및 선수부 충격압력

$$P_{sl} = \left(\frac{0.7LC_L C_H}{A^{0.3}} \right) \left[0.6 + 0.4 \frac{V}{\sqrt{L}} \sin \gamma \cos(90 - a) + \left(\frac{2.1a_0}{C_B \sqrt{0.4 \frac{V}{\sqrt{L}}}} + 0.6 \sin(90 - a) \left(\frac{x}{L} - 0.4 \right) \right] \times 2 \quad (8)$$

고려하는 부재의 설계하중 작용 면적(A), 선미단으로부터 고려하는 곳까지의 거리(x), 선박의 각각의 수정계수와 플레어 각도, 수선의 접선과 버터크 라인이 이루는 각도(γ) 등을 통하여 선수 측부 및 선수부 충격 압력을 구한다(KR, 2007)

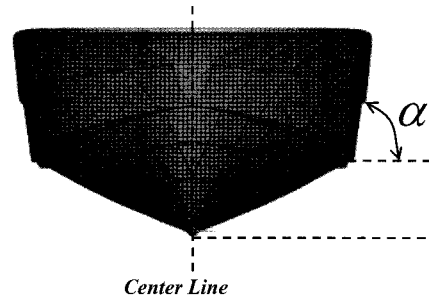


Fig. 3 Flare angle considering actual view

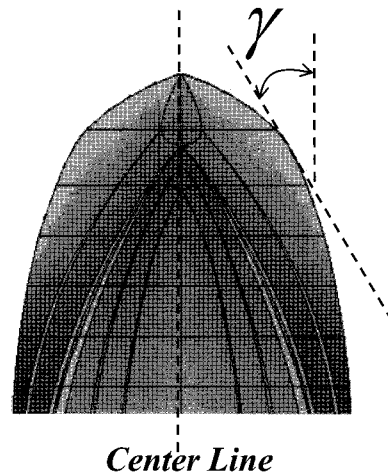


Fig. 4 Angle between water line and buttock line

8) 쌍동선 연결구조의 슬래밍 압력

$$P_{sl} = 2.6k_t \left(\frac{\Delta}{A} \right) 0.3a_{cg} \left(1 - \frac{H_C}{H_L} \right) \quad (9)$$

선체에 따른 슬래밍 압력의 선박 길이 방향 분포 계수(k_t)는 쌍동선의 경우 0.3을 이용하고 선체 형상에 따른 계수(k_c)를 이용하여 쌍동선 연결 구조의 슬래밍 압력을 구한다.

9) 선측부 및 노출 갑판에 작용하는 해수압력

$$P = 10h_0 + \left(k_s - 1.5 \frac{h_0}{d} \right) C_W \quad (10)$$

중양에서 선미단 까지, 선수단 앞쪽까지 의 해수압력은 항행 범위 제한 부호에 따라 선측부, 노출갑판부, 루프부가 결정된다.

Table 2에서는 KR(한국선급)에서 분류하는 항행범위에 따른 각 요트의 부재범위에 따른 해수압력의 최소값을 나타내고 있다(KR, 2007).

Table 2 Minimum value against water pressure

항행범위 재질부호	선측부	노출갑판부	노출루프부
SA0, SA1, SA2, SA3	6.5	5	3
SA4	5	4	3
SA5	4	3	3

10) 고속항해 시 충격하중에 의한 굽힘 모멘트

$$A_k = K\Delta \left(\frac{1 + 0.2 \frac{a_{cg}}{d}}{d} \right) \quad (11)$$

속장비가 3.0 이상인 선박의 슬래밍 압력의 면적에 대해 중앙부 파정 착수시 k 값을 0.7로하고 선수미 착수시의 K값을 0.6으로 하여 면적을 구한다.

11) 중앙부 파정 착수 모멘트

$$M_B = \frac{\Delta}{2} (g_0 + a_{cg}) (e_w - 0.25l_s) \quad (12)$$

선박의 선수부 무게 중심에서 선미부 무게 중심까지 거리의 1/2값(e_w)을 구하고 추정이 불가능할 경우에는 0.25L로 구한다. 슬래밍 압력의 작용면적의 종방향 범위(l_s), 슬래밍 압력의 작용면적의 폭(b_s)을 구하여 중앙부 파정 착수 모멘트(Hogging)을 구한다(KR, 2007).

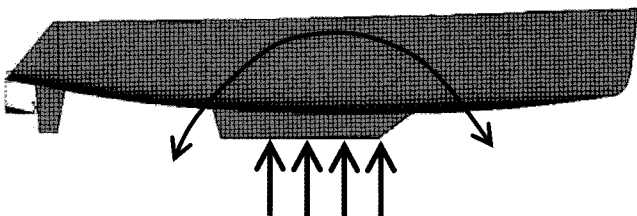


Fig. 5 Longitudinal range of the slamming action

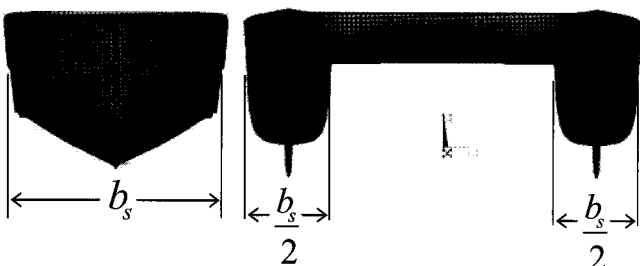


Fig. 6 Breadth of the slamming action

12) 선미부 파정 착수 모멘트

$$M_B = \frac{\Delta}{2} (g_0 + a_{cg}) (e_r - e_w) \quad (12)$$

슬래밍 압력의 작용면적의 중앙 으로부터 선박의 무게 중심까지의 평균 거리(e_r)를 구하여 선미부 파정 착수 모멘트(Sagging)를 구한다.

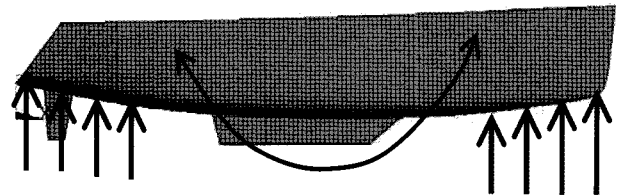


Fig. 7 Longitudinal range of the slamming load

13) 호깅 및 새깅 굽힘 모멘트

$$M_{Hog} = M_{SW} + 0.19C_{WL}2(B_{WL} + k_2B_{in})C_b \quad (13)$$

$$M_{Sag} = M_{SW} + 0.14C_{WL}2(B_{WL} + k_3B_{in})(C_b + 0.7) \quad (14)$$

호깅 굽힘 모멘트로 최대 하중조건에서의 정수중 모멘트 추정 이 관련한 호깅은 0.5ΔL로 계산을 하고 새깅은 0 으로 계산을 한다. 용골상면으로부터 쌍동선 연결구조 의 하단까지의 높이를 이용하여 호깅과 새깅시의 쌍동선연결부의 잠수에 의한 영향 계수를 구한다.

14) 종굽힘에 의한 전단력

$$Q_b = \frac{M_B}{0.25L} \quad (15)$$

호깅과 새깅에 종굽힘에 의한 전단력을 구한다.

15) 쌍동선 연결구조에 작용하는 횡방향 굽힘 모멘트

$$M_s = \frac{\Delta a_{cg} b}{s} \quad (16)$$

항해 범위에 따라 쌍동선 선체 중심간의 길이(b)와 항행범위에 따른 계수(s)에 의하여 횡방향 굽힘 모멘트를 구한다.

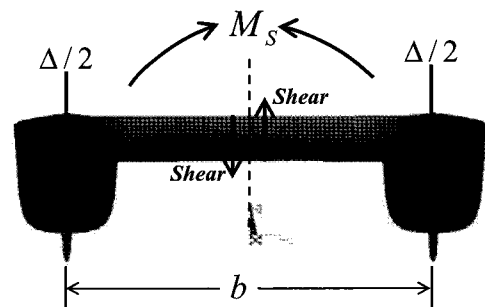


Fig. 8 Transverse bending moment

Table 3에서는 KR(한국선급)에서 분류하는 항행범위에 따른 두가지 계수값의 정의에 대해서 나타내고 있다.

Table 3 Coefficient s, q according to voyage range

항행범위 제한 부호	s	q
SA4	8.0	6.0
SA3	7.5	5.5
SA2	6.5	5.0
SA1	5.5	4.0
SA0	4.0	3.0

16) 쌍동선체 사이의 중심선상에 작용하는 수직 전단력

$$S = \frac{\Delta a_{cg}}{q} \quad (17)$$

항행범위 제한 부호에 따른 항행범위에 따른 계수(s)와 항행 구역에 따른 계수(q) 값을 이용하여 쌍동선체 사이의 중심선상에 작용하는 수직 전단력을 구한다.

17) 쌍동선 중·횡 비틀림 모멘트

$$M_p = \frac{\Delta a_{cg} L}{8} \quad (18)$$

$$M_t = \frac{\Delta a_{cg} b}{4} \quad (19)$$

쌍동선 길이와 폭을 이용하여 중(M_p)·횡(M_t)를 구한다.

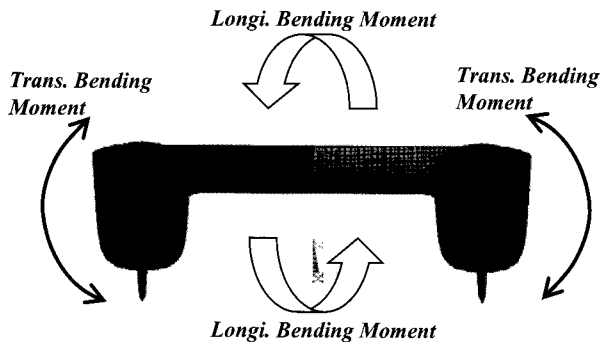


Fig. 9 Longitudinal and transverse torsional moment of the catamaran

18) 굽힘 강도(선체 횡단면의 단면계수)

$$Z_r = \frac{M}{\sigma} \times 103 \quad (20)$$

선박의 중앙부에 있어서의 굽힘 모멘트와 허용 굽힘 응력(175 N/mm²)을 이용하여 선체 횡단면의 단면계수를 구한다.

2.3 구조 부재 스캔틀링 (scantling)

요트는 승선원을 탑승시켜 해상에서 여가를 즐기기 위한 휴식형 레저선박으로 승선원의 안전과 안락함을 증대 시키기 위

한 적합한 구조와 최적의 스피드를 요구하기 위해 경량화를 고려하여 설계 하여야 한다(장 등, 1998). 구조 부재 scantling에는 KR의 FRP선 규칙 적용 지침에 제시한 룰을 이용하였다. 선체 구조 부재를 보강재 격벽, 외판, 갑판, 늑골, 선저구조 등의 두께와 단면계수를 계산 하였다.

- 선체 외판의 구조 치수는 단판구조 또는 샌드위치 구조로 하는 경우에 정한다.
- 샌드위치 구조인 외판은 내층판 및 외층판에 대한 각각의 두께는 2.4mm 미만 이어서는 안된다.
- 선수미부의 외판은 선박의 중앙부 이외에서도 중앙부와 동일한 구조로 하여야 한다.
- 샌드위치구조의 갑판 두께는 2.4mm미만 이어서는 안된다.
- 늑골의 두께는 4.0mm미만이 되어서는 안된다.

위와 같은 선급규정을 기준으로 두께와 단면계수 값은 요구 값의 미만이 되지 않게 적절히 부재를 설계한다(DNV, 2005).

Table 4 Scantling of structural members

항목	두께[mm]
용골	10.45
선측외판	5.36
선저외판	4.74
선수선저보강부 외판	6.20
갑판	3.0
횡늑골	3.95
선측중늑골	8.20
중심선거더 웨브	6.46
측거더 웨브	6.40
늑판	3.95

3. 전선 구조해석 및 고찰

주요 구조 부재의 치수는 앞장에서 기술한 절차와 방법에 따라 정의 하였으며, DNV 와 KR(FRP)에서 제시한 방법에 따라 부재의 치수를 결정하였다.

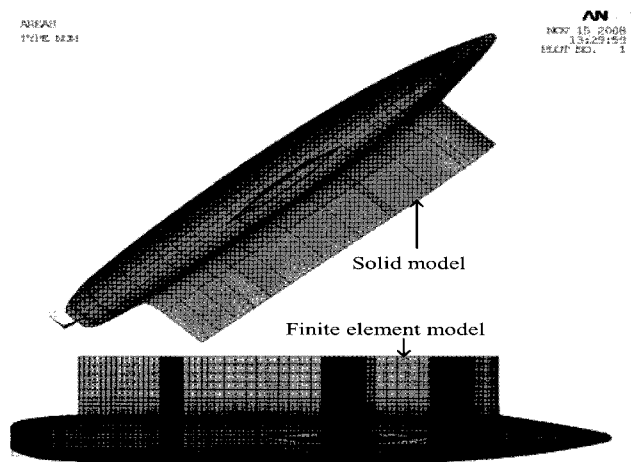


Fig. 10 Finite element model and solid model of catamaran

3.1 유한요소 모델링

카타마란 형 고속 요트의 특성상 전체 폭의 절반을 중심으로 대칭을 이루고 있는 구조이기 때문에, 절반만을 모델링에 고려하고, 대칭을 이루는 중앙면에는 대칭경계조건을 적용하였으며, Fig.10에서 나타내고 있다. 모든 구조부재는 쉘99 레이어 요소를 적용하여, FRP 재료의 적층에 의한 건조의 특성을 표현하였다. 이 요소는 최대 250개의 레이어 지정이 가능하며, 6개의 자유도(UX,UY,UZ,rotx,roty,rotz)를 갖고 있다.

Table 5에서는 본 논문에서 고려한 하중조건에 대해서 나타내고 있다. 하중은 총 5가지로 분류하였으며, 소형 카타마란 형 요트에서 취약하기 쉬운 횡압힘 모멘트 적용, 비틀림 모멘트, 수직 전단력, 헬의 선저부에 작용하는 슬래밍 압력 그리고 헬과 헬 사이의 보드의 연결부와 보드에 작용하는 슬래밍 압력으로 구분하였다(ABS, 1997).

Table 5 Loading conditions

Load case number	Load
1	Transverse bending moment
2	Torsional moment
3	Vertical shear
4	Bottom slamming
5	Inboard slamming

Table 6 Material properties of FRP

Material properties	FRP
탄성계수[MPa]	8,770
Poisson 비	0.23
밀도[kg/mm ³]	2.08 × 10 ⁻⁶
인장 항복응력[MPa]	115
압축 항복응력[MPa]	124

Table 6은 해석에 사용된 FRP 재료의 물성치를 나타내고 있다.

3.2 해석 결과 및 고찰

Fig. 11과 12의 결과는 틀에서 구해진 설계하중(횡방향 휨 모멘트)을 헬에 적용한 후 결과를 나타내고 있다. 점선은 하중 작용 전의 헬의 중심선을 나타내고 있으며, 횡방향 휨 모멘트가 작용하게 되면, 헬은 바깥면쪽으로 큰 처짐이 발생하게 된다. 이때, 헬과 헬 사이의 연결부재 역할을 하고 있는 보드의 외판에서 큰 응력이 발생하게 되며, 선미쪽 보드의 외판부재에서 더욱더 크게 나타나고 있다. 이러한 원인은 선수쪽 보드는 슬래밍 혹은 충격하중에 견디기 위하여, 일정한 곡률을 가진 구조이지만 선미쪽은 곡률을 지니지 않은 평평한 구조로 되어 있기 때문이다. 최대 처짐은 약 3.7cm로서 헬(hull)의 상단부에서 나타나고 있다.

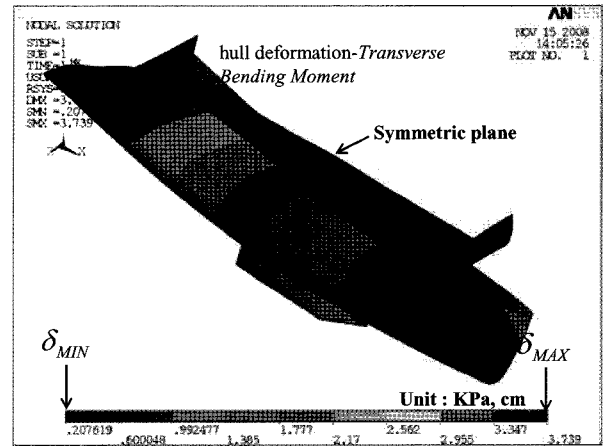


Fig. 11 Deformed shape of external hull under transverse bending moment

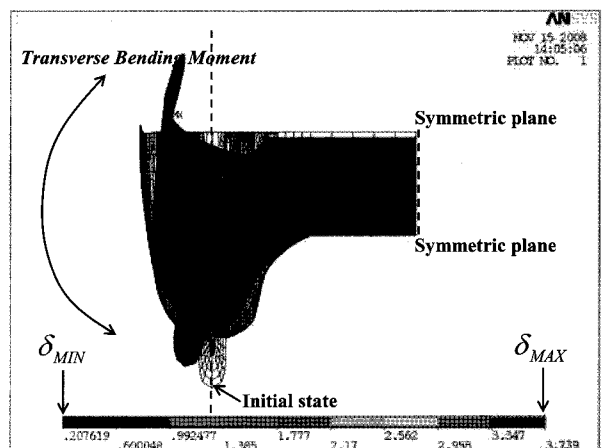


Fig. 12 Deformed shape of cross section of hull under transverse bending moment

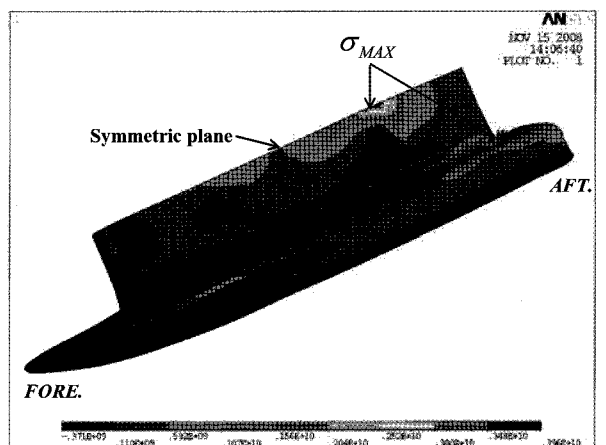


Fig. 13 Application of torsional moment on the hull

Fig. 13에서는 헬의 서로 다른 양단부에 하중이 작용할 경우 발생하게 되는 비틀림 모멘트에 의한 처짐과 응력 분포 형상을 나타내고 있다. 비틀림 모멘트가 발생하게 되면, 선미부분의 헬과 보드가 만나는 교차지점에서 큰 응력이 발생하며, 인

보드의 경사가 급격하게 변하는 지점에서도 큰 응력이 나타나고 있다. 해석결과 발생한 응력 수준은 미비하였으나, 이 부분에 대한 선형의 검토가 필요하다고 판단된다.

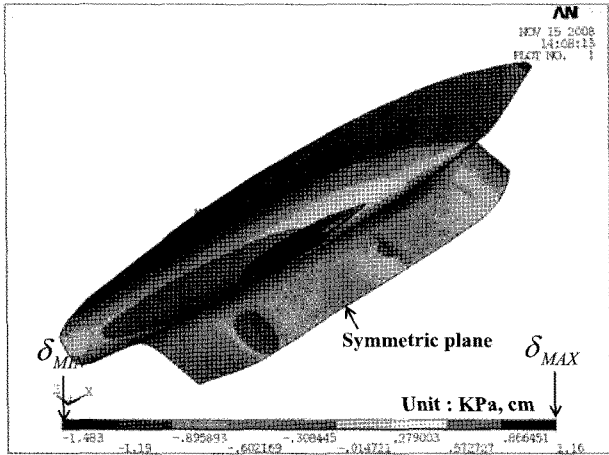


Fig. 14 Application of bottom slamming

Fig. 14의 결과는 hull의 흡수면 아래의 면적에 슬래밍으로 인한 충격하중이 작용하였을 경우에 대한 처짐과 응력 분포를 나타내고 있다. 센터 킬이 위치한 hull의 중앙에서 충격하중으로 인한 처짐이 약 11mm 가량 발생하였다.

해석대상인 카타마란의 hull 사이에 위치한 인보드의 양쪽 지점에서 발생한 수직 전단력을 작용한 결과를 Fig. 15에서 나타내고 있다. 같은 크기의 수직 전단력이 작용할 경우, 선수부 hull에서 큰 응력 분포가 확인되었다. 또한 hull과 hull 사이에 지지 역할을 하는 보드부재와 hull의 연결부 부근에 작용하는 슬래밍 압력에 의한 결과를 Fig. 16에서 나타내고 있다. 슬래밍 압력에 의한 하중은 충격하중 형태로 hull과 보드에 전달되며, hull과 보드의 연결지점과 선수부 방향의 보드에서 슬래밍 압력에 의하여 큰 응력과 처짐이 발생하고 있다. 그러나, 이러한 레벨은 허용응력 기준에 비해서 크기가 않으므로, 본 개발 카타마란 형 요트에서는 크게 염려가 되지 않는 부분이다.

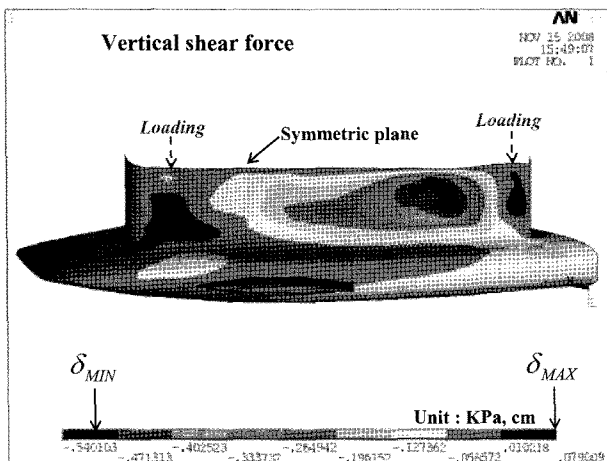


Fig. 15 Application of vertical shear force

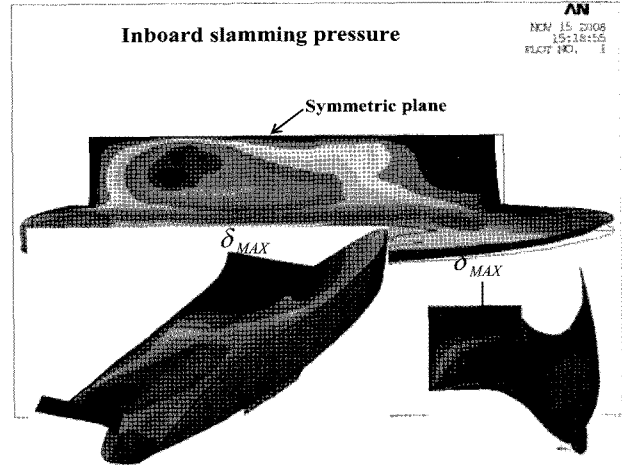


Fig. 16 Application of inboard slamming pressure

4. 결론

본 연구 논문에서는 38피트 보급형 카타마란 요트의 구조 설계 및 구조 안정성 평가를 위한 해석적 방법에 대해서 기술하고 있다. 구조 재료로는 재료의 비중에 비해서, 좋은 구조 강도를 갖고 있는 FRP 재료를 선정하였다. 구조 설계 과정에서 구조부재의 스캔틀링을 위해서 DNV와 KR에서 제시하는 기준들을 적절히 혼용하여, 적용하였다. 또한, ABS 기준에서 명시하는 구조안정성 평가 항목에 대해서, 검토를 하였다. 실제로 각 선급마다 제시하는 기준이 상이하며, 구조강도 평가 항목에 대한 정의도 확립되지 않았다.

본 연구에서는 보급형 카타마란 형 레저 요트의 기본설계 단계에서 주로 검토 대상이 되는 항목에 대해서 언급하였으며, 선형 결정 후 구조물의 구조응답에 대한 해석과정을 상세하게 소개하고 있다. 본 연구를 통해서 얻어진 결론은 다음과 같다.

(1) 슬래밍 압력에 의한 하중은 충격하중 형태로 hull과 보드에 전달되며, hull과 보드의 연결지점과 선수부 방향의 보드에서 슬래밍 압력에 의하여 큰 응력과 처짐이 한다. 그러나, 선급기준에 비교하여, 상대적으로 작은 값이다.

(2) 비틀림 모멘트가 작용하면, 선미부분의 hull과 보드가 만나는 교차지점에서 큰 응력이 발생하며, 인보드의 경사가 급격하게 변하는 지점에서도 큰 응력이 나타나고 있다. 해석결과 발생한 응력 수준은 미비하였으나, 이 부분에 대한 선형의 검토가 필요하다고 판단된다.

(3) 횡방향 휨 모멘트가 작용하면, hull은 바깥면쪽으로 큰 처짐이 발생하게 된다. 이때, hull과 hull 사이의 연결부재 역할을 하고 있는 보드의 외판에서 큰 응력이 발생하게 되며, 선미쪽 보드의 외판부재에서 더욱더 크게 나타나고 있다. 이러한 원인은 선수쪽 보드는 슬래밍 혹은 충격하중에 견디기 위하여, 일정한 곡률을 가진 구조이지만 선미쪽은 곡률을 지니지 않은 평평한 구조로 되어 있기 때문이다.

이러한 일련의 프로세스는 동일구조부재의 설계 및 구조안정성 평가에 있어서, 유의한 기초자료로 활용되리라 판단된다. 이후의 연구로서는 구조재료가 알루미늄인 경우의 카타마란 선형에 대한 개발과 함께, 해석 평가에 대한 플로차트를 작성할 필요성이 있다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과이며, 위 기관의 지원에 감사를 포함합니다.

참 고 문 헌

- [1] 신종계, 이재열 (2006), “소형 요트의 기본 구조 설계 및 구조 해석 기법에 대한 연구,” 대한조선학회지, 제43권 제1호, pp.75-86.
- [2] 장창두, 김호경 (1998), “복합재료 쌍동형 초고속선의 최적 구조설계 - 최소중량 설계” 대한 조선학회 논문집, 제 35 권, 제 2호, pp 94-103.
- [3] ABS (1997), Guide for Building and Classing High-Speed Craft.
- [4] DNV guideline (2005), High Speed Light Craft and Naval Surface Craft, “Yachts”, Part 5 Chapter 5, pp. 5-16.
- [5] DNV (2005), High Speed Light Craft and Naval Surface Craft “Design Principles, Design Loads”, Part 3 Chapter 1, pp 5-16.
- [6] DNV (2000), High Speed Light Craft and Naval Surface Craft “Hull Structure”, Part 3 Chapter 3, pp 5-32.
- [7] KR guideline (2007), “FRP 규칙 적용지침”, pp. 1-57.

원고접수일 : 2009년 1월 13일
심사완료일 : 2009년 4월 23일
원고채택일 : 2009년 4월 24일