한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회
2003년 5월16일-17일, 한동대학교(포항)

제품하역기 운전실의 인간공학적 설계에 관한 연구

A Study on Ergonomic Design for Cargo-working Crane Control Room

송도의
㈜ 포스코 / 포항제철소 공정출하부 IE팀

Abstract

포항제철소는 제품의 선적 및 하역업무를 위해 13기의 하역기를 운영 중에 있다. 제품하역기의 운전실에는 1명의 작업자가 탑승하여 제품이 놓여질 선박 내 location을 관리한다. 특히, 중량물을 다루는 만큼 안전사고 방지를 위한 고도의 주의를 요하는 작업이다.

그러나 운전실의 위치가 지상 13~24m에 위치해 있어, 하방 관측을 위해 장시간 허리를 구부려야 하므로 작업피로는 물론 요통 발생 가능성이 높다. 또한, 13기 하역기의 제작사 및 제작 시기에 차이가 있어, User Interface가 각기 다르다. 주기적으로 하역기를 바꿔 탑승하는 작업자로서는 오조작 가능성이 있어 문제점으로 지적되고 있다. 근본적으로는 이동통로 폭의 협소함에 따른 진•출입의 문제, 전장품의 부적절한 배치에 따른 작업자 충돌 문제 등, 기본적인 인간공학적 원칙이 반영되지 않은 운전실 설계로 제품하역기 작업자의 업무부하가 가중되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 인간공학적 설계 원칙을 반영하여 제품하역기 운전실을 가상환경으로 제작해보고, 3차원 인체 모형을 실제로 탑승시켜 주요 설계 제약조건의 검증을 실시하였다. 3차원 가상환경 및 인체모형의 제작은 상용 3D Tool인 3ds Max 5와 Anthropos Ergomax라는 프로그램을 이용하였다. 이와 같은 방법을 통해, 실제 공사 후에 발견될 문제점에 대한 사전 도출이 가능함은 물론, 보다 인간공학적인 운전실 설계가 이뤄질 수 있었다.

1. 서론

작업자세의 인간공학적 분석에 사용되는 RULA, REBA, OWAS등의 방법론은 주로 중량물을 Lifting하는 작업이나 Tool을 handling하는 작업을 대상으로 하고 있다. 그러나, 산업의 고도화를 통해 이와 같은 작업은 기계를 이용하는 것으로 대체되고 있다. 이와 같은 경향이라면, 직무와 관련된 근골격계질환이나 요통과 같은 재해는 감소추세를 띄어야 하나 실상은 그렇지 못하다. 미국 산업안전보건기구의 통계(OSHA, 1999)에 의하면 1997년 한해 동안 RSI 환자가 276,600건이나 발생하여 전체 직업병 빈도의 64.0%를 차지하는 등 전체 직업병 문제에서 가장 중요한 문제로 인식되고 있다. 이와 같은 이유는 작업 자체가 주는 부하 보다는 잘못된 작업장의 설계로 인해 Fitting to the task to the human이 아닌, Fitting to the human to the task가 가져온 결과로 보여진다.

포항제철소는 제품의 선적 및 하역업무를 위해 운영중에 있는 제품하역기의 운전실도 이와 비슷한 실정이다. 1명의 작업자가 탑승하여 제품이 놓여질 선박 내 location을 관리하는 하역작업은 지상 13~24m에 위치한 운전실에서 하방 관측을 위해 장시간

허리를 구부려 작업하는 특징을 가지고 있다. 특히, 하역기 운전실과 제품을 하화하는 Rope간의 거리가 2m이내의 가까운 거리로 설정되어 있다. 이는 직하방을 관측이 용이하여, 안전한 하화작업에는 유리하나 작업자가 불가피하게 과도한 허리굽힘 자세를 취할 수 밖에 없는 단점을 가지고 있다.

<그림 1. 허리를 굽힌 자세>

또한, 6개월에 1번씩 하역기를 교체 탑승하는 직무환경을 고려한다면 모든 하역기의 운전 Interface가 상이하다는 사실은 작업자의 오조작에 영향을 주기에 충분하다. 이외에, 이동통로 폭의 협소함에 따른 진•출입의 문제, 전장품의 부적절한 배치에 따른 작업자 충돌 문제 등, 기본적인 인간공학적 원칙이 반영되지 않은 운전실 설계로 제품하역기 작업자의 업무부하가 가중되고 있는 실정이다.

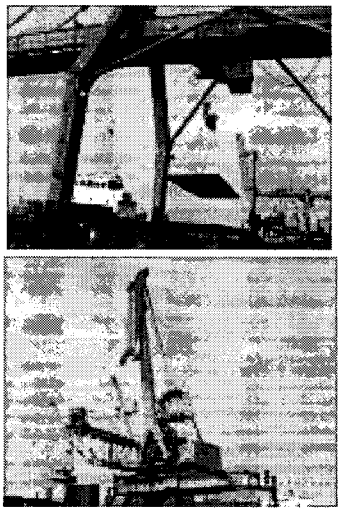
통상 하역기 운전실의 대당 가격이 5천만원 선이고, 한번 지어진 운전실이 15년 이상 지속되는 점을 감안한다면, 인간공학적 설계 원칙을 충실히 반영하여 작업자에게 편리한 운전실을 제작하는 것이 중요하다. 이에 대한 사전 검증을 위해 제품하역기 운전실을 가상환경으로 제작해보고, 3차원 인체 모형을 실제로 탑승시켜 주요 설계 제약조건의 검증을 실시하였다. 3차원 가상환경 및 인체모형의 제작은 상용 3D Tool인 3ds Max 5와 Anthropos Ergomax라는 프로그램을 이용하였다.

2. 하역설비 현황 및 작업 개요

포항제철소에서 가동되고 있는 제품하역기의 종류는 BTC(Bridge Type Crane)과 LLC(Level Luffing Crane), 크게 2가지로 분류될 수 있다.

BTC는 Boom이라는 수평 막대 상에 Rail을 포설하여, 그 위에 하역기 운전실이 매달린 상태로 전,후 주행하면서 하역물을 권상/권하하는 형식을 따른다.

LLC는 고정위치에서 하역기 운전실이 360도 회전함과 동시에 선단부 Arm의 각도 조정을 통해 제품 하역 업무를 수행한다. 이로 인해, 운전실과 제품과의 거리를 자유자재로 조절할 수 있어서 BTC보다는 허리 굽힘이 덜한 것이 특징이다.

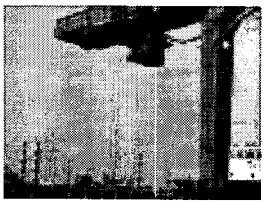


<그림 2.. BTC(상)과 LLC(하)>

제품 하역 업무의 Cycle은 줄걸이, 권상, 주행, 권하의 Cycle로 이루어지며 상세한 그림은 다음과 같다.

[1단계 : 줄걸이]

[2단계 : 권상]

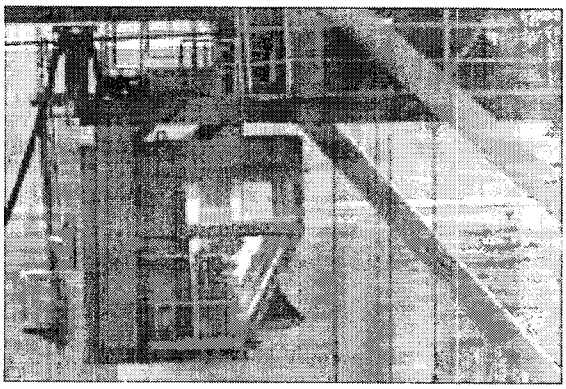


[3단계 : 주행] [4단계 : 권하]

<그림 3. 하역 작업 Cycle>

3.1 허리 굽힘을 최소화하는 하역기 설계

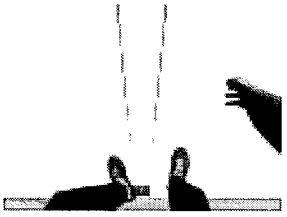
하역기 설계 요인 중, 허리 굽힘에 영향을 미치는 설계 요인으로는 우선, 하역기와 Rope간의 거리를 들 수 있다. 거리가 가까울수록 하방 관측에는 유리하나, 허리 굽힘이 심해진다. 반대로, 거리가 멀수록 허리 굽힘은 덜하지만, 선박의 벽체가 제품하역에 있어서 시야 장애로 작용할 수 있기 때문에 무조건 멀게 할 수도 없다. 따라서, 이를 적정 수준에서 만족할 수 있는 하역기와 Rope간의 간격 설정이 필요하다.



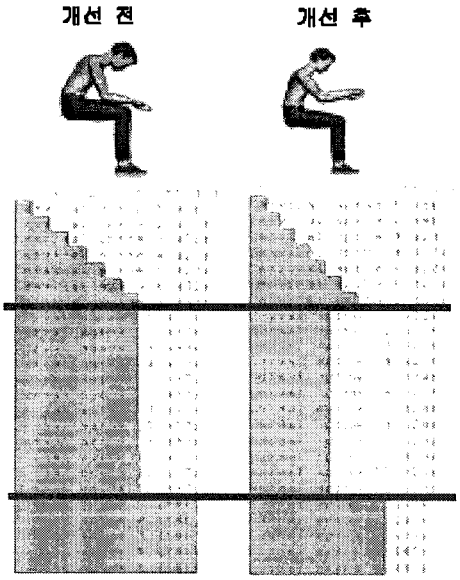
<그림 4. 권하 시, 작업물 관측 모습>

일반적으로, 운전실과 Rope의 간격 설정은 사람의 눈과 Rope의 상단, 그리고 작업물을 잇는 3각형을 그려서 제품을 볼 수 있는지의 여부를 판단하는 것으로 이뤄졌다. 본 논문에서는 3D max와 Anthropos Ergomax라는 Human Model Package를 이용하여, 실제 사람의 시야 영역 내에 작업물이 확보되는 지를 확인하였다.

또한, 새로 설계된 하역기에 사람이 탑승했을 경우 기존에 비해 얼마나 작업자의 자세의 편리함을 가져왔는 지 분석한 결과, 기존 대비 25% 정도의 부하 경감을 기대할 수 있었다.



<그림 4. 권하 시, 작업물 관측 모습>



<그림 5. 척추에 걸리는 부하의 비교>

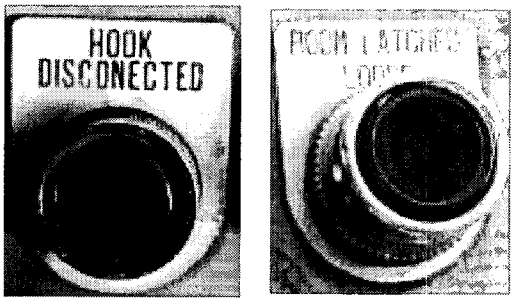
3.2 Interface의 표준화

Interface의 표준화가 이뤄지지 못한 이유는 포항제철소 하역기 13대의 도입시기 및 제작사가 서로 상이하기 때문이다.

설비명	BTC 1,2,5~8 / LLC 3,4,9	BTC 10,11	BTC 12	BTC 13
제작사	스미토모	삼성	현대	한중
도입시기	1972년 ~1978년	1980년	1992년	1997년

<표1. 하역기 도입 시기 및 제작사>

이러한 배경으로 인해, 6개월에 한 번씩 하역기를 교체하여 운전하는 작업자에게는 혼란을 야기시키는 요소로 작용하고 있다.



BTC 1,2호기 BTC 10,11호기

<그림 6. 동일 기능 기기의 상이함>

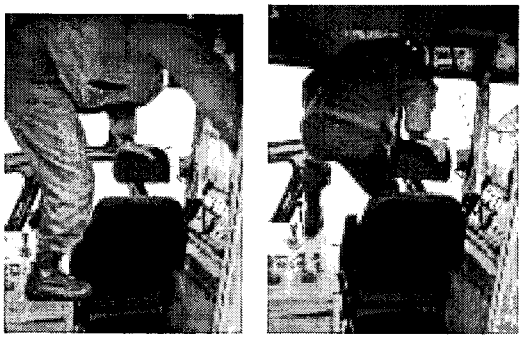
따라서, 하역기 운전실 설계에 있어서 다음과 같은 원칙을 Console Interface설계의 Guide Line으로 삼았다.

- 유사 기능 조작기의 Group화
- Limit Reach 내에 모든 조작기 배치
- 콘솔높이 65cm로 개조(상완부 지지)
- 각종 용어 및 색상 통일
- 글자 규격 표준화

<표 2. 평가 기준별 Check List>

3.3 기타 인간공학적 요소의 고려

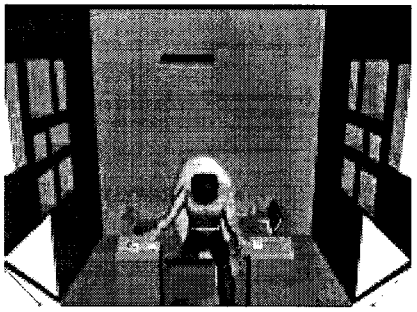
우선, 운전실 진·출입시 통로폭이 협소하여 Console을 넘나들던 것을 해결하기 위해 양 Console을 비대칭으로 설계하면서, 바닥에 Rail을 포설하여 의자의 주행을 통한 진출입이 가능하게 하였다.

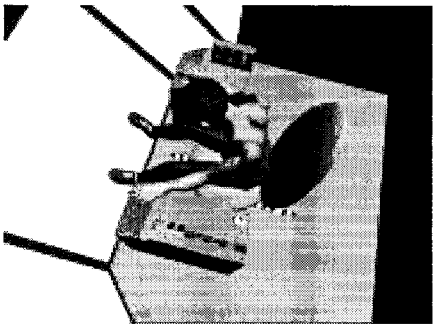


<그림 8. 운전실을 넘나드는 모습>

3.4 3차원 가상 운전실의 제작

사전 검증을 위해 가상의 운전실을 제작하여 운전자를 실제로 투입한 결과이다.





<그림 8. 가상 운전실 제작 모습>

4. 결론

본 연구에서는 포항제철소의 제품하역기 운전실을 설계함에 있어 인간공학적인 요소의 반영을 위해 3D Max와 Anthropos Ergomax라는 Human Model Package를 이용하여 보다 사실적인 Basic Design 구현이 가능하게 하였다. 또한, 실질적인 검증효과를 갖추도록 하여 인간공학적 운전실의 제작에

향후 연구과제로는, 원료하역기 운전실의 인간공학적 설계를 적용하는 것이다. 원료하역기는 작업환경의 열악도는 제품하역기의 그것과 유사하면서도, 체선료에 대한 심적 부담으로 높은 정신적·육체적 업무부하가 예상되는 곳이다. 이 때에도, Human Model Package를 이용함과 동시에 심적 만족도 및 육체적 업무부하에 대한 설문조사를 통해 정량적으로 얼마만큼의 기대이익이 가능한지를 산출하는 것을 목표로 할 예정이다.