

# 인천항 항만하역 재해분석 및 예방대책에 관한 연구

## - A Study on Analysis and Prevention for Cargo Handling Accidents in Incheon Port -

남 영 우 \*

Nam Young Woo

김 영 민 \*\*

Kim Young Min

이 창 호 \*\*

Lee Chang Ho

### Abstract

The port, differently from general working place, is a closed area to execute security, customs, and quarantine procedures. The loading and unloading is being done differently by cargoes, ships, berths, and equipments. To load and unload a lot of equipments and different types of labor are required, in which work flow is very complicated. As above mentioned the port is very unique and deteriorated working place including danger. The purpose of this thesis is to propose ways to analyze and establish the preventive measure for cargo handling accidents in port. We have collected 923 accidents happened at Incheon Port during the period from 1994 to 2003. And to analyze and establish the preventive measure we have employed an advanced 6sigma DMAIC technology presently in spotlight as the best tool for management innovation. For the purpose of effective safety management of cargo handling in port, this thesis will help to revise and establish the law, system, standard, and standard working manual with respect to the port loading and unloading system. Now frequency of cargo handling accidents in port is highest for the second time among all industries, so we proposed the new safety management system to substitute port safety committee and to take full charge of safety in Ministry of Maritime Affairs and Fisheries.

**Keywords: Cargo handling accidents, 6 sigma, Preventive measure**

\* 인하대학교 기계공학부 교수

\*\* 인하대학교 기계공학부 석사

## 1. 서 론

항만은 일반사업장과는 달리 보안, 세관, 검역 등으로 일반인에게 폐쇄적인 것은 물론 부두별, 취급화물별, 하역장비별, 선박별, 장비별 작업환경에 따른 각기 다른 하역방법과 수많은 하역운송장비 및 인력의 복합적인 흐름 속에서 노사의 이원적인 안전관리가 수행되어야 하는 아주 특수하고 열악한 작업 환경이라고 할 수 있다. [12][13] 본 연구에서는 인천항에서 지난 10년간(1994~2003) 발생한 총 923건의 항만하역 재해사례자료를 입수하여 항만하역에서의 재해 원인분석 및 예방대책을 강구하고자 21세기 최고의 경영혁신 프로그램으로 각광받고 있는 6시그마의 프로세스 개선 방법인 DMAIC기법을 적용하였다. 따라서 본 연구결과는 효율적인 항만하역 작업현장의 안전관리를 위하여 항만의 실정과 특성에 부합되는 법, 제도, 기준을 제정 및 개정과 아울러 항만하역에 있어 표준하역 작업방법에 대한 매뉴얼 제작에 적절히 활용될 수 있도록 하였다. 또한 항만하역산업이 우리나라 전 산업에서 재해율이 광업 다음으로 높고 동종 및 유사재해가 지속적으로 발생하는 현실을 감안하여 현재 노·사 협의체로 운영되고 있는 항만안전관리제도인 항만안전위원회를 대신하여 항만하역의 재해감소와 예방을 통한 하역생산성 제고를 위해 새로운 형태의 항만안전관리시스템구축은 물론 해양수산부에도 전국 항만을 대상으로 항만하역안전을 전문으로 담당하는 전담부서의 신설을 제안하였다.

## 2. 항만하역 재해분석 및 예방대책

### 2.1 항만하역재해 예방대책을 위한 6시그마 적용

항만물류시스템에서 항만하역의 역할이 대단히 중요함에도 불구하고 항만하역 생산성만 강조한 나머지 그 이면에 존재하는 항만하역분야의 재해에 대한 관심과 노력은 대단히 미흡하고 아직도 전산업 중에서 재해 도수율이 광업 다음으로 대단히 높아 이에 대한 특별한 대책마련이 시급한 실정이다. [11]

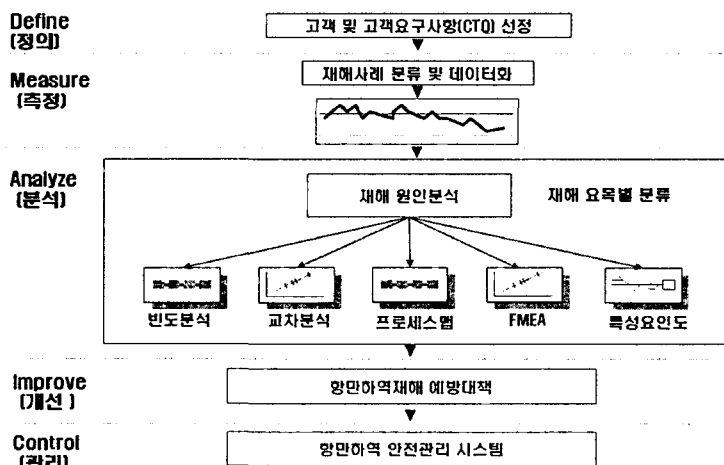
그러나 항만하역재해분석과 예방대책에 관한 선행연구는 전무하고 항만하역재해에 대한 일반적인 통계수치는 있으나 재해발생사례를 정확히 기록된 것이 거의 없어 재해의 정확한 원인규명이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 인천항의 10년간의 재해사례를 잘 나타내고 있는 하역재해 공상보고서를 입수하여 제조, 건설업 등 타산업과는 다른 차원에서 항만의 특수성 및 항만물류시스템에 맞게 13개 재해요목으로 세밀하게 분류한 것이다. [2][3][7]

항만하역 분야의 재해원인 분석과 예방대책은 6시그마의 전개기법인 DMAIC를 적용했는데 이는 현재 항만하역재해에 대한 비전문가에 의한 체계적이지 못한 부분적인 재해분석과 현행의 항만하역 안전관리방식으로는 하역재해를 감소 및 재해

예방에 한계가 있다고 판단되었다. 이것은 항만하역분야에서 새로운 공정을 측정하여 품질이나 업무개선을 하기 위한 것은 아니지만 하역재해분석에 대해 보다 과학적이고 세부적이며 체계적인 분석이 절대적으로 필요하다고 사료되어 6시그마의 다양한 분석기법과 3.4PPM의 개념 등을 적용하게 되었다. [4] 본 연구는 과거 10년간 발생한 항만하역 재해자료를 근거로 재해를 품질에 있어 부적합품수로 놓고 6시그마의 DMAIC전개순서에 맞추어 재해사례를 재해요목별로 분류하고 엑셀로 데이터화하였다. 그리고 이 자료를 빈도 및 교차분석, 특성요인도, 원목하역작업에 대한 프로세스 맵과 고장유형 및 영향분석 등 다양한 분석기법을 통해 보다 정확한 항만하역재해의 원인규명과 함께 재해예방대책과 새로운 형태의 항만하역 안전관리 시스템을 제안하였다.

## 2.2 6시그마를 활용한 항만하역 재해분석

항만하역의 재해분석은 제조업과 같이 품질 및 업무개선을 위해 작업공정을 직접 측정하여 데이터를 분석하고 개선안 도출 및 관리방안을 결정하는 방법이 아니고 인천항에서 발생한 지난 10년(1994-2003)간의 총 923건의 항만하역 재해사례에 대해 재해요목별로 분류하고 이를 토대로 6시그마 전개기법인 DMAIC를 활용하여 순서에 맞게 세부적인 재해원인을 역으로 추적하여 분석하였고 개선 및 관리방안을 제시 하였다. [그림 2-1]은 6시그마 프로세스 개선방법에 따른 연구의 진행순서와 내용을 나타낸 것으로 항만하역과 관련하여 6시그마의 전개순서에 맞춰 고객과 CTQ를 정의하였다. [4]



<그림 2-1> 6시그마 프로세스 개선 방법

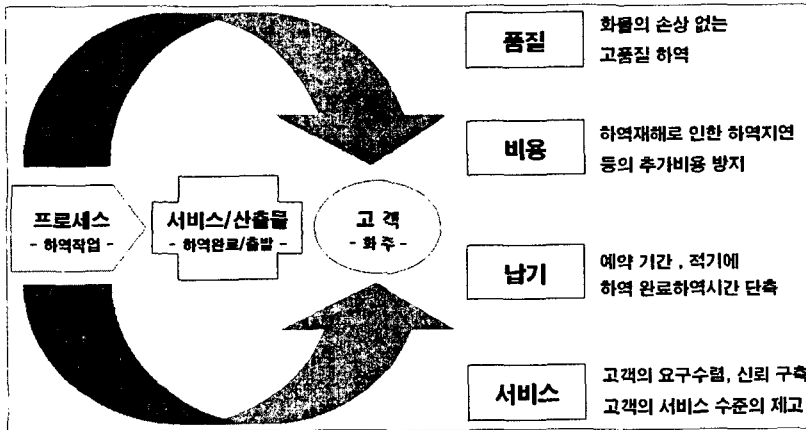
### 2.2.1 정의(Define): 고객 및 고객 요구사항

항만하역산업과 관련하여 고객(Customer)이란 항만하역에 직·간접적으로 영향을 주는 세관, 출입국관리소, 해양수산부, 검역소, 하역회사, 항운노조, 선사, 화주, 선박대리점 및 기타 관련사로 정의할 수 있다. [7]

해상운송에 있어서는 선사의 비용 중 2/3이상이 항만에서 발생함으로서 항만의 효율성 제고와 항만비용의 최소화 없이는 항만하역관련사들의 목적을 달성할 수 없기 때문에 항만하역의 중요성은 상당히 크다고 할 수 있다. [5]

### 2.2.2 측정(Measure) : 재해사례 분류 및 데이터화

인천항에서 지난 10년간(1994-2003년) 발생한 총 923건의 항만하역재해사례에 대해 항만하역작업의 특수성과 현 실정을 고려, 그 내용을 총 13개 재해요목(취급화물, 재해발생장소, 상해종류, 재해발생형태, 재해정도, 상해부위, 작업단계, 기인물, 인적 불안정한 행동, 물적 불안정한 상태, 발생요일, 근속년수,나이)으로 정밀하게 분류하여 엑셀 프로그램으로 데이터화 하였다. [8]



<그림 2-2> CTQ(항만하역작업)

### 2.2.3 분석(Analyze) : 재해원인 분석

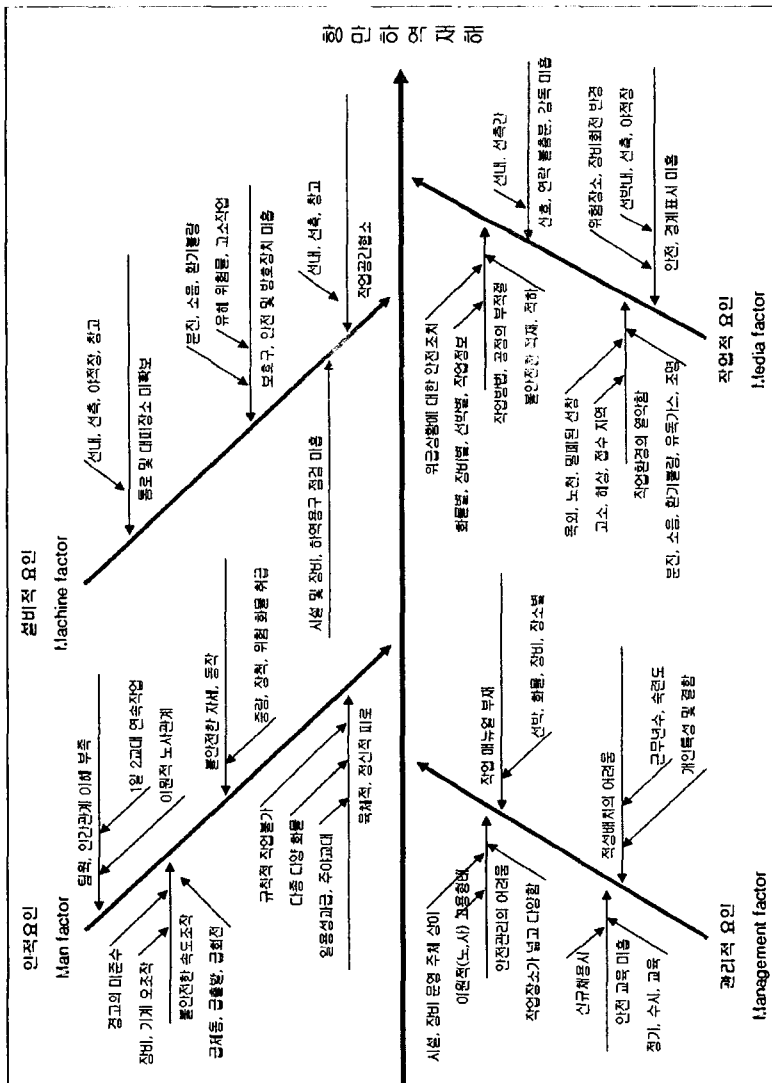
#### (1) 빈도 및 교차분석

인천항의 하역재해의 직접원인인 인적 불안정한 행동요인 중에서는 작업자의 불안정한 자세·동작과 불안정한 적재적하·하적단 쌓기 월기 등이 전체의 65%를 차지함으로서 안전수칙준수 및 철저한 안전관리가 절대적으로 필요하며, 물적 불안정한 상태 요인으로는 하역작업공정의 결함과 물의 배치배열·작업장소 및 통로 결함이 전체의 69%를 차지하므로 표준작업매뉴얼의 필요성과 작업장 전반에 대한 사전 안전점검이 반드시 필요함을 알 수 있다. [2][3][10] 취급화물별로 붕괴, 낙하, 추락, 협착 등 재해발생형태가 다르게 나타났고 인적 불안정한 행동요인의 발생은 선내, 선측, 야적장 순으로 나타났으며 특히 인적 불안정한 행동

요소와 물적 불안정한 상태요소가 결합되었을 때에는 재해위험도가 상당히 높아 짐을 알 수 있어 이에 대한 인적 및 물적 불안정한 요인에 대한 대응방안은 4M의 측면에서 항만하역 안전관리가 철저히 수행되어야 한다고 사료된다.

(2) 항만하역재해의 특성요인도

항만하역의 일반적인 특수성과 하역작업의 유해·위험성 그리고 인천항의 항만하역재해에 대한 빈도 및 교차분석 결과를 종합하여 재해의 원인을 재해발생 4M으로 구분하여 항만하역 재해에 대한 종합적인 특성요인도를 작성해 보면 [그림 4-3]과 같다. [3][4]



[그림 2-3] 항만하역재해 특성요인도

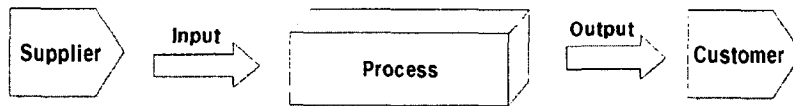
(3) 원목하역재해 분석

<표 2-1> 인천항 원목하역작업의 인적·물적 재해발생 요인(1994-2003)

재 해 원 인	재해 건수	점유율	비 고
불안정한 자세동작 + 작업환경의 결합	20	10.4%	인적+물적
불안정한 적재·적하, 하적단 쌓기·헐기 불량 + 물의 배치 및 배열, 작업장소 및 통로 결합	57	30%	인적+물적
선박의 롤링	12	6.3%	물적
불안정한 자세동작	30	15.5%	인적
물의 배치 및 배열, 작업장소 및 통로 결합	14	7.3%	물적
감독 및 연락, 신호 불충분	18	9.3%	인적
작업공정의 결합	20	10.4%	물적
불안정한 적재·적하, 하적단 쌓기·헐기 불량	21	10.8%	인적
총 계	192	100%	-

① 원목하역작업의 프로세스 맵(Process Map)

원목 하역작업의 프로세스 맵핑(Process mapping)은 [그림 2-4]와 같이 나타낼 수 있다. [4][8]



- Process : 고객의 요구사항을 만족시키기 위한 활동들
- Input : 서비스 과정에 필요한 소재 또는 데이터
- Output : 서비스 과정 활동의 결과 (산출물 또는 데이터)
- Customer : 서비스 과정의 산출물을 받는 모든 사람
- Supplier : 투입물을 서비스 과정에 제공하는 모든 사람

<그림 2-4> 프로세스 맵핑의 구성요소

② 원목하역의 고장유형과 영향분석(FMEA : Failure Mode and Effect Analysis)  
 원목하역작업에 대한 고장유형과 영향의 분석을 통해 잠재 문제 중에서 주로 선내에서 가걸이, 본걸이(상차 와이어 거는 작업) 작업시 주변의 원목 또는 인양된(장비로 들어올린) 원목이 굴러 내리거나, 낙하, 전도에 의한 사고나 재해는 가장 시급히 개선해야 할 핵심적인 재해요인이라는 것을 알 수 있었다. 특히, 비좁고 협소한 선창내에서 장치의 중량화물을 스텝(가걸이 또는 상차 와이어로프)을 걸어 후에 부착하고 본선기어로 들어 올려 선측으로 이동해서 차량이나 선측야적장의 정위치에 정확히 내려야 하는 원목하역작업의 특성상 작업공간과 작업자의 대피장소, 통로등의 확보와 선내와 선측의 정확한 신호,

하역작업을 전반적으로 컨트롤 할 수 있는 작업감독 절실히 필요한 실정이다. 또한 항만하역만이 갖는 아주 특수한 재해원인요소로서 하역작업시 외부환경요인(악천후, 바람 등)에 의한 선박의 급작스런 로딩으로 적재된 것이나 쌓아 놓은 원목의 붕괴 및 전도, 작업원이 중심을 잃거나 혹은 장비에 인양된 화물이 낙하, 충돌되는 등의 전혀 예상하지 못한 재해는 현재로서는 뚜렷한 안전작업방법 거의 전무한 실정으로 특단의 대책이 필요하다고 할 수 있다.

## 2.3 항만하역 재해예방 및 안전관리

### 2.3.1 개선(Improve): 예방대책

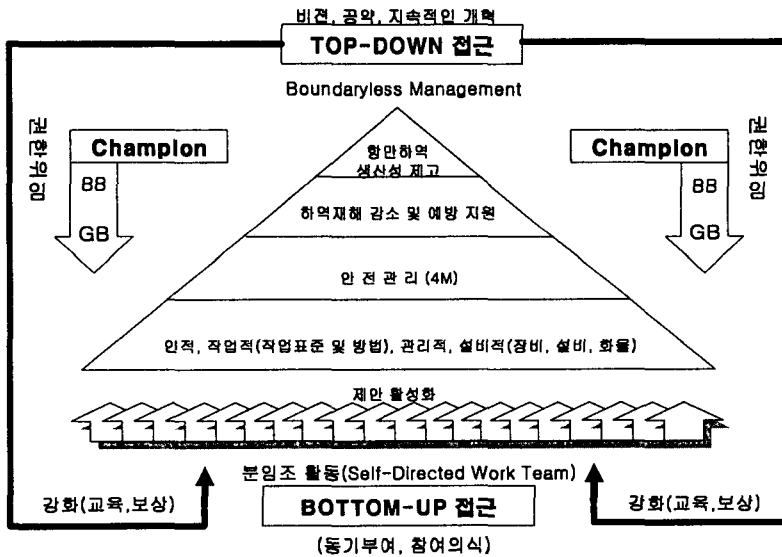
본 연구의 빈도분석결과 재해의 직접원인이 되는 인적요소 중에서 불안정한 자세동작과 불안정한 적재적하·하적단, 쌓기 헐기 등이 65%를 차지하고, 물적요소 중에서는 작업공정결함과 물의 배치배열·작업장소 및 통로결함이 전체 69%를 차지하여 이 두 요소만이라도 항만하역 작업현장에서 사전에 발견하여 제거·조치한다면 항만하역재해의 약 74%는 예방이 가능했을 것으로 분석이 된다. 또한 항만이라는 특수한 작업장에서 단지 하역생산성만을 위주로 작업원들을 하역작업공정에 맞추기 보다는 하역작업에 있어서도 작업의 효율성과 안전성을 위해 화물별 표준작업공정 등을 작업원의 수용능력과 한계를 고려하여 작업원에게 맞추는 인간 중심의 설계와 생산 개념으로 발상의 전환이 필요하다고 사료된다. [6] 따라서 항만하역재해의 직접적인 원인이 되는 인적·물적 요인이 사고나 재해로 이어지지 않도록 다음과 같이 관련법이나 제도 및 기준 등을 항만현장의 특수성을 고려하고 현실에 부합되도록 개정 또는 제정해 항만하역안전관리를 시행해 나가야 할 것으로 사료된다.

- i) 항만하역에 관한 제반 안전 수칙 및 필수적인 작업요건의 준수를 의무화해야 한다.
- ii) 화물별, 부두별, 선박별, 장비별 작업방법 및 작업공정에 대한 표준작업 매뉴얼 제작이 절실히 필요하다.
- iii) 항만하역종사자(하역근로자, 감독자, 반장, 검수원등)에 대한 실무적인 안전교육이 철저히 법적으로 지정 되어야 한다.
- iv) 항만의 특수성과 현실성을 감안하여 일반사업장과는 달리 항만하역작업에 맞는 통합적·세부적인 안전법령과 제도, 기준의 제정 및 보완이 절실히 요구된다.

### 2.3.2 관리(Control): 항만하역 안전관리 시스템 제안

안전관리조직은 재해예방을 목적으로 모든 위험의 제거, 제거기술의 수준향상, 재해예방대책의 향상, 단위당 예방비용의 절감 등을 중점적으로 조직화하

여야 하는데 최고경영자의 적극적인 의지가 가장 큰 영향을 미친다. 항만의 특수적인 상황 등을 충분히 감안하여 안전성과 중심의 안전경영을 통해 항만 운영 및 경영성과에 좋은 영향을 미칠 수 있도록 안전경영전략을 수립해야 한다. [1] 항만하역재해는 하역현장에서 집중적으로 발생하므로 안전관리조직이 하역의 현장라인과 밀접한 관계를 유지해야함은 물론 노사 이원적인 협의체 보다는 정부주도의 강력한 의지로 항만하역안전관리를 추진하여야 제 기능을 충분히 발휘할 수 있을 것으로 사료된다. 향후에 항만하역현장에 6시그마를 적용하기 위해서는 항만하역의 특성과 항만물류환경에 부합될 수 있도록 맞춤화(Customizing)하여 재해분석 및 예방·관리에 적합한 분석도구 및 개선방법 등을 개발해야 할 것으로 사료된다 .[9] [그림2-5]는 6시그마를 응용한 가상의 항만하역 안전관리 시스템이다. [4]



<그림 2-5> 6시그마를 적용한 안전관리

### 3. 결론 및 향후 연구 과제

#### 3.1 결론

본 연구는 인천항에서 10년간(1994-2003) 발생한 총 923건의 항만하역재해사례를 21세기 최고의 경영혁신 프로그램으로 각광받고 있는 6시그마의 프로세스 개선 방법인 DMAIC기법을 활용하여 SPSS통계프로그램을 이용한 항만하역재해의 빈도 및 교차분석과 항만하역의 특수성 및 유해·위험성·인천항의 하역재해특성 등을 근거로 항만하역재해 특성요인도를 작성하였다.



빈도분석에서는 재해발생의 인적요인으로는 불안정한 자세·동작과 하적단 쌓기·헐기 불량 등이 주원인 이었고 물적요인으로는 작업공정의 결함과 물의 배치배열·작업장소 및 통로결함이 주된 원인임을 알 수 있었다.

교차분석에서는 인적요소인 불안정한 자세동작과 불안정한 적재적하·하적단 쌓기헐기 불량 등이 물적요소인 물의 배치배열·작업장소 및 통로결함과 작업공정의 결함 등의 요인과 상호 교차 되었을 때 재해발생의 위험이 상당히 증가됨을 알 수 있었다. 특히, 가장 재해빈도율이 높은 원목하역작업에 대해 프로세스 맵과 고장유형 및 영향분석(FMEA)을 실시하여 작업공정상 의 결함과 위험의 포인트를 규명 하였다. 따라서 본 연구의 결과 항만하역의 재해를 감소와 재해 예방, 그리고 보다 효율적인 항만하역 안전관리를 위해서는 항만특수성과 항만하역현장에 부합되는 법, 제도, 기준 및 표준하역작업방법에 대한 매뉴얼 제작이 절실히 필요하다. 또한 현재 노·사 협의체로 운영되고 있는 항만안전위원회를 대신하여 항만하역의 재해감소와 예방을 통한 하역생산성 제고를 위해 새로운 형태의 항만안전관리시스템구축은 물론 해양수산부에도 전국항만을 대상으로 하역안전을 전문으로 담당하는 전담부서의 신설을 제안하였다.

### 3.2 향후 연구과제

향후 연구과제로는 현재 부산, 광양, 인천, 평택 등 많은 항만에서 컨테이너 부두를 지속적으로 건설 또는 확장하고 있으나 기존 컨테이너터미널의 하역 재해(대인, 대물)에 대해 소속회사가 밝히기를 꺼려함으로서 이에 대한 정확한 통계자료나 사례집이 거의 없는 실정이다. 따라서 컨테이너터미널 시설과 장비운영, 하역·이송·보관에 대한 작업관리 등 전반적인 재해사례분석과 함께 재해감소를 위해 컨테이너터미널 실정에 맞는 전략적인 안전관리대책을 수립함으로써 향후 개발되는 컨테이너부두의 재해감소 및 안전 확보로 하역 생산성과 효율성을 제고해야 할 것으로 사료된다.

## 4. 참 고 문 헌

- [1] 권희봉, “기업의 안전성과 경영성과 관계에 대한 회귀분석 연구”, 인하대 산업공학과 박사학위 논문, (2002)
- [2] 남영우, 이창호, “인천항 항만하역 재해분석에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지, Vol.6, No.3, (2004)
- [3] 남영우, 이창호, “6시그마 기법을 적용한 인천항 항만하역재해 예방대책에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지, Vol.7, No.2, (2005)
- [4] 박진영, 최태성, 6σ추진매뉴얼 따라하기, 서비스경영전략 연구소, (2003)
- [5] 방희석, 국제 운송론, 박영사, (1999)

- [6] 이진식, 산업안전관리공학론, 형설출판사, (2004)
- [7] 이철영, 항만물류시스템, 효성출판사, (1998)
- [8] 인천항운노동조합, 공상보고서 내부자료, 1994~2003(10년)
- [9] 정재수, “프레스 산업재해의 예방과 안전관리모델에 관한 연구”, 인하대 산업공학과 박사학위 논문, (2002)
- [10] 정수일, 김봉선, 박상규, 유영관, 공업 통계학, 청문각, (1997)
- [11] 한국항만물류협회, 항만하역재해통계 및 사례, (1995년-2004)
- [12] 한국해양수산개발원, 항만하역 작업단계별 안전상의 문제점 및 대책, (2001)
- [13] 한국해양수산개발원, 항만하역 작업환경관리 개선방안, (2002)

## 저 자 소 개

**남 영 우** : 현재 한국항만연수원 교수로 재직중이고 인하대학교 토목공학과를 졸업하고 동대학원 산업공학과에서 2006년 2월 박사학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 항만하역안전관리, 항만물류, 국제운송 등 이다.

**김 영 민** : 현재 인하대학교 기계공학부 교수로 재직중이고 주요 관심분야는 생산관리 및 품질관리이다.

**이 창 호** : 현재 인하대학교 산업공학과 교수로 재직중이고 인하대 산업공학과를 졸업하고 KAIST에서 석사 및 박사학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 경영과학, OR, EC, ERP 등이다.

## 저 자 주 소

**남 영 우** : 인천시 부평구 부평동 606-17

**김 영 민** : 경기도 성남시 분당구 서현동 92 현대아파트 414-2901

**이 창 호** : 인천시 부평구 산곡 3동 307 부평 현대아파트 121-408