

세일링 요트의 인간공학설계를 위한 기초 연구

김동준 · 오현수* · 이유정* · 장성록*

부경대학교 조선해양시스템공학과 · *부경대학교 안전공학과
(2013. 1. 3. 접수 / 2013. 4. 2. 채택)

Fundamental Study for Ergonomic Design of Sailing Yacht

Dong-Joon Kim · Hyunsoo Oh* · Yujeong Lee* · Seong Rok Chang**

Department of Naval Architecture and Marine Systems Engineering, Pukyong National University

*Department of Safety Engineering, Pukyong National University

(Received January 3, 2013 / Accepted April 2, 2013)

Abstract : Leisure activities alter overland tourism into marine tourism according to a rise in national income. It is expected that the leisure boat with period of introduction in marine tourism will be developed rapidly. It needs to unite with marine technology, optimized layout design, interior design and so on in order to build a yacht of high quality. Because optimized layout design and interior design technique increase the added value of the yacht, it needs to be convergence technology between Ergonomics, Sensibility Ergonomics, and design technique. In this study, we analyzed traffic line of crews in a sailing yacht and assessed working posture using OWAS, RULA and REBA tools. Also we suggested tips of Ergonomic design in the sailing yacht.

Key Words : sailing yacht, ergonomic design, traffic line, musculoskeletal disorders, working posture analysis

1. 서론

선진국의 전례로 볼 때, 국민 소득이 1만-2만 달러 이상 이 되면 육상관광과 레저에서 해양관광과 레저로 추이가 이동함을 볼 수 있다. 특히 자연 친화적 관광 활동에 대한 수요 증가로 체험관광, 생태관광, 가족단위 관광 형태로 변화되고 있으므로 체험형 관광테마의 개발이 관광객 유치에 가장 중요한 요소로 작용할 것으로 예측된다¹⁾. 세계관광기구에서도 자연추구형, 모험추구형, 문화추구형은 21세기의 주도적인 관광 상품이 될 것으로 예상하고 있다. 따라서 기존의 정적 관람형에서 동적 참여형으로 변화할 것으로 예상할 수 있다²⁾.

국내의 해양관광활동에서 레저보트는 현재 도입기에 있으며, 이는 완만한 성장세를 보이다가 여건이 갖춰지면 성장기로 이동하여 급격히 성장할 것으로 예상된다³⁾. 국내에서도 매년 지속적으로 증가하고 있는 각종 해양레저선박들의 수입량과 최근 급격하게 증가하고 있는 각 지자체들의 마리나 설치 계획으로 미루어 보아 국내의 해양레저선박 시장은 향후 크게 형성될 것으로 예상된다.

2002년 해양레저산업 육성 세미나의 “부산지역 해양레저 장비산업 육성 방안”에 의하면, 해양레저선박산업은 수요 기술의 60-70%가 조선기술을 근간으로 하고 있으며, 중·소형조선소의 특화제품으로 적합하다고 하였다. 그러나 국내의 해양레저선박산업은 관련 업체들의 독자적인 연구개발 인력과 연구능력의 부족 및 기술개발 주체의 부재, 생산

업체의 영세성, 경영자의 고부가가치 상품개발에 대한 정보 부족 등으로 한계에 직면해 있어 시장 경쟁력 있는 해양 레저 선박의 생산 및 수출을 기대하기 어렵다.

기술수준에 있어 조선기술에 바탕을 둔 제조기술의 우수함은 의심할 여지가 없지만, 요트와 보트의 제조는 기존 조선 산업과 또 다른 큰 차이가 있으며, 특히 디자인과 설계 분야가 그 차이를 결정짓는 것으로 평가되고 있다. 현재, 디자인과 인테리어 등에 대한 노하우가 거의 전무한 국내 업체들 대부분이 호주나 유럽에서 10년이 넘는 도면과 디자인을 사와서 그대로 제작하거나 일부 변형하는 제작방법을 사용하고 있다⁴⁾.

국내의 중·소형 조선소가 높은 상품성을 가진 독자 모델 개발을 위해서는 조선공학기술 확보, 최적배치설계 및 Interior 디자인 설계기술 확보, 대량 생산시스템 구축 등 핵심역량의 강화가 필요하다. 특히 해양레저선박의 부가가치를 창출하는 단계는 최적배치설계 및 선실의 인테리어 설계이므로 조선공학과 인간공학, 감성공학 및 디자인 기술 등이 접목된 융합기술이 요구된다. 세일링 요트의 경우 선내공간이 협소하여 부적절한 배치는 부자연스런 자세를 유발시키고, 이것은 사용자의 불편함과 부상을 초래할 수 있고 제품의 만족도와 연결된다. 그래서 사용자 편의와 안전, 제품의 질 향상을 위해 설계 시 인간공학적인 고려가 필요하다.

본 논문에서는 인간공학적인 최적배치설계를 위한 기초 연구로서 크루의 이동 동선을 분석하여 행동특성을 파악

*Corresponding Author: Seong Rok Chang, Tel : +82-51-629-6468, E-mail : srchang@pknu.ac.kr
Department of Safety Engineering, Pukyong National University, 365, Sinseon-ro, Nam-Gu, Busan 608-739, Korea

하고 운항시 크루의 자세를 분석하여 해당 자세의 위험성과 그 자세를 유발하는 리깅류 및 장치들의 배치에 대하여 분석하였다.

2. 연구 대상 및 방법

틸러 타입의 34ft급 세일링 요트를 대상으로 이를 운항하는 크루 4명의 이동 동선 및 작업 자세를 촬영하고 분석하였다.

세일링 요트를 운항하기 위해서는 최소 4명의 크루가 필요하고, 크루는 각자의 역할이 정해져 있다. 분류법이나 요트의 크기에 따라 크루의 역할이나 인원수는 다를 수 있지만 34ft급 세일링 요트는 통상적으로 바우맨, 집맨, 메인맨, 스키퍼 등 4명의 크루로 나눌 수 있다. 바우맨은 요트 전방에서 견시임무와 헤드세일을 펼치는 역할을 하고, 집맨은 윈치를 이용하여 jib 세일을 컨트롤하는 역할을 한다. 그리고 메인맨은 메인세일을 조종하고, 스키퍼는 요트의 전체를 책임을 지는 선장으로서 필요한 지시를 내리고 요트의 후미에 앉아서 휠 또는 킬러를 조종한다. 본 연구에서는 세일링 요트 운항시에 크루 4명의 움직임을 촬영하였고 각 크루의 이동 동선을 분석하였다.

이들 크루의 작업에 대한 분석을 하기 위해 운항 시 각 크루별로 주로 작업하는 동작인 선수에서 전방주시, 헤드세일 방향전환, 윈치를 돌리는 자세, 메인세일 게양, 메인세일 조종 자세, 킬러 타입과 휠 타입의 조종자세에 대한 작업 자세 분석을 실시하였다. 작업 자세 분석은 OWAS (Ovako Working-posture Analyzing System), RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment)를 이용하여 평가하였다.

OWAS는 철강회사인 Ovako사와 핀란드 노동위생연구소가 1970년대 중반에 육체작업에 있어서 부적절한 작업 자세를 구별해 낼 목적으로 개발한 평가 기법이다⁵⁾. OWAS는 신체부위를 허리, 팔, 다리, 하중/힘 등 4개의 category로 나누고 각각의 자세나 하중/힘에 코드를 부여했다. 그리고 그 코드를 조합한 표를 이용하여 작업부하를 도출하는 평가 기법이다. 최종평가는 1-4의 action category로 분류된다.

RULA는 어깨, 팔목, 손목, 목 등 상지에 초점을 맞추어서 작업 자세로 인한 작업부하를 쉽고 빠르게 평가하기 위해 만들어진 기법으로 EU의 VDU 작업장의 최소안전 및 건강에 관한 요구 기준과 영국(UK)의 직업성 상지질환의 예방 지침의 기준을 만족하는 보조도구로 사용되고 있다⁶⁾. RULA에서 평가되는 주요 작업요소로는 작업 자세, 반복수, 정적 작업, 힘, 연속작업시간 등이 고려된다. 평가방법은 크게 신체부위별로 A와 B그룹으로 나누어서 A, B의 각 그룹별로 작업 자세, 근육과 힘에 대한 평가로 이루어지게 된다. 최종 평가는 1-7점 사이의 총점으로 나타내어지며 점수에 따라 1-4의 action level로 분류하게 된다.

REBA는 근골격계질환(직업성상지질환)과 관련한 위험인자에 대한 개인작업자의 노출정도를 평가하기 위한 목적으로 개발되었으며, 예측이 힘든 다양한 자세에서 이루어지는 서비스업에서의 전체적인 신체에 대한 부담정도와 유

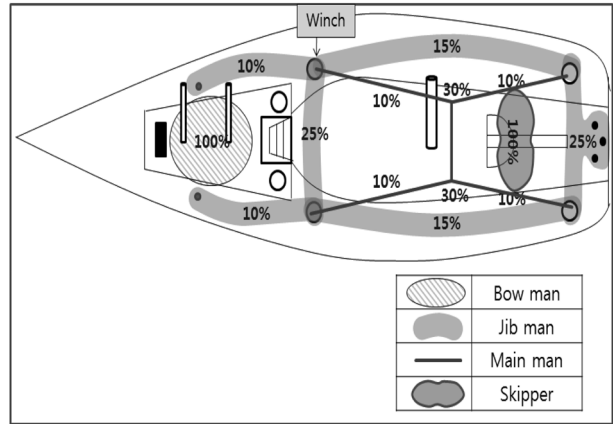


Fig. 1. Traffic line of crew on a sailing yacht.

해인자의 노출정도를 분석하는데 적용된다. 특히 전신을 사용하는 동작을 평가하는데 용이하다⁷⁾. REBA의 최종평가는 1-15점으로 나타내어지고 각 점수에 따라 0-4의 action level(5단계)로 분류된다⁸⁾.

3. 연구 결과

3.1. 이동 동선 분석

Fig. 1은 세일링 요트 운항 시 크루의 이동 동선 비율을 나타낸 것이다. 바람의 방향 등 운항환경에 따라 좌/우 비율이 다를 수 있으므로 선제 중심을 기준으로 좌/우 비율은 50:50으로 가정하고 분석하였다.

세일링 요트 운항 시 크루의 이동 동선 분석결과 바우맨은 선수부분에서 전방을 주시하고 스키퍼는 요트의 방향을 조종하기 위해 조타장치를 계속 잡고 있어야 하기 때문에 활동범위 넓지 않고 정적인 자세를 취하는 경우가 많았다. 집맨은 바람의 방향에 따라 세일을 조종하기 위해 요트의 각 부위에 위치한 윈치로 이동하기 때문에 활동범위가 요트 전체로 넓었다. 그리고 메인맨의 경우 메인세일의 방향을 조종하고 그 상태를 유지하기 때문에 정적인 자세를 취하지만 가끔 집맨을 대신하여 윈치를 돌리는 작업을 수행하였다.

3.2. 작업 자세 분석

작업 자세 분석은 바우맨의 전방주시, 집맨의 헤드세일 방향 전환 및 윈치를 돌리는 자세, 메인맨의 메인세일 게양과 메인세일을 조종하는 자세, 스키퍼가 킬러 타입과 휠 타입을 조종하는 자세 등 크루 4명의 7가지 자세를 분석하였다.

Fig. 2(a)와 같이 바우맨은 요트 선수에서 전방을 주시하면서 스키퍼에게 암초나 너울 등의 정보를 알려주는 역할을 하고, 집맨은(Fig. 2(b)), 헤드세일 방향전환을 위해 로프를 빠르게 당기고 윈치에 감아서 윈치를 돌려 로프를 탱탱하게 고정한다. 메인맨은(Fig. 2(c)), 세일링을 시작하기 전 메인세일을 펼치기 위해 메인세일에 연결된 로프를 당겨 메인세일을 게양하고, 항해 중에는 좌우 측면에 앉아 메인



Fig. 2. Working posture of crews.

Table 1. Analysis of work posture for crews

		Jib man			Main man		skipper	
		Bow man	Pulling a rope of head sail	Grinding	Main sail raising	Pulling a rope of main sail	Tiller	Wheel
OWAS	Code	2121	2142	2141	2162	1111	4111	3121
	AC (1-4)	1	3	3	2	1	2	1
RULA	Final score	3	7	7	7	4	7	5
	AL (1-4)	2	4	4	4	2	4	3
REBA	Final Score	3	10	12	12	4	9	7
	AL (0-4)	1	4	4	4	2	3	2

세일의 붐과 연결된 로프를 풀고 당기면서 메인세일의 방향을 조종한다. 스키퍼는(Fig. 2(d)), 요트 선미에서 조타장치를 조종하는 역할로 세일링 요트의 조향장치로 많이 사용되는 것은 킬러 타입과 휠 타입이다.

크루들의 작업자세를 OWAS, RULA, REBA로 분석한 결과 값은 Table 1과 같다.

OWAS 결과 값의 경우, 집맨의 헤드세일 방향전환과 윈치를 돌리는 자세는 action category가 3으로 나왔고, 이는 근골격계에 직접적인 해를 끼칠 수 있으므로 가능한 빨리 작업 자세를 교정해야 한다는 것을 의미한다. 윈치의 높이가 낮아 다리를 구부리거나 쪼그려 앉아 상체를 굽힌 상태에서 로프를 당기거나 윈치를 돌리기 때문에 다리 부위에서 부하가 높은 것으로 평가되었다. 메인맨의 메인세일 게양과 스키퍼의 킬러 타입 조종자세는 action category가 2로 나왔고, 이는 근골격계에 약간의 해를 끼치고 가까운

세일 내에 작업 자세의 교정이 필요한 것을 의미한다. 메인세일 게양시 로프의 풀림 방지를 위해 로프를 감아 주는 윈치의 높이가 낮아 다리와 하중/힘에 부하가 높았다. 킬러 타입의 조종 자세는 킬러의 높이가 낮고 스키퍼는 측면에 앉아서 전방을 주시하기 때문에 허리부위에서 부하가 높게 나타났다. 바우맨의 전방주시와 메인맨의 메인세일 조종, 스키퍼의 휠 타입 조종 자세는 action category가 1로 낮게 나왔다.

RULA 결과 값은 집맨의 두 가지 자세와 메인맨의 메인세일 게양, 스키퍼의 킬러 타입 조종 자세에서 action level이 4로 나왔다. 이 결과 값의 의미는 정밀조사와 즉각적인 개선이 요구된다는 것을 의미한다. 헤드세일 방향 전환을 위해 로프를 당기고 윈치를 돌리는 자세는 부자연스런 자세와 과도한 힘에 의해 점수가 높게 나왔고, 킬러 타입 조종 자세는 상완의 각도와 목, 상체의 굽힘 및 비틀림 등으로 점수가 높게 나왔다. 휠 타입 조종 자세는 action level 3으로 계속적 관찰과 빠른 작업개선이 요구되는 것으로 나왔고, 액셀러레이터가 휠에서 멀리 떨어져 있고 수직 높이가 낮은 곳에 설치되어 있어 입·출항시 이것을 조종하기 위해 팔의 뻗음이 발생하면서 부자연스런 자세가 유발되어 점수가 높게 나왔다. 바우맨의 전방주시와 메인맨의 메인세일 조종 자세에서는 모두 action level 2로 부분적 개선과 추후 조사가 필요한 것으로 나타났다.

REBA의 분석 결과 집맨의 두 가지 자세와 메인맨의 메인세일 게양 자세가 action level 4로 가장 높게 평가되었다. 이는 위험단계가 매우 높고, 지금 즉시 조치가 필요하다는 것을 의미한다. 스키퍼의 킬러 타입 조종 자세는 action level 3이 나왔고 이는 위험단계가 높고, 조치가 곧 필요하다는 것을 의미한다. 메인맨의 메인세일 조종 자세와 스키퍼의

퍼의 휠 타입 조종 자세는 action level 2가 나왔고 이것은 위험단계가 중간이며, 조치가 필요하다는 것을 의미한다. 바우맨의 전방주시는 action level 1로 부하가 가장 낮은 것으로 평가되었다.

크루의 자세분석 결과를 종합하면 다음과 같다. 작업자 세 평가결과 집맨의 헤드세일 방향전환과 윈치를 돌리는 자세에서 OWAS(AC 3), RULA(AL 4), REBA(AL 4) 모두 위험성이 가장 높은 것으로 평가되었다. 이는 작업 자세 촬영 이전에 기본적으로 실시하는 사전 인터뷰에서도 크루 중에 집맨의 역할이 가장 힘들고 크루 중에 힘이 좋아야 한다는 인터뷰 결과와 일치하였다. 원인으로서는 윈치의 위치가 가장 큰 문제로 나타났다. 윈치의 수직높이가 낮고, 수평거리 또한 멀기 때문에 부자연스런 자세가 유발되었다. 그리고 헤드세일의 방향전환을 위해서는 윈치에 연결된 로프를 빠르게 당겨야 하고, 윈치를 돌리는 횟수가 많고 힘을 많이 필요로 하므로 작업부하가 높고 부상의 위험도 초래할 수 있다.

두 번째로 작업부하가 높게 평가된 것은 메인맨의 메인세일 계양으로 메인세일에 연결된 로프의 풀림을 방지하기 위해 돛대에 설치된 윈치에 로프를 1회 이상 감아서 당기게 된다. 이 때 윈치 높이가 낮아 부자연스런 자세를 유발하고 과도한 힘을 요구하기 때문에 작업부하가 높게 평가되었다.

다음으로 스키퍼의 킬러 타입 조종 자세로 킬러의 수직높이가 낮고 선체 중앙에 위치하기 때문에 수평거리가 멀어서 팔의 뻘음과 허리의 굽힘이 발생하였다. 또한 조종을 위해서 정면을 봐야하기 때문에 목과 상체의 비틀림이 발생하였고 정적인 자세를 유지하기 때문에 작업부하가 높게 평가되었다.

바우맨의 전방주시와 메인맨의 메인세일 조종 자세의 작업부하는 다른 자세에 비해 상대적으로 낮게 평가되었다.

4. 결론

본 연구는 세일링 요트의 인간공학적 설계를 위한 기초 연구로써 세일링 요트 운항 시 발생하는 크루의 이동 동선을 분석하였다. 그리고 각각의 주요 임무에서 발생하는 자세들을 분석하여 운항시 크루들에게 발생할 수 있는 위험성을 확인하였다. 이를 통해 각 크루들의 자세별로 나타나는 문제점을 분석하고 설계시 그 문제점들을 반영하여 조종 장치 및 리깅류 등의 위치와 형태를 개선하고자 한다. 본 연구를 통해 얻어진 주요사항은 다음과 같다.

1) 34ft급 세일링 요트의 크루 4명을 기준으로 한 이동 동선 분석을 통해 집맨은 선상에서 동적인 움직임이 많았고, 곳곳에 위치한 윈치를 돌리는 역할을 수행하기 때문에 활동영역이 가장 넓다는 것을 알 수 있었다. 바우맨과 스키퍼는 활동영역이 좁았고 정적인 움직임을 보였다. 특히 스키퍼는 조타 장치를 잡고 있어야하기 때문에 부자연스런 자세를 지속적으로 유지하였다.

2) 작업 자세 분석에서 집맨의 헤드세일 방향전환과 윈치를 돌리는 자세, 메인맨의 메인세일 계양, 스키퍼의 킬

러를 조종하는 자세에서 인체에 발생하는 부하가 높은 것으로 평가되었다. 그 원인으로서는 윈치 및 킬러가 바닥으로부터 수직 높이가 낮고 수평거리가 멀어 상체를 굽히거나 쪼그린 자세 등 부자연스런 자세를 취하게 되고 이로 인해 위험성이 높게 평가 되었다. 그리고 윈치를 이용하여 로프를 당기거나 윈치를 돌릴 때, 많은 힘을 필요로 하였다. 선체 설계의 제약조건을 고려하여 윈치의 수직높이와 수평거리를 조절하는 것이 필요하다. 킬러 타입과 휠 타입의 조종 자세를 비교해 볼 때, 휠 타입이 작업부하가 낮고 요트 설계시 액셀러레이터의 배치를 개선한다면 스키퍼의 자세를 개선할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 토 의

본 연구에서는 요트 항해시 크루들의 대표적인 작업 자세에 대하여 분석하였다. 그러나 운항 중에는 크루가 수용해야 할 여러 가지 작업이 있으며 자세도 세일링 요트의 설계형태에 따라 다양하게 변화할 것이다. 따라서 크루의 다양한 자세에 대한 분석이 추가로 이루어져야 하며, 이러한 분석의 결과를 반영한 개선안이 세일링 요트의 설계에 반영되고 검증이 되어야 할 것이다. 개선안을 검증하기 위해 최근 3D human modeling과 simulation 기법이 도입되고 있다^{9,11)}. 향후 크루의 작업분석을 통한 운항자세 및 리깅류의 위치를 개선한 인간공학적 설계안을 제시하기 위해서는 요트 설계에 3D human simulation을 적용하여 요트 제작 전에 선 검증하는 것이 필요하다.

추후 연구에서는 크루들의 자세 분석뿐만 아니라 accommodation area의 naval desk, galley, salon, 화장실, 계단, 침실 등의 레이아웃에 대한 공간치수와 사용자 분석을 통해 문제점을 도출하고 인체 계측치를 이용한 인간공학적 설계원칙을 적용하여 개선하고 3D human simulation으로 선 검증을 수행하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글: 본 연구는 한국연구재단 지역혁신인력양성사업의 일환으로 수행된 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

Reference

- 1) S. H. Park, "Problem and Status of yacht Industry in Korea", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 11, No. 1, pp. 47-52, 2005.
- 2) G. J. Her, "Domestic Tourism Promotions According to the Five-day Workweek in Korea", Korea Culture and Tourism Policy Institute, pp. 10-19, 2002.
- 3) S. W. Lee, "A Study on the Establishment of Basic Plan and Improvement of System for Promoting the Marine Tourism", Ministry of Land, pp. 13-16, 2008.
- 4) C. H. Choi, P. S. Jang and M. S. Seo, "Digital Design Process of Marine Leisure Boat Using Human Sensibility Evaluation", Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol. 29, No. 4, pp.

- 693-699, 2010.
- 5) O. Karhu, P. Kansil, and I. Kuorinka, "Correcting Working Postures in Industry: A Practical Method for Analysis", *Applied Ergonomics*, Vol. 8, Issue 4, pp. 199-201, 1997
 - 6) L. McAtamney, and E. N. Corlett, "RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-related Upper Limb Disorders", *Applied Ergonomics*, Vol. 24, Issue 2, pp. 91-99, 1993.
 - 7) S. Hignett, and L. McAtamney, "Rapid Entire Body Assessment (REBA)", *Applied Ergonomics*, Vol. 31, Issue 2, pp. 201-205, 2000.
 - 8) S. R. Chang, "Industrial Ergonomics", *Dasom*, pp. 330-352, 2004.
 - 9) D. J. Kim, J. Y. Park, K. C. Min and S. R. Chang, "Formula tion of Human Modeling and Simulation in the Shipbuilding Industry", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 21, No. 4, pp. 114-118, 2006.
 - 10) D. J. Kim, J. Y. Park, H. W. Kim and S. R. Chang, "A Study for Improvement of Work using Digital Human Modeling", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 23, No. 2, pp. 51-56, 2008.
 - 11) S. R. Chang, "A Study for Prevention of Musculoskeletal Disorders Using Digital Human Simulation in the Shipbuilding Industry", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 22, No. 3, pp. 81-87, 2007.