

인간공학 기술을 이용한 예부선 선원의 해상 작업안전 분석

† 하 옥현* · 장 준혁* · 김 흥태**

* 한국해양연구원 해양안전방제기술연구부 연구원, ** 한국해양연구원 해양안전방제기술연구부 책임연구원

요 약 : 본 연구는 예부선 선원이 해상작업 시 발생할 수 있는 근골격계 부담 작업의 위험성을 평가 하기위해 실행되었다. 근골격계 부담 작업은 예부선 선원들의 인터뷰, 작업 분석, 작업 자세 평가를 통해 분석이 되었으며, 도출된 근골격계 부담 작업은 인간공학 분야에서 작업자세 평가 도구인 OWAS, RULA, REBA를 활용하여 분석을 실시하였다. 분석을 위해 국내 해운선사에서 운용중인 예선 A호와 부선 B호에서 작업을 하는 예부선 선원들의 각종 작업을 분석하였으며 해당 작업들은 근골격계 위험 수준인 3수준 이상으로 해당 작업이 근골격계에 부담되는 작업이며 작업자세 교정이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 예부선 작업환경의 위험성이 외부환경에 대한 위협뿐만 아니라 작업자의 작업자세가 장기적인 위협을 보이고 있음을 보여주었다.

핵심용어 : 예부선, 근골격계 부담작업, 해상 작업안전, 동작분석

1. 서 론

해상작업은 여러 환경적 영향이 작업자의 작업에 영향을 미치며 선박의 특성에 따라 작업의 형태와 노동 강도에서 차이를 크게 보이고 있다. 특히 예부선에서의 해상작업은 예선의 경우 크기나 형태에 따라 작업자의 작업내용이 다르지만 부선을 예인하는 과정에서의 작업내용은 거의 동일하며 부선의 경우 부선의 크기나 형태 그리고 작업형태에 따라 작업내용에 큰 차이를 보이고 있다.

해상작업에서 예측 가능한 근골격계 부담 작업의 유해요인은 작업방법, 작업자세 및 작업환경으로 인해 근골격계에 부담을 줄 수 있는 반복적이고 부자연스런 자세 또는 취하기 어려운 자세와 함께 과도한 힘과 작업자 신체에 간접적으로 영향을 미치는 외부환경(진동, 온도, 습도, 소음) 영향 등이 있다.

해상에서의 선원 재해의 감소와 작업 안전을 위한 국내 선사와 연구자들의 많은 노력에도 불구하고 재해 감소율은 둔감하고 있는 실정이며 일본의 선원 재해율과 비교해 보면 외항선의 경우 약 4배 정도 높은 선원 재해율이 나타나고 있다[1][2].

예부선 선원들의 해상작업에 대한 직업관련 질병은 정신적, 신체적 피로와 고령화로 인한 체력의 저하, 잦은 입출항으로 인한 높은 스트레스 발생 등 열악한 환경에 노출되어 질병 발병 위험이 높을 것으로 판단된다.

선박의 고유한 환경적 특성으로 인해 작업환경이 소음과 진동, 기온, 기습 기류 등의 변화가 큰 해상환경에서의 작업이 많으며, 고강도의 작업으로 구성되고 장시간의 근무시간과 수면 부족 그리고 교대 근무로 인한 생리적 부적응으로 인해 인체의 생리적 상태가 체내의 환경에 빠르게 적응을 하지 못해 신체적 정신적 문제를 유발하는 위험인자로 작용한다[3].

또한 해상 사고 및 재해로 인하여 발생하는 인적 손상비용

중 선원재해로 인한 지급액이 차지하는 비율은 화물손상 다음으로 전체 배상액의 약 20% 정도에 해당하는 것으로 추정된다. 이러한 직접적인 경제적 손실 이외에도 보상에 따른 노동력 손실을 비롯하여 선원의 육체적, 정신적 고통, 소득의 감소, 재해로 인한 실직 그리고 사망 등의 큰 피해가 예측된다[2][3][4].

예부선과 같이 고령의 선원으로 이루어진 작업환경에 대한 선원재해의 예방 및 해상작업의 안전에 대한 국내 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 인간공학기술을 이용한 근골격계 부담작업 평가기술인 OWAS(Ovako Working Posture Analysis System), RULA(Rapid Upper Limb Assessment), REBA(Rapid Entire Body Assessment)를 활용하여 예부선에서의 해상작업이 작업자에게 주는 근골격계 부담 정도를 정량적으로 판단하여 예부선 해상작업에 대해 작업안전 측면에서의 분석연구를 실시하였다.

2. 연구 방법

본 연구를 위해 국내 해운선사에서 현재 운용중인 예선 A호와 부선 B호를 선택하였다. 예선 A호의 근골격계 부담 작업분석에는 선장(65세, 5급 해기사, 예선경력 10년)과 함께 기관장(68세, 6급 기관사, 예선경력 5년)의 작업을 분석하였으며, 부선 B호의 근골격계 부담 작업분석에는 갑판장(67세, 면허 없음, 부선경력 7년)의 작업을 분석하였다. 각각의 조사대상자에게는 조사기간 동안 일상적인 작업을 수행하도록 부탁하였으며 작업환경을 평소와 동일하게 부여하였다.

기존의 작업현황을 파악하기 위해 수행중인 해상작업에 대해서 비디오 및 사진촬영을 실시 한 후 편집을 통해 근골격계 부담 작업 분석을 실시하였으며, 분석에는 OWAS, RULA, REBA를 활용하여 분석을 실시하였다.

3. 분석 결과

3.1 접안작업 동작분석 결과

예선 A호가 육지 또는 부선과 접안을 하기위해 작업자가 직접 Fig. 1과 같이 줄을 잡아당겨 예선 A호를 접안하고 있다. 접안 작업은 접안을 위해 줄을 작업자의 힘으로 당기는 작업에서 작업 자세의 불안정(선체 요동, 미끄러움)과 전신의 반복사용 및 무리한 힘의 부하가 근골격계 질환 유발 가능성이 있다고 판단된다.



Fig. 1 접안을 위한 줄 작업 동작

따라서 OWAS, RULA, REBA를 활용하여 평가한 결과는 Table 1과 같다. 분석 결과 접안을 위한 줄 작업 동작에서는 작업자의 상체에 20kg 이상의 많은 힘이 부하되고 있으며 몸통의 비틀림 및 목의 비틀림으로 인해 본 연구에서 사용된 자세 평가 도구 모두 3수준 이상으로 높은 위험도를 보이고 있다.

Table 1 접안을 위한 줄 작업 동작의 평가결과

	점수	수준	평가 내용
OWAS	-	4수준	즉각적인 작업자세의 교정이 필요함
RULA	7점	4수준	즉각적인 작업환경의 개선과 위험요인의 분석이 요구됨
REBA	9점	3수준	개선이 곧 필요함

3.2 점검 및 수리 작업 동작분석 결과

예선 A호는 1966년에 건조되어 지금까지 운항 임무를 수행하고 있어 선박의 노후화로 인해 항구에 정박하는 시간에 외관 점검 및 간단한 수리 작업을 수행하고 있다. Fig. 2는 항구에 정박하고 있는 예선 A호의 외관 상태를 점검하고 배수관에 문제가 있어 수리를 하고 있는 작업의 동작 내용이며 불편한 작업 자세와 불안정한 지면으로 인해 작업자에게 부담을 줄 수 있는 작업으로 근골격계 질환 유발 가능성이 있다고 판단된다.

따라서 분석도구를 활용하여 자세 평가를 실시 한 결과는 Table 2와 같다. 분석 결과 작업자가 외관 점검 및 수리 작업 동작에서는 작업자가 점검을 위해 허리를 90°이상 굽히는 동작이 많이 수행하였으며 반복적인 하체의 사용과 함께 지면이 미

끄러운 상태에서 작업을 수행하고 있어 자세 평가 도구 모두 3수준 이상으로 높은 위험도를 보이고 있다.



Fig. 2 점검 및 수리 작업 동작

Table 2 외관 점검 및 수리 작업 동작의 평가결과

	점수	수준	평가 내용
OWAS	-	3수준	가능한 빨리 작업자세를 교정해야함
RULA	7점	4수준	즉각적인 작업환경의 개선과 위험요인의 분석이 요구됨
REBA	9점	3수준	개선이 곧 필요함

3.3 예인줄 정리 작업 동작분석 결과

예인줄 정리 작업은 Fig. 3과 같이 예선 A호가 부선 B호를 예인하기 위해 예인줄로 연결하기 위한 준비 작업이며, 예선 중심에 설치되어 있는 예인줄을 많은 작업도구들로 가득 차있는 선미로 옮기는 작업이다. 선미쪽 갑판의 평평하지 못한 작업환경으로 인해 작업자세의 불안정과 10kg 이상의 예인줄의 운반으로 작업자의 무리한 힘을 사용하게 하는 작업이 작업자에게 위험한 작업환경으로 판단되며 근골격계 질환 유발 가능성이 보이고 있음.



Fig. 3 예인줄 정리 작업 동작

따라서 분석도구를 활용하여 자세 평가를 실시 한 결과는 Table 3과 같다. 해당 작업에서는 불안정한 하체의 작업자세로 인해 작업자 허리의 비틀림과 오른쪽 다리의 굽힘 그리고 10kg 이상의 힘이 부하되고 있어 평가도구 분석 결과 3수준 이상으로 즉각적인 작업자세의 교정이 필요하다고 평가되었다.

Table 3 예인줄 정리 작업동작의 평가결과

	점수	수준	평가 내용
OWAS	-	4수준	즉각적인 작업자세의 교정이 필요함
RULA	7점	4수준	즉각적인 작업환경의 개선과 위험요인의 분석이 요구됨
REBA	9점	3수준	개선이 곧 필요함

3.4 부선의 예인줄 결속 작업 동작분석 결과

부선의 예인줄 결속 작업은 부선 B호가 예인줄을 이용해 예선과 연결을 하기위해 작업자가 직접 Fig. 4와 같이 예선에서 내린 예인줄을 잡아당겨 부선에 예인줄을 결속하는 작업이다. 부선의 예인줄 결속 작업은 결속을 위해 예인줄을 작업자의 힘으로 당기는 작업에서 당기는 동작의 갑작스런 힘의 사용과 함께 전신의 반복사용 및 무리한 힘의 부하가 근골격계 질환을 유발할 가능성이 있다고 판단된다.



Fig. 4 부선의 예인줄 결속 작업 동작

따라서 작업 자세 평가도구를 활용하여 평가한 결과는 Table 4와 같다. 분석 결과 예인줄 결속을 위한 예인줄 당김 작업 동작에서는 작업자에게 갑작스러운 힘의 사용과 함께 20kg 이상 많은 힘이 부하되고 있으며 무게 중심이 작업자의 뒤쪽으로 쏠리며 발생하는 불안정한 작업자세로 인해 본 연구에서 사용된 자세 평가 도구 모두 3수준 이상으로 즉각적인 작업자세의 교정이 필요하다고 평가되었다.

Table 4 부선의 예인줄 결속 작업 동작의 평가결과

	점수	수준	평가 내용
OWAS	-	4수준	즉각적인 작업자세의 교정이 필요함
RULA	7점	4수준	즉각적인 작업환경의 개선과 위험요인의 분석이 요구됨
REBA	8점	3수준	개선이 곧 필요함

4. 결 론

본 논문의 목적은 예부선의 해상작업을 수행하는 작업자의 작업 자세를 작업 자세 평가 도구인 OWAS,

RULA, REBA를 활용하여 평가를 실시함으로써 이의 평가 결과를 통해 예부선의 해상작업이 작업자의 근골격계 질환의 위험 수준을 분석하는데 있다.

분석 결과 예선 A호의 경우 집안작업, 점검 및 수리 작업, 예인줄 정리 작업에서의 근골격계 위험 수준이 3수준 이상으로 즉각적인 작업자세의 교정이 필요하다는 분석결과가 도출되었으며, 부선 B호의 경우에도 예선과의 예인줄 결속 작업에서의 동작분석 결과가 근골격계 위험 수준 3수준 이상으로 작업환경 개선과 함께 작업자세의 교정이 필요하다는 분석결과가 도출되었다.

위와 같은 평가 결과는 예선과 부선 각각 선박 한척에 대한 분석 결과이지만 국내에서 운항중인 예부선 선박의 노후화로 인한 해상작업 위험성 문제와 함께 선원들의 고령화로 인한 선원의 근골격계 질환 문제가 점차 커질 것으로 판단된다. 따라서 인간공학의 동작분석 평가 기술을 활용한 해상작업의 위험도 관리, 작업환경의 인간공학적 개선 및 작업인력 배치 등의 체계적인 연구가 앞으로 필요하다.

후 기

본 논문은 한국해양연구원의 기본연구사업인 “예부선 사고분석 및 예방기술개발” 과제와 국토해양부의 “인적요인에 의한 해양사고 예방 및 관리기술 개발” 과제의 연구결과 중 일부임을 밝힌다.

참 고 문 헌

- [1] 김홍태 외, 선박해양공학분야에서 인간공학 기술의 활용현황 및 전망, 대한인간공학회지, 20(2), pp. 99-111, 2001.
- [2] 장석기 외, 5년간(95~99년) 국내의 선원재해 현황에 관한 연구, 한국항해항만학회지, 26(3), pp.329-336, 2002.
- [3] Shuji HISAMUNE et., A study of factors relating to work accidents among seaman, Industrial Health, 44, pp. 144~149, 2006.
- [4] Shuji HISAMUNE et., Ergonomic evaluation in a case study on the behavior of purse seine fishing vessel workers, Fisheries Engineering, 42(1), pp. 9~17, 2005.