

폴리에틸렌 카누의 구조설계에 관한 연구

A Study on Structural Design of Polyethylene Canoe

*박찬균¹, 김남수², 백석흠³, 조석수⁴

*C. K. Park¹, N. S. Kim², S.H.Beak³, #S.S.Cho⁴(sscho394@kangwon.ac.kr)

¹ 강원대학교 산업과학대학원, ²강원대학교 일반대학원, ³동아대학교 기계공학과, ⁴강원대학교 자동차공학과

Key words : Polyethylene Canoe, Fluid-Structure Coupled Analysis, Structure Optimization

1. 서론

선진국의 경우 무동력 수상 레저(water leisure)분야에서 카약(kayak), 카누(canoe)를 포함한 노 보트 종류가 가장 대중적 상품으로 인식되고 있다. 한국은 2009년 말 해양레저 활동이 가능한 마리나 사업을 발표함에 따라 수상레저 참여인구의 많은 증가가 기대된다. 한편, 국내 수상레저기구제작업체는 FRP 재료를 기반으로 하는 대량 생산 방법을 채택하고 있어 환경과 고중량, 운영 및 관리에 어려움이 있어 새로운 재료를 이용한 제품이 요구된다.

본 논문은 카누의 유동해석을 ANSYS CFX V12.1를 이용하여 수행하고, 유동해석 결과의 압력분포를 구조해석의 입력하중으로 변환하고 패들러 하중을 고려하여 ANSYS WORKBENCH V12.1에 의해 구조해석을 수행하였다.

2. 재료 및 운항시험

본 논문에서 카누의 제조에 사용된 재료는 고밀도 폴리에틸렌(polyethylene)으로 재료 물성 시험은 KS M3022, KS M3407에 의해 수행하였다.

운항시험은 강원도 삼척항에서 덕산항까지(9km) 수행하였으며 1인의 패들러(paddler)와 2인의 패들러 및 3인의 패들러가 승선했을 때의 직진성, 선회성등의 운항특성을 정성적으로 평가하였다.

3. 카누의 구조 설계

3.1 개념설계

Table 1은 조사된 카누에 대한 평균 치수를 기준으로 시제품 치수를 나타낸 것이다.

Table 1 Principal properties of designed canoe

Overall length (m)	Extreme breadth (m)	Light displacement (kg)	Full load displacement (kg)	Number of paddler
4	0.9	80	460	2

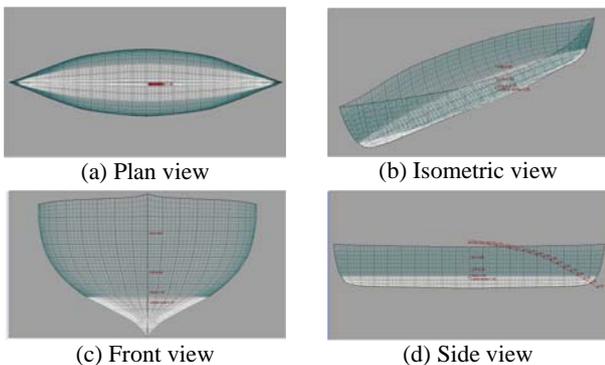


Fig. 1 Lines drawing of polyethylene canoe

3.2 선형설계

Fig. 1은 생산하고자 하는 카누를 선형설계전용프로그램인 3D Boat Design으로 설계한 것이다.

3.3 유체-구조 연성 해석

카누 구조 설계에 사용되는 재료강도는 산업계에서 경험적으로 선택되고 있으며 FRP의 경우 대략 인장강도의 1/2로 설정하고 있다. 따라서 본 연구에서 사용하는 선체 재료는 고밀도 폴리에틸렌으로서 고연성 재료이므로 재료설계강도를 항복응력의 1/2로 설정한다.

3.3.1 해석 모델

유체-구조 연성해석은 카누에 대한 유동 해석을 수행하여 카누에 부하되는 공기와 물에 의한 압력분포를 구한 뒤 이러한 압력분포를 카누의 구조해석 하중조건으로 부여하는 것이다. 카누에 부하되는 하중은 공기와 물에 의한 압력분포하중과 패들러 하중을 동시에 고려하였다.

Table 2 Design variables and their levels

Variable	Description (unit)	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
x_1	Hull thickness (mm)	3	6	9	12
x_2	Center crossbar diameter (mm)	20	30	40	50
x_3	Seat diameter (mm)	20	30	40	50
x_4	Seat height (mm)	300	350	400	450

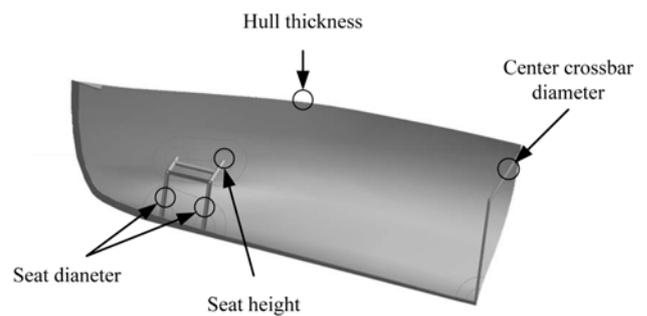


Fig. 2 Design variables of canoe hull body

3.3.2 최적설계기법을 이용한 카누의 구조 설계

Table 2와 Fig. 2는 카누 구조와 성능에 영향을 미친다고 고려한 설계변수를 나타낸 것이다. 최적화 방법은 반응표면기반 근사최적설계기법에 의해 카누 선체의 구조 최적화를 수행하였다. 목적함수는 응력과 선체 중량이다. 응력은 항복강도를 기준으로 19 MPa, 중량은 50kg을 목표값으로 설정하였다.

4. 카누 제작

해석결과에 의해 각각의 치수를 정하고 제작을하였다. 기존에 제작되고 있는 줄대 전개 방식은 카누의 대량생산에는 적합하지 못한 방식으로서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 카누선체를 측면에서 구성하는 줄대 전개식이 아닌 구조 부재

를 접합하는 판재 접합식을 제안하고자 한다. 폴리에틸렌 판재를 이용하여 선체 부품을 절단한 뒤 각 부품을 열 융착하여 카누를 완성한다. Fig. 3은 카누 판재 접합식 제작 과정을 사진으로 나타낸 것이다.



Fig. 3 Photographs of canoe building process by polyethylene plate welding method

5. 결론

(1) 구조 설계된 카누를 폴리에틸렌 판재를 이용하여 제작하게 되면 제작시간이 기존의 줄대 전개식 제작방법에 비하여 대략 75% 정도 감소되어 폴리에틸렌 판재 접합 방법이 매우 효율적이다.

(2) 제작된 카누의 운항시험에서 운반성과 선회성 및 속도가 기존 FRP 카누에 비하여 떨어지나 직진성과 안정성 등과 같은 다른 성능은 기존 FRP 카누에 비하여 오히려 더 우수하므로 훨씬 더 해상에 적합하다.

후기

본 연구는 2009년 산학협력사업 지원으로 강원대학교와 (주)누리텍이 공동으로 수행한 결과의 일부이며 (주)누리텍의 민경오 대표이사과 함범식 팀장등 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

(1) S.Y. Park, H.H. Choi and C.B. Park, 1999, "A Study of Comparison on the Isometric and Isokinetic Muscular Strength in Collegiate Students", The Journal of Physical Education, Vol. 27, pp.273-286

(2) Sara J. Gencur, Clare M. Rimnac and Steven M. Kurtz, 2006, "Fatigue crack propagation resistance of virgin and highly crosslinked, thermally treated ultra-high molecular weight polyethylene", Biomaterials 27, pp.1550~1557

(3) G. Ayoub, F. Zaïri, M. Naït-Abdelaziz and J.M. Gloaguen, 2010, "Modelling large deformation behaviour under loading-unloading of semicrystalline polymers: Application to a high density polyethylene", International Journal of Plasticity 26, pp.329~347

(4) R.W. Meyer and L.A. Pruitt, 2001, "The effect of cyclic true strain on the morphology, structure, and relaxation behavior of ultra high mo-

lecular weight polyethylene", Polymer 42, pp.5293~5306

(5) Jevan Furmanski, Martin Anderson, Sonny bal, A. Seth Greenwald, David Halley, Brad Penenberg, Michael Ries and Lisa Pruitt, 2009, "Clinical fracture of cross-linked UHMWPE acetabular liners", Biomaterials 30, pp.5572~5582