海洋環境·安全學會誌 第8卷 第1號, pp.53~59 2002. 6. 30

論 文

인간공학적 선교설계에 관한 기초연구

하원재* · 나송진* · 김상수* · 이형기** · 정재용***

A Study on the Conceptual Bridge Design based on the Ergonomic Background

*Weon-Jae Ha** · *Song-Jin Na** · *Sang-Soo Kim** ·
*Hyong-Ki Lee*** · *Jae-Yong Jong****

〈目 次〉

Abstract
1 서론
2 인간공학적 설계를 위한 기본개념
2.1 컴퓨터를 이용한 기기 및 설비의 설계
2.2 사용자 상호관계
2.3 선교배치
2.4 선교작업환경
3 선교의 개념적 설계
4 결론
참고문헌

Abstract

A correctly designed bridge offers improved operational safety in terms of increased vigilance, flexibility of operation, precision of control and operator's situational awareness. Accordingly to design human centered bridge, the consideration shall be given to the man-machine interface, location and interrelation of workstation, configuration of console, windows, field of vision and bridge working environment. The state-of-the-art suits for one-man operation by integration of conning information and central information presentation. Further, it is desirable to enable two man ship operation for emergency operations, training purposes and redundancy. In this point of view, this thesis would like to design a conceptual bridge.

* 정회원, 한국해양대학교 대학원 박사과정
** 정회원, 한국해양대학교 선박운항훈련원 전임강사
*** 정회원, 한국해양대학교 마린시뮬레이션교육연구센터 전임연구교수

1. 서 론

기술이 발전됨에 따라 기계의 신뢰성과 효율성이 증진되고 있으나 인적과실은 사고의 주된 원인으로 거론되고 있다. 선박안전분야에서도 선박관련 해양사고의 80% 정도가 직·간접적인 인적과실에 의한 것으로 밝혀지고 있다. 국제해사기구(International Maritime Organization : IMO)에서는 인적과실에 대한 대응책으로서 1978년에 선원의 훈련, 자격증명 및 당직유지의 기준에 관한 협약(International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers : STCW 1978)을 제정한 후, 1995년에는 선원의 능력과 자격기준을 대폭 강화하였다. 이는 인적요소의 중요성을 감안한 최초의 협약으로서 선원의 능력이 향상되면 해양사고를 줄일 수 있다고 생각한 것이었다. 그러나 계속적인 협약의 강화에도 불구하고 사고의 주된 원인인 인적과실의 비율은 변하지 않고 있다. 1989년에 IMO에서는 국제표준기구(International Standardization Organization : ISO)에서 제정한 ISO 9000 시리즈의 품질시스템을 인용한 국제안전관리규약(International Safety Management Code, ISM Code)를 제정하여 선박의 안전관리는 선원뿐만 아니라 육상의 조직 및 최고경영자에게도 있음을 명확히 하였다. 또한 여러 상황에서 선원의 행동요령을 실제적으로 확인하도록 하였으며, 이후 1994년에는 국제인명안전협약(International Convention for the Safety of Life at Sea : SOLAS)의 제9장으로 채택되어 1998년부터 강제화되었다. ISM 코드의 시행이후 많은 해사 관계인들은 인적과실에 의한 해양사고가 현저히 줄어들 것으로 예상하였으나, 그 결과는 기대에 미치지 못하고 있다. 물론 우리나라의 일부 해운선사에서는 일정 기간동안 해양사고의 감소로 보험료 부담이 적어지는 등 단기간 효과가 있었다는 보고는 있었지만, 세계적인 보고 내용으로 보아 인적과실에 대한 통계는 크게 변하지 않았다. 따라서 이제는 선원의 능력이나 훈련, 지식의 정도를 제도적으로 지정하고, 선박내에서 생활하는 선원들이 육상조직의 지원체제 정비에 추가하여 작동하고 이용하는 설비가 얼마만큼 선원들의 작업에 용이하고 실수를 줄일 수 있는 인간공학적 설계가 선박에 반영이 되었는가 또한 이러한 설비들이 인간공학적으로 배치되었으며 작업장의 환경이 쾌적하여 임무에 충실할 수 있도록 설계되었는지가 관심의 대상이 되고 있다. 이러한 인간공학적 개념이 포함된 설비 및 작업장의 대표적인 장소가 선교이다. 따라서 이 연구에서는 선교의 설비를 설계할 때 고려하여야 할 인간공학적 개념과 인간과 설비간의 관계 그리고 이러한 설비들의 배치 및 선교의 형상과 내부의 환경에 대하여 고찰한 후 개념적인 선교설계를 제안하고자 한다.

2. 인간공학적 선교설계를 위한 기본 개념

선교에서 작업중인 선원과 소프트웨어·하드웨어 사이에서 가장 중요한 문제는 선원과 조종장치간의 상호관계이다. 잘 설계된 선교는 선원의 주의집중, 작업의 융통성, 조종의 정확성 및 선원의 주변상황에 대한 인식을 증진시켜 운항안전을 증진시킨다.[1]

따라서 인간중심의 선교를 설계하기 위해서는 다음 사항들이 고려되어야 한다. 첫째, 선교에서 사용되는 기기들의 설계시 데이터의 입력이나 정보이용시 인간의 실수를 줄일 수 있도록 고려되어야 하며, 이러한 기기들간의 상호 작동관계도 고려되어야 한다. 둘째, 이러한 기기들과 사용자간의 상호관계를 고려하여 배치 및 화면표시장치를 설계하여야 한다. 셋째, 선교에서 선박의 조종, 주변 상황감시 및 선내 제반 상황의 감시 및 통제가 이루어지도록 선교형상, 콘솔배치 및 선교환경이 인간공학적으로 고려되어야 한다.

2.1 컴퓨터를 이용한 기기 및 설비의 설계

선박 기기들은 컴퓨터의 급속한 이용으로 기기 및 설비들에 대한 통합시스템이 가능해져 이들 상호간의 관계(Interface)를 고려하는 것은 중요한 사항이다. 컴퓨터를 이용하는 기기들에는 프로그램이 사용되고, 이들 프로그램은 사람이 데이터를 입력하게 되면 가공하여 출력으로 보여주게 된다. 여기에서 인적실수가 포함될 수 있는 잠재적인 취약성이 있으며, 프로그램 자체에 포함된 잘못도 있을 수 있다.[2]

1) 하드웨어의 일반요건

하드웨어는 전압변화, 실내온도변화, 진동, 습기, 전자파방해 및 일상적인 충격에 견딜 수 있도록 견고하게 설계되어야 하며, 문제발생시 내부 부속품을 용이하게 교체할 수 있어야 한다. 부속품은 쉽고 안전하게 취급할 수 있어야 하며, 실수로 잘못 끼우거나 연결할 수 있는 가능성을 사전에 배제하여야 한다.

2) 소프트웨어의 일반요건

소프트웨어의 개발, 설치 및 후속 변경의 각 단계는 정해진절차를 따라야 한다. 시스템의 모든 기능, 중요 조합 기능, 성능, 사용성 등이 비상상황 및 고장상황에서의 프로그램 내용, 데이터 및 버전 변경은 절차에 따라 이루어져야 한다.

2.2 사용자 상호관계

컴퓨터에 기초한 시스템은 취급이 용이하고 사용자의 편리를 도모하고 인간공학적인 원칙에 따라야 하며 사용자 매뉴얼은 제공되어야 한다. 이 매뉴얼에는 기능 키, 메뉴 표시, 대화단계 등이 설명되어야 한다. 또한 하부시스템 고장시 경보가 조작자의 인근에서 울려야 한다.

1) 입력장치

입력장치는 명확하게 기능이 구분되어야 하며 모든 상태에서 안전하게 사용될 수 있어야 한다. 자주 사용되거나 신속한 이용이 필요한 명령은 키를 지정하여야 한다. 선교의 조종패널은 별도의 조명이 제공되어야 한다. 조명의 밝기와 표시화면의 밝기는 조정될 수 있어야 한다. 명령장치의 상호간섭은 인터록이나 경보로서 방지하여야 하며, 작동중인 조종상태가 식별될 수 있어야 한다. 입력장치의 작동은 논리적이고, 순차적으로 이루어져야 하며 이를 위반시 경보가 발생되도록 하여야 한다. 또한 조종되는 기기의 동작 방향과 동일하게 동작되어야 한다.

2) 출력장치

화면표시장치에 표시되는 문장 및 그림정보의 크기, 색깔 및 밀도는 통상적인 운항상태에서 작업자가 정상적인 작업위치에서 쉽게 읽을 수 있어야 한다. 밝기는 상황에 따라 조정될 수 있어야 한다. 경고 메시지가 컬러 모니터에 표시되는 경우 경보상태의 식별은 초기 화면색깔과 상관없이 구별되어야 한다.

3) 그림표시의 사용자 상호관계 (Graphical user interface)

기능의 중요성 및 연관성에 따라 정보는 명확하고 지능적으로 표현되어야 한다. 화면은 조직적으로 구성되고 사용자에게 필요한 것으로 제한되어야 한다. 경보는 모든 상태위에 우선적으로 가시가청으로 표시되어야 한다. 한 사람이 근무하는 선교의 모든 화면표시 및 조종기능은 사용자 상호관계에 따라 일관성이 있어야 하며, 특히 상징물, 색깔, 조종장치, 정보의 우선순위 및 배치에 주의를 기울여야 한다.

2.3 선교배치

선교자동화의 증가와 기능의 집중화는 컴팩트한 선교의 설계를 가능하게 하였다. 그러나 선원의 수준, 선박자동화의 정도, 선박의 크기에 따른 강제규정의 요건에 의해 선교에 설치되는 기기와 설비의 수가 달라지게 된다. 선교에 설치되는 설비는 상기에서 언급한 여러 가지 인간공학적 요건을 만족하여야 하며 선교의 형상, 워크스테이션의 배치 및

워크스테이션의 상호관계에 있어 인간공학적인 면이 검토되어야 한다.

1) 워크스테이션의 위치 및 상호관계

개별 워크스테이션의 위치와 배치를 포함하여 선교의 배치에는 각 기능별로 요구되는 시계를 확보해야 한다. 개별 워크스테이션에 추가하여 당직항해사가 운항중 전방을 주시하며 확인할 수 있도록 전면 중앙 창문 가까이에 적절한 조종위치를 제공해야 한다. 항해와 조종을 위한 주 워크스테이션과 이들 워크스테이션에 관련된 계기장치들은 항해사가 조종기능 수행시 작업위치로 인한 특정 장소의 제한을 받지 않고 자신의 임무를 수행할 수 있도록 모든 필요한 정보를 제공하며 항해사가 업무를 수행 할 수 있도록 충분히 서로 가까이 배치되어야 한다. 감시 워크스테이션의 경우 항해와 조종 및 조타 워크스테이션에 있는 사람들이 볼 수 있고 그들의 의사를 전달받을 수 있어야 한다. 수동조타 워크스테이션은 선박의 중심선에 위치하는 것이 바람직하며, 수동조타용 워크스테이션이 중심선밖에 위치하면, 밤과 낮에 따라 사용하는 특별조타기준점을 제공해야 한다. 항해사는 조타실에서 선교 선루의 전면 바로 앞 지역을 볼 수 있어야 한다.

2) 계기 및 장비 위치

각 워크스테이션은 기본 정보를 나타낼 수 있어야 하고, 항해사가 관련 기능을 안전하게 수행할 수 있도록 요구되는 장비를 포함해야 한다. 워크스테이션의 설계에는 인체공학적 원칙과 경험 있는 선원의 관점을 고려해야 한다. 한 명 이상의 당직자에게 시각적인 정보를 제공하는 계기 또는 디스플레이들은 모든 사용자가 공동으로 쉽게 볼 수 있는 위치에 두고, 만약 그렇지 못할 경우에는 이중으로 설치해야 한다.

3) 콘솔의 배열

항해사는 정상적인 작업위치에서 항해와 조종을 위해 필요한 모든 계기와 조정장치를 조작할 수 있어야 한다. 콘솔은 원칙적으로 두가지 영역으로 나누어진다. 첫째, 정보 및 계측 계기는 원칙적으로 콘솔의 수직부분에 위치하고, 둘째, 조종장치는 수평부분에 위치한다. 해도대는 해상교통을 위해 국제적으로 사용하는 모든 해도 크기를 수용할 수 있을 정도로 커야 한다. 또한 해도를 밝혀줄 조명시설도 갖추어야 한다. 해도대는 테이블 깊이 보다 큰 해도를 수용할 수 있는 설비를 갖추어야 한다. 기타 사항으로 선교윙에서 선교윙까지의 조타실을 가로지르는 통로를 반드시 고려하여야 하며, 선교윙과 조타실 진입지점과 통로사이의 하부갑판에는 장애물이 없어야 한다. 인접하는 워크스테이션 사이의 거리는 스테이션에서 일하지 않는 사람들이 방해 없이 통과할 수 있도록 충분한 거리를 확보해야한다. 선교 전면 격벽 또는 전면 격벽에 위치한 콘솔이나 설치물로부터 선교 전면으로부터 떨어져 위치한 콘솔 또는 설치물까지의 거리는 2인 통행이 가능한 충분한 공간이 있어야 한다.[3]

4) 창문

조타실의 창문은 가능한 넓어야 하며 창틀은 가능한 최소한으로 하여야 한다. 정면 가운데에는 가능하면 창틀이 위치하지 않도록 하여야 한다. 창문의 반사를 피하기 위하여 창문상부가 앞으로 튀어나오게 할 필요가 있으며, 창문의 하단은 조종석에 앉아 있는 사람이 전방을 주시할 있도록 가능한 낮아야 한다. 창문의 상단부 높이는 규정에서 정하는 안고에 따라 사람의 시야에 방해되지 않도록 설계되어야 한다. 또한 후방을 쉽게 볼 수 있도록 창문을 설치하여야 한다. 기타 선회창 및 와이퍼가 설치되어야 하고, 서리제거, 얼음제거를 위한 방법이 고려되어야 한다.[4]

5) 시계

조타실 내에서 다른 교통상황과 항해 물표를 포함하여 항해에 필요한 모든 물표를 관찰할 수 있어야 한다. 이러한 관점에서 조타실내를 일정범위 내에서 돌면서 360°시야를 확보할 수 있어야 한다. 지휘장소(Conning position)에서의 전방 해면의 시야는 선박의 홀수, 트림 및 갑판화물(컨테이너 등)과는 상관없이 선박 길이의 2배 또는 500m 중 작은 쪽의 거리까지 가려서는 아니된다. 화물이나

하역장치 또는 다른 장애물로 인한 맹목구간은 규정에서 정해진 이하의 범위이어야 하며 지휘장소에서의 수평시야와 조타장소에서의 시야 및 윙브릿지에서의 시야도 규정에서 정하는 바에 따라야 한다.[5][6]

2.4 선교 작업환경

선박설계의 다양한 단계를 통해 선교 승무원을 위한 좋은 작업환경을 확보할 수 있도록 관심을 기울여야 한다.

1) 편의시설

선교 또는 근처에 화장실을 설치하여야 한다. 선교 작업원을 위해 제공된 휴식시설과 다른 오락시설에는 시설을 사용함으로서 발생하는 선교장비 손상 및 인명피해를 방지하기 위한 방법을 고려하여야 한다.

① 진동

선교에서 불편한 정도의 진동레벨은 피해야한다.

② 소음

소음레벨은 IMO 총회 결의468(XII)를 따르며 IMO 총회 결의 343(IX)를 참고한다.

③ 조명

항해나 정박 중에 항상 적정한 조명레벨을 제공하여 설비의 유지관리업무, 해도작업 및 사무작업 등을 만족하게 수행할 수 있도록 해야한다. 선교에서 반사광과 이미지 반사를 피할 수 있도록 주의해야 한다. 선교 작업원이 선교의 각기 다른 구역에서 요구되는 밝기 혹은 개별 계기와 조절장치의 필요에 의해 조명을 조정할 수 있게 조명시스템에서의 원활한 유연성이 필요하다. 선교장비는 내부와 외부로부터 조명 할 수 있어야 한다. 작업모드에서 조명을 필요로 하는 장비 품목이나 구역에 가능하면 어둠을 유지하기 위해 붉은 조명을 사용한다. 이것은 선교윙의 계기도 포함된다. 낮은 수준의 간접 붉은 조명은 갑판 수준표시와 선실내 문과 계단용으로 사용해야 한다. 선박외부에서 붉은 조명이 보이는 것을 방지하는 조치방안이 마련 되어야 한다.

④ 난방 및 환기장치

조타실 온도와 습도를 조절하는 효율적인 조절시스템을 갖추어야 한다.

⑤ 선교표면

선교표면 마감재는 구조물, 배치 및 환경설계의 중요한 부분으로 다루어져야 한다. 모든 표면은 빛의 반사로 인해 시야를 방해해서는 안 된다. 조타실, 선교윙 및 상부 선교갑판은 젖거나 습기로 인해 미끄럽지 않도록 한다. 모든 천정 구조, 격벽, 문과 바닥의 표면은 해상 환경에 의해 조금씩 마모되는 상태를 견딜 수 있도록 충분한 내구성을 갖추어야 한다.

⑥ 인테리어

전체적으로 조용한 분위기를 주고 반사율을 최소화할 수 있는 색상을 선택해야 한다.

⑦ 안전사항

선교지역은 선교 작업원에 대해 어떠한 물리적 위협도 없도록 해야한다. 사람들이 악천후에서도 안전하게 이동하고 작업할 수 있도록 난간 또는 손잡이 등을 충분히 배치해야 한다. 선교에서 사용되는 모든 안전장비는 접근이 용이하고 적재위치를 식별하기 쉽게 표시하도록 해야 한다.[3]

3. 선교의 개념적 설계

최신의 선교는 자동충돌예방장치(Automatic Radar Plotting Aids), 전자해도표시 및 정보시스템(Electronic Chart Display and Information System : ECDIS) 및 선박조종에 필요한 정보를 집중화한 장치들로 통합되어 한사람이 운항하기에 적합하게 설계되어야 한다. 다만, 비상상황에서 두

사람의 조종이 가능하도록 하고, 훈련의 목적으로 이용하거나 백업용으로 이용하기 위해 이중으로 설치하는 것이 바람직하다. 항해를 위한 계기들은 부분적으로 통합된 화면으로 나타나고 있으며, 일부 설비는 종래의 전통적인 형태의 선교에서처럼 별도의 분리된 기기로 구성되기도 한다. 〈그림 1〉은 최신 선교의 개념적인 설계이다.[7] 통신을 위한 일부 통신설비들은 전면의 항해 워크스테이션에 배치될 수 있지만 대부분의 통신설비는 통신워크스테이션에 배치되어 선교의 후방에 배치될 것이다. 또한 화물의 감시, 화재의 탐지 등을 위한 경보기나 탐지기 등은 별도의 워크스테이션에 설치되어 선교내의 적당한 장소에 배치되어야 할 것이다.

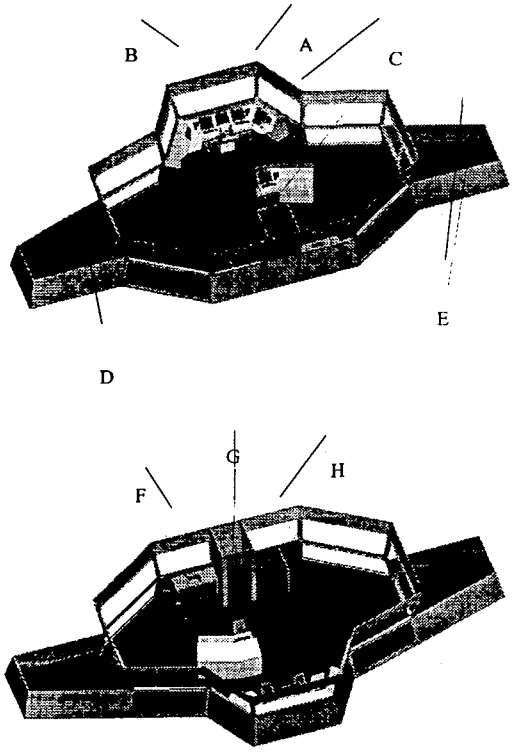

Fig. 1 Conceptual bridge design(looking forward and aft)

A : 전면에 위치한 항해 워크스테이션에서 항해가 이루어지는 장소.

B : 항해 워크스테이션 중에서 훈련용, 비상용 또는 이중화용의 장소

C : 계획 워크스테이션으로서 선교의 중앙에 위치하게 되고 항해계획 및 준비를 하는 곳이다.

D 및 E : 윙브릿지

F : 간이 조리대

G : 화장실

H : 내부에서 선교로 통하는 계단으로 선교 뒤쪽에 위치

선교 주위는 전체적으로 창문 설치

4. 결 론

미래의 선교는 기술발전에 따라 변화될 것은 분명하다. 미래선교설계의 시작은 역시 일인 운항을 기본 개념으로 중앙집중식 정보 화면으로 통합될 것이다. 모든 시스템과 계기들은 매우 콤팩트한 설계를 하기 위하여 컴퓨터를 이용하게 될 것이며, 비상상황에서 두 사람의 조종이 가능하도록 하고, 훈련의 목적으로 이용하거나 백업용으로 이용하기 위해 이중으로 설치할 것이다. 종이 해도의 사용은 없어질 것이며 항해조종은 통합되고 컴퓨터로 조종될 것이다. 화면의 품질 향상을 위하여 종래의 CRT 화면 대신에 LCD 화면이 이용될 것이며, 조타실만 폐위(閉圍)되는 형태에서 선교윙까지 전체가 폐위되는 형태로 발전될 것으로 예상된다.

이와 같이 선교설계에 인간공학 개념을 적용하기 위해서는 많은 학문분야가 동시에 발전하여야 하는 것은 자명한 일이다. 특히 컴퓨터를 이용하는 설비의 사용이 많아지기 때문에 인한 인간과 컴퓨터의 상호관계 문제는 깊이 있게 다루어져야 하며, 콘솔의 설계와 콘솔내의 기기의 배치 등에 관하여서도 인체측정학적인 연구가 따라야 할 것으로 생각된다. 이 연구에서는 선교의 설계를 위한 기본적인 인간공학의 개념을 기술하였고, 앞으로 이러한 인간공학적 개념의 선교설계를 현실적으로 실현하기 위한 보다 상세한 기준설정 및 설계지침에 대한 연구가 계속되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] Development and assessment of comp uter-based marine systems including Ship Control Centres, J.V. Earthy, Lloyd Register, Marine Advisory Services
[2] MSC/Circ 981 Guidelines for the on-b oard use and application of computers
[3] ISO 8468:1990, Ship's bridge layout and associated equipment - Requirements and guideline
[4] Lloyd Register of Shipping, Rule and Regulation for Classification of Ships, 2000 Part 7, Chapter 9
[5] SOLAS chapter V Regulation 22
[6] 한국선급 강선규칙 적용지침 제1편
[7] ATOMOS II - Conceptual Standard for SCC Design (including HMI)