

## 6시그마 기법을 적용한 인천항 항만하역 재해예방 대책에 관한 연구

- A Study on Analysis and DMAIC Preventive Operations  
for Cargo Handling Accidents In Inchon Port -

남 영 우 \*

Nam Young Woo

이 창 호 \*\*

Lee Chang Ho

### Abstract

Many countries of the world is driving forward development of large-scale hub port. They are now pushing ahead with setting up of effective marketing strategies to survive in keen competitions of the 21st century port industry. The port is of ever increasing importance for the bridge connecting sea and road transportation in handling international cargoes.

The port, differently from general working places, is a closed area required for security, customs, and quarantine procedures. The loading and unloading is being done differently by ports, cargoes, and ships. To do loading and unloading, a lot of equipment and different types of labor are required, which flow is complicated and safe management is essential. As above mentioned the port is very unique and very deteriorated working place in its working environment.

The purpose of this study is to propose ways to reduce and prevent from port accidents. As first step to do this, we have collected 923 accidents happened at Incheon Port during the period of 1994 to 2003. We have thoroughly analyzed characteristics, harmfulness, and risk of the loading/unloading they have done, as well as the accident frequency and relationship between the accidents. As second step to further analyze, We have employed DMAIC technology, an advanced process of 6 sigma presently in spotlight as the best program for management innovation. This analysis results in recognition of important accident characteristics, causes and effects analysis, critical causes of accident, and suggestions to decrease accidents.

**Keyword** : Inchon port, Cargo handling, Preventive measure for accidents, 6 sigma

\* 한국항만연수원 인천연수원 교수

\*\* 인하대학교 산업공학과 교수

2005년 6월 접수; 2005년 6월 수정본 접수; 2005년 6월 게재 확정

## 1. 서론

전 세계는 지금 국제 항만 간 21세기 중심항이 되기 위해 대규모 항만개발과 마케팅은 물론 항만경쟁에서 살아남기 위한 거점 항만전략을 적극 추진하고 있으며 국제 물류관리체계에 있어서 항만은 해상과 육상운송의 중계지 뿐만 아니라 복합적인 물류 기능을 수행하고 새로운 부가가치를 창출하는 종합물류기지로서의 기능이 더욱더 요구되고 있는 실정이다.

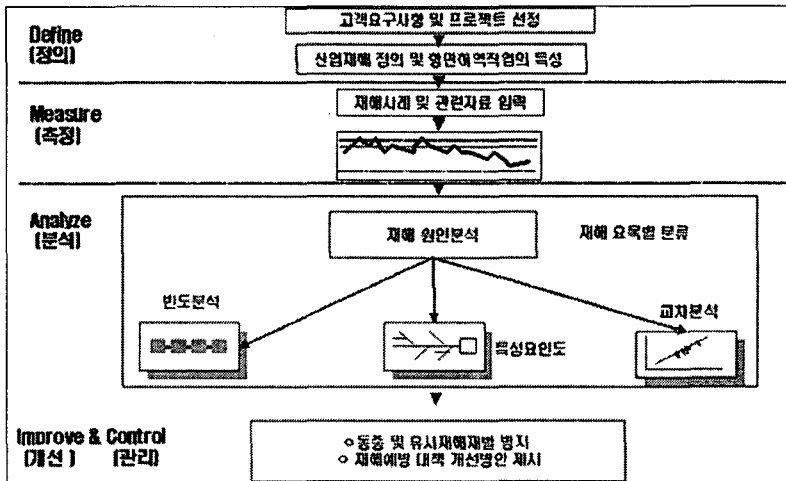
항만은 일반사업장과는 달리 보안, 세관, 검역 등으로 일반인에게 폐쇄적임은 물론 부두별, 취급화물별, 선박별 작업환경에 따른 각기 다른 하역방법과 수많은 하역·운송 장비와 인력의 복합적인 흐름 속에서 안전관리가 수행되어야 하는 아주 특수하고 열악한 작업 환경이라고 할 수 있고 아직도 항만하역 분야의 재해율이 타 산업에 비해 상당히 높게 나타나고 있어 이에 대한 대책마련이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 인천항에서 10년간(1994~2003) 발생된 총 923건의 항만하역 재해 자료를 입수하여 항만하역의 특수성 및 유해·위험성 그리고 인천항의 항만하역 재해의 빈도 및 교차 등의 집중적인 분석을 21세기 최고의 경영혁신 프로그램으로 각광받고 있는 6시그마의 프로세스 개선 방법인 DMAIC기법을 적용, 인천항에서 발생한 항만하역 재해에 대한 특성과 재해에 영향을 미치는 원인에 대한 특성요인도를 작성하고 품질에 대한 결함수를 재해로 대치시켜 항만하역재해 주요 원인분석과 향후 동일종류 및 유사재해의 재발방지과 예방대책 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 6시그마 전개방법에 따른 재해분석

< 그림2-1 >은 6시그마 전개방법인 DMAIC를 응용한 재해분석방법을 나타낸 것으로 정의, 측정, 분석, 개선, 관리 등 5단계로 구성되어 있다.[3]

- 단계 1 : 정의(Define): 고객의 요구를 확인하고 최적의 프로젝트를 선정 - 고객 정의, 프로젝트 선정, 팀 구성 및 일정수립
- 단계 2 : 측정(Measure): 현재의 재해수준과 현황을 파악하고 재해감소 및 예방을 위한 개선방향 및 목표 설정 - 결함 및 표준설정, 현재수준파악(자료수집), 개선목표 수립
- 단계 3 : 분석(Analyze): 재해원인의 철저한 규명과 재해의 직접적인 영향을 주는 핵심요인을 선정 - 잠재인자 도출, 인과관계 규명, 핵심인자 선정
- 단계 4 : 개선(Improve) : 중요 재해원인에 대한 문제점 해결 및 개선방안 도출 - 개선안 도출, 개선안 실행, 개선결과 검증
- 단계 5 : 관리(Control) : 개선된 사항이 계속 유지될 수 있도록 관리 철저 - 개선효과 모니터링, 표준화 및 문서화, 성과 공유



< 그림 2-1 > 6시그마를 응용한 전개기법[3]

## 2.1 정의(Define) : 고객 요구사항 및 프로젝트 선정

### (1) 고객정의

항만하역산업과 관련하여 해양수산부, 세관, 출입국관리소, 검역소, 하역회사, 항운노조, 선사, 화주, 선박대리점 및 기타 관련사로 정의할 수 있다.

### (2) 고객의 요구사항

고객만족·고품질 항만서비스 제공을 위해 하역분야의 재해감소 및 예방으로 재해로 인한 경제적 손실을 줄이고 노·사 신뢰구축, 근로자 사기진작 및 근무의욕 고취, 작업능률향상을 통해 항만하역생산성을 제고시켜 국가 물류경쟁력을 강화하는데 있다.

### (3) 프로젝트 선정

국제물류관리체계에서 물류의 핵심적인 역할을 하는 항만에서 하역작업의 안전성(재해감소 및 예방) 확보를 통한 항만하역 생산성 제고와 경쟁력 강화를 최우선 과제로 선정하였다. 실천과제로는 인천항에서 발생한 지난 10년간(1994~2003)이 항만하역 재해사례의 철저한 분석을 통해 이와 같은 동종 및 유사재해의 재발을 방지와 항만하역 재해감소 및 예방대책을 제시 하고자 한다.

### 2.1.1 산업재해의 정의, 원인구조, 원인분석

#### (1) 산업재해의 정의

일반적으로 산업재해(Industrial accident)라 함은 산업현장에서 발생한 사고를 총칭하는 개념으로 우리나라에서는 산업안전보건법 제2조에 “산업재해라 함은 근로자가 업무에 관계되는 건설물, 설비, 원재료, 가스, 증기, 분진 등에 의하거나 작업 기타 업무에 기인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 이환되는 것”으로 정의하고 있으며, ILO(국제노동기구)에서는 산업재해(Occupational accident)를 작업에 기인하거나 작업 중 발

생한 것으로 사망 또는 비사망의 결과를 초래하는 사고로, 직업병(Occupational disease)은 작업 중에 위험요인에 노출되어 이환된 질병으로, 산재상해(Occupational injury)는 산재사고로 인하여 발생한 사망, 개인상해 또는 질병으로 각각 정의하고 있다.

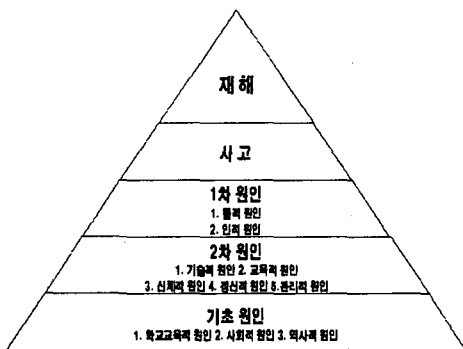
(2) 산업재해원인 구조

산업재해의 원인구조는 < 그림2-2 >와 같이 기초원인, 2차원인, 1차원인, 사고, 재해 등 5단계로 나눈다.[20]

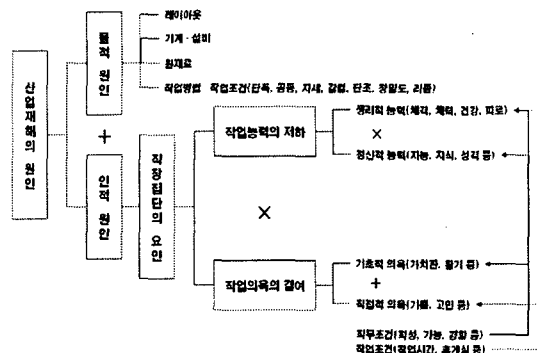
- ① 기초원인 : 가장 근본적인 원인이라고 생각되는 부분으로 2차원인의 또 그 원인이 되는 것이다.(학교 교육적, 사회적, 역사적)
- ② 2차원인(간접원인): 1차 원인이 존재하는 이유에 해당하는 것으로 직접원인에 대한 간접원인이 된다.(기술적, 교육적, 신체적, 정신적, 관리적)
- ③ 1차원인(직접원인) : 사고의 직접원인인 된 것으로 물적 원인과 인적원인 및 불가항력으로 나눈다.(물적 원인: 방호·경계·구내 설비결함, 작업공정 결함, 복장 보호구 결함 등 - 인적원인: 위험장소출입, 운전 중인 기계장치의 손질, 불안정한 자세 및 동작, 정리정돈불량, 불안정한 속도 조작, 위험물 취급 잘못, 복장·보호구의 오용 등)
- ④ 사고: 생산 활동에 지장을 초래하는 모든 사건
- ⑤ 재해: 사고발생으로 인한 물적·인적 피해 결과

(3) 산업재해 원인분석

산업재해가 발생하면 미국의 국가 교통 안전위원회(NTSB)서 취하고 있는 4M(Man: 인적, Machine: 설비적, Media:작업적, Management:관리적) 방법으로 사고 혹은 안전에 중대한 관계가 있었던 사항의 전부를 시계열적으로 선별, 그것들의 제반사항의 연쇄관계(Sequence of Event)를 명백하게 밝혀 사실원인을 최종적으로 확정해야 보다 더 정확한 재해원인을 알 수 있으며, 직접 원인은 물적 요소인 불안정한 상태와 인적 요소인 불안정한 행동으로 나눌 수 있고 거의 대부분의 재해는 물적·인적 원인의 양쪽이 존재하는 것으로 파악할 수 있다. < 그림 2-3 >은 산업재해원인을 지배하는 주요요인을 요약한 것이다.[20]



< 그림 2-2 > 재해의 원인 구조[20]



< 그림 2-3 >산업재해의 원인을 지배하는 요인[20]

## 2.1.2 항만하역작업의 특성, 작업단계, 유해·위험성

### (1) 항만하역작업의 특성

항만하역은 선박의 입·출항 예측이 불가능하고, 계절적·우발적 물동량 변화가 극심하여 노동수요의 파동성과 불규칙성을 나타낸다.[13]

항만하역 근로자의 이원적인 고용형태(노: 항운노동조합, 사: 하역회사). 항만하역의 주요장비 및 기기 조작원은 하역회사가 직접 상용으로 고용하고, 단순노무직은 노동조합이 노무공급권을 전담함으로써 하역시설·장비의 관리·운영의 주체가 각기 다르고, 고용관계가 하역장소 및 시간에 따라 수시로 변함으로서 효율적이고 일관성 있는 안전관리가 어렵다.[13]

항만하역 작업환경이 열악함. 하역작업의 대부분이 옥외·노천 또는 밀폐된 선창내부에서 이루어지므로 혹한·혹서 등의 열악한 자연환경과 분진·조명·소음 등의 불량한 작업환경에서 선박의 접안계획에 따라 작업을 강행해야 하고, 조명이 불량한 선창내부에서의 야간작업, 분진이 발생하는 환기불량 장소에서의 시멘트, 곡물, 철광석, 석탄 등을 취급해야 한다.[13]

취급화물 종류가 다종다양함. 항만하역은 취급화물의 종류가 다종·다양하고 다수의 중량·장척 및 유해위험화물을 하역해야 한다.[15]

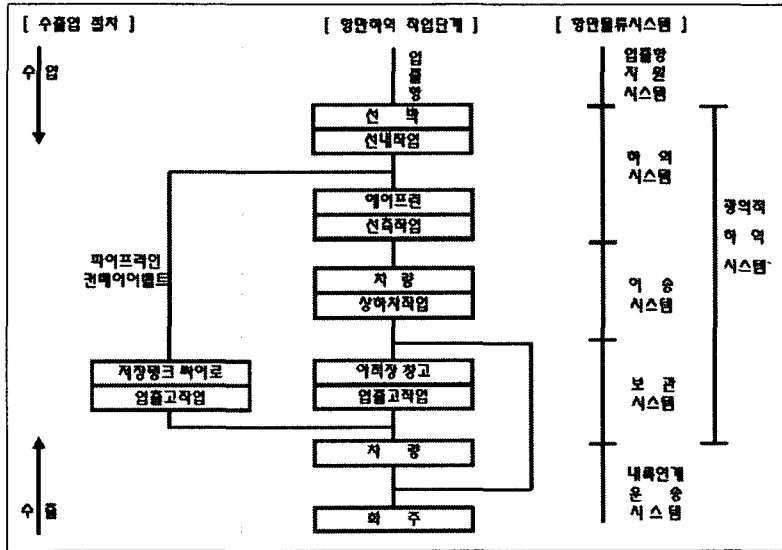
근로시간 제한 없는 주·야 지속적인 작업. 항만하역작업은 일반적으로 타 산업에 비해 육체적 중노동이고, 빠른 하역작업의 요구와 선박 회전을제고를 위해 반(gang)단위의 1일 2교대 방식의 지속적인 단순 협업작업이며, 근로시간 제한 없이 주·야로 지속적인 작업을 해야 한다.

흔들리는 선박에서, 부두내 각종하역 중장비(하역·이송)의 복잡한 흐름 속에서, 현수된 화물의 낙하와 충돌을 피하면서 끊임없이 하역작업을 수행해야 한다. 따라서 항만하역은 다종·다양한 화물과 선박, 화물별·선박별 다양한 작업방법, 노무구조 이원화로 인한 안전관리의 어려움, 중량·장척 및 유해·위험화물 취급, 각종 하역중장비와 인력의 복잡한 혼합작업, 분진·소음·공해·불량한 조명등 열악한 작업환경, 타 산업에 비해 아직도 노동강도가 매우 높고 불규칙하다는 것이다.[15]

항만하역에 있어서는 동일종류 및 유사재해의 재발률이 타 산업에 비해 상당히 높다. 열악한 작업환경, 취급화물별 복잡한 작업단계, 불규칙한 선박 입출항에 따른 작업 등으로 정신적·육체적 피로, 적성과 근무년수 및 능력을 고려치 않은 작업배치, 작업 공정 및 방법에 대한 안전교육 미흡 등 재해가 재발하는 직접적인 요인이다.

### (2) 항만하역작업단계

항만하역작업은 협의적으로는 항만내의 부두, 야적장, 창고, 싸이로 등의 장소에서 선박, 차량, 컨베이어 등의 운송수단에 화물을 적재 또는 양하 하는 작업이고 광의적으로는 항만내에서 이루어지고 있는 부두이송작업 및 보관작업을까지를 포함하는 작업으로 볼 수 있으며 항만내에서의 하역작업단계는 선내, 부선, 육상, 예·부선운송작업으로 구분할 수 있다. < 그림 2-4 >는 항만하역작업단계를 나타낸 것이다.[15]



< 그림 2-4 > 항만하역 작업단계도[15]

(3) 항만하역작업의 유해·위험성

항만하역은 다종·다양한 화물을 취급함은 물론 중량, 장치, 산소결핍 및 분진, 소음은 물론 직접 선박에 투입되어 작업하는 관계로 고소 및 선박의 로링(Rolling), 해상과 접수지역에서 혹한이나 혹서기에도 노천에서 주야로 교대작업을 해야 하는 등 아주 열악한 환경이다. < 표2-1 >은 항만하역작업에 있어서의 유해·위험요인을 요약한 것이다.[15]

< 표 2-1 > 항만하역작업의 주요 유해·위험요인[15]

구 분	유해·위험 요인	재해 형태
취급 화물	중량 장치 화물 화중 : 원목, 각재, 철강, 코일, 기관차, 보일러, 각종 건설기차재 등 - 단위중량이 수톤~수백톤까지의 중량·장치 화물 하역	낙하 협요통
	유해 위험 화물 화중 : 유류, 화학제품, LPG, LNG, 석탄 등 - 폭발성, 인화성, 독성, 부식성 및 산화성을 지닌 화물취급	화재 폭발 중독
	산소결핍 우려화물 화중 : 석탄, 곡물, 사료, 과일, 강재, 고철, 원목, 어류 등 - 선창, 싸이로등 밀폐된 공간에서의 인력작업 수행	질식
	포대화물 화중 : 비료, 설탕등 포장화물 - 25~50kg의 단위중량을 가진 화물을 인력으로 상·하차작업	요통 전도 추락
	산적화물 화중 : 곡물, 사료 부원료, 석탄, 시멘트 등 - 선내, 선측 호퍼, 싸이로 내부에서 화물취급작업	붕괴 낙하물
	분진 다발 화물 화중 : 사료, 부원료, 고철, 곡물, 시멘트, 석탄 등 - 부두에서 네트스링, 호퍼, 버킷을 이용한 하역작업으로 분진 발생	건강장애 (급성폐렴 등)

하역장비 차량	선박 하역설비	선박에 고정적으로 설치된 데릭, 크레인 등 - 기준 미달 선박 하역설비의 기능저하 및 와이어로프 파손	비래 낙하
	육상 크레인	갠트리크레인, 언로더, 이동식 크레인 등 - 임대 이동식 크레인의 안전장치 미부착, 정비불량, 오조작, 성과급 위 주의 작업으로 인한 무리한 작업수행	비래 낙하
	차량계 하역기계	지게차, 페이로다, 로저 등 - 전후, 좌우 기동성이 좋은 하역기계와 인력의 혼합작업	충돌 전도
	화물 자동차	트럭, 트레일러, 유조차 등 - 차량 적재함에 탑승하여 상 · 하차 하역작업 수행	전도 추락 충돌
고소작업	- 하적단, 갑판적 화물 및 차량 적재함 위에서 하역작업 수행 - 작업장소로 이동하기 위해 선박의 현문사다리, 선내의 통로 또는 양화장치로 작업장소를 오르내리거나 이동함	전도 추락	
해상·접수지역	외항, 선상, 선측작업 및 예부선에 의한 해상수송 작업 선박의 로딩으로 인한 급작스런 위급 상황 발생	전도 해중 추락	
열악한 작업조건	- 혹한, 혹서, 우천시에도 작업수행 - 주·야에 걸친 연속작업, 연중무휴 - 성과급에 의한 무리한 작업 수행 - 선박의 불규칙한 입·출항으로 인해 항시 작업대기 해 야 함.	불안정행동 (피로누적, 무리한 동작 유발)	
기타 작업	- 훈증직후의 하역작업 - 용접, 도장작업 - 맨홀, 싸이로 청소 작업 - 하역장비 정비 및 하역도구 제작	중독 감전 화재 식질 폭발비래 협착	

2.2 측정(Measure): 인천항의 항만하역 재해현황

1994년부터 2003년까지의 10년 동안 인천항에서는 총 924건(사망:26, 중상:492, 경 상:405)의 항만하역재해가 발생 하였고 년도별 재해 현황은 < 표 2-2 >과 같다.

< 표 2-2 > 년도별 항만하역재해정도 추이[11]

발생년도	경상	중상	사망	합계
1994	60	65	7	132
1995	40	88	4	132
1996	64	56	1	121
1997	45	50	5	100
1998	36	32	0	68
1999	40	49	0	89
2000	40	38	5	83
2001	23	35	2	60
2002	27	43	1	71
2003	30	36	1	67
총합계	405	492	26	923

2002년도 산재보상금은 8,681백만원이 지급되었으며 이는 전년대비 1,619백만원 (18.6%)이 증가 하였고, 직·간접손실을 포함한 경제적 손실 추정액은 43,405백만원으로 전년대비 8,095백만원(18.6%)이 증가 하였다.

항만하역재해로 인한 경제적 손실은 일반적으로 하인리히의 1:4법칙으로 손실액을 추정하고 있으나 실질적으로 작업중단과 지연, 하역도구나 장비의 손실, 기회 손실, 화물의 손상, 전문가·경험자의 손실, 작업원의 사기저하와 작업에 대한 두려움으로 인한 생산성 감소 등을 전부 감안한다면 위의 손실액은 빙산의 일각이라고 할 수 있다.

< 표 2-3 > 항만하역재해로 인한 경제적 손실액 추이 (단위: 백만원)[11]

구 분	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
경제적손실 추정액	43,680	44,785	40,675	35,690	28,510	35,310	43,405
산재 보상금	8,736	8,957	8,135	7,138	5,702	7,062	8,681
간접 손실액	34,944	35,828	32,540	28,552	22,808	28,248	34,724

1)경제적 손실 추정액 = 직접손실액 + 간접손실액 = 산재보상금 + (4 × 산재보상금)

2)간접손실액 = Heinrich방식에 의하여 직접손실액(산재보상금)의 4배로 계상

### 2.3 분석(Analyze): 재해원인분석

항만하역의 재해원인분석은 13개 재해요목으로 분류, SPSS통계 프로그램을 이용하여 각 요목별 재해빈도수 및 재해요목간 교차분석은 물론 항만하역작업의 특수성과 작업환경의 유해·위험성 그리고 인천항의 재해분석결과를 통해 항만하역 재해의 특성요인도 작성과 함께 핵심인자와 상호 인과관계를 규명 하였다.[2]

#### 2.3.1 특성요인도 분석

항만하역의 일반적인 특수성과 하역작업의 유해·위험성 그리고 인천항의 하역재해에 대한 빈도 및 교차분석 결과를 종합하여 재해의 원인을 재해발생 기본요인(4M: 인적, 관리적, 설비적, 작업적요인)으로 세분하여 항만하역 재해에 대한 세부적인 특성요인도를 작성해 보면 < 그림2-5 >와 같다.

인적요인으로는 항만하역의 특징인 일용 성과급제도에 따른 연중 무휴의 무리한 주·야 2교대작업, 선박입·출항의 불규칙성으로 인한 불규칙적인 작업과 상시 대기해야 하는 어려움, 취급화물의 다종·다양함, 중량·장척 및 위험화물, 하역장비·기계의 불안정한 속도조작 및 오조작, 이원적 노사관계에 따른 팀웍의 어려움 등 높은 노동강도에 따른 무리한 동작, 작업의욕 및 신체기능저하, 피로누적, 대화 및 리더쉽 부족으로 인한 인간관계의 어려움 등으로 결국 재해가 발생한다.

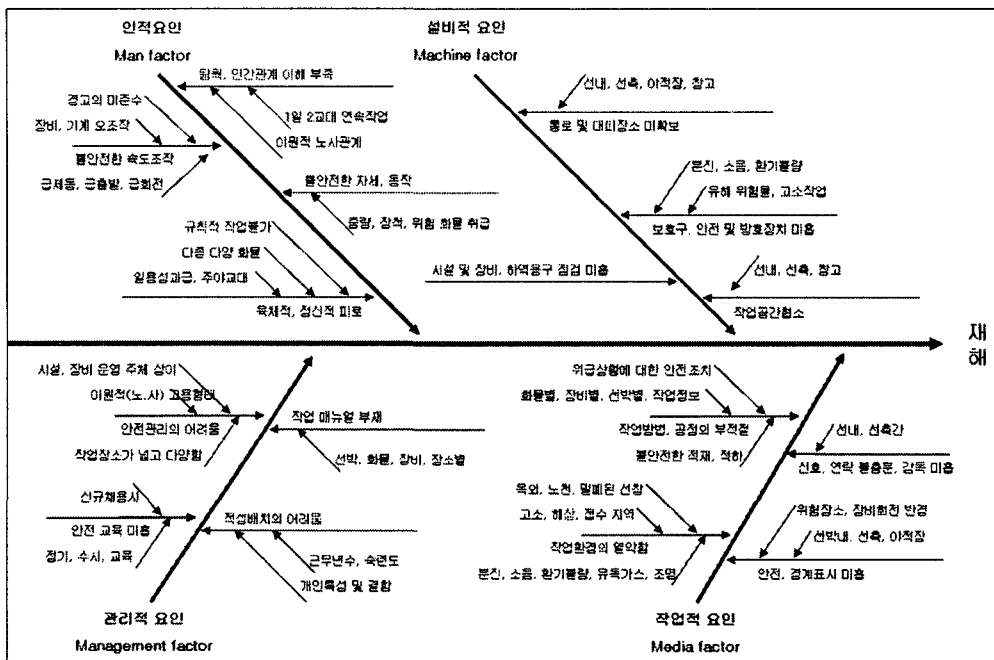
관리적 요인으로는 이원적(노·사)고용형태로 시설 및 장비 운영주체가 서로 상이하고 비교적 작업장소가 넓고 다양함, 신규채용시, 정기 및 수시안전교육의 부재, 화물별,



장비별, 장소별, 선박별 하역작업매뉴얼 부재, 근무년수 및 작업에 대한 숙련도 그리고 개인적 특성과 결합을 고려한 적성배치미비 등 하역작업의 안전관리상의 어려움으로 재해가 발생한다.

설비적 요인으로는 유해·위험물, 분진, 소음, 환기불량, 고소, 해상, 접수지역에서의 하역작업에 대한 보호구, 작업 받침대, 안전 및 방호장치 미흡, 하역시설 및 장비와 하역용구에 대한 철저한 점검 미흡, 좁은 선창내 혹은 창고에서의 작업공간 협소, 선내와 작업장에서의 통로 및 대피장소 미확보 등으로 인해 재해가 발생한다.

작업적 요인으로는 화물별·선박별·장비별·부두별 부적절한 하역작업방법과 공정, 작업정보 부재로 인한 불안정한 적재·적하, 분진·소음·유독가스·환기 및 조명불량과 고소·해상·접수지역·밀폐된 선창내에서의 열악한 작업환경, 선내·선측간 신호 및 연락의 불충분과 감독미흡, 선박 로딩에 대한 안전조치 미흡, 위험장소 및 장비 작업반경내 안전·경계표시 미표시 등으로 인해 재해가 발생한다.



< 그림 2-5 > 항만하역재해 특성요인도

### 2.3.2 빈도분석

< 표2-4 >는 빈도분석결과를 요약한 것으로 화물별로는 원목이 가장 많았고 철재, 컨테이너, 잡화, 펄프 순으로 나타났고, 상해종류는 골절이 제일 높았으며, 재해발생형태는 추락, 낙하, 전도, 협착 순으로 나타났다..

상해부위는 발, 다리, 손, 팔 순이고, 작업단계로는 선내, 선측, 상하차, 야적장순으로 나타났다.

재해의 직접 원인인 인적 불안정한 행동중에서는 불안정한 자세동작과 불안정한 적재적하·하적단 쌓기헐기 등이 전체의 65%를 차지하고, 물적 불안정한상태에서는 작업공정결함과 물의배치배열·작업장소 및 통로결함이 전체의 69%를 차지하므로 위에서 지적한 인적·물적 원인만 개선된다면, Heinrich의 재해이론에 근거하여 항만하역 재해의 약74%는 예방이 가능할 것이다. [Heinrich의 재해이론 : 총재해 = 인적요인(88%) + 물적요인(10%) + 천재지변(2%)]

< 표 2-4 > 항만하역재해요목별 빈도분석 요약

재해요목	세부 분석 내용
취급화물	화물별로는 원목, 철재, 컨테이너, 잡화, 펄프순으로 총 재해의 약 64%차지 ①원목(22.2%), ②철재(16.5%), ③컨테이너(9.9%), ④잡화(8.8%) ⑤펄프(6.5%), ⑥자동차(4.1%)
재해발생장소	①선내(63.8%), ②선측(21%), ③야적장(13.2%)
상해종류	①골절(54%), ② 타박상(39.9%) ③절단(2.4%), ④찰과상(1.2%)
재해발생형태	①추락(21.9%), ②낙하(19.8%), ③전도(16.8%) ④협착(16.3%), ⑤붕괴(13.3%), ⑥충돌(5.7%)
재해정도	①중상(53.3%), ②경상(43.9%), ③사망(2.8%)
상해부위	①발(27.1%), ②다리(18.6%), ③손(16%) ④팔(6.9%), ⑤허리(6.6%), ⑥가슴(4.9%)
작업단계	①선내(64.7%), ②선측(14.8), ③상하차(11.2%) ④야적(4.4%), ⑤직상차(3.6)
기인물	①화물(33.7%), ②기타(26.9%), ③하역용구(11.4%) ④하역장비(6.7%), ⑤작업환경(5.1%), 선박로링(4.1%)
인적 불안정한행동	①불안정한 자세·동작(38.2%), ②불안정한 적재적하·하적단쌓기헐기 불량(26.7%), ③감독 및 연락·신호 불충분(13.2%), ④불안정한 속도조작(6.9%) ⑤기타(5.3%), ⑥불안정한 상태방치(4.9%)
물적 불안정한상태	①작업공정의 결함(39.9%), ②물의 배치배열·작업장소 및 통로결함(29.1%) ③기타(16.8%), ④안전표지 미부착·경계표시 부재·경계구역 미설정(7.3%) ⑤선박의 로링(4.6%), ⑥작업환경의 결함(1.8%)
발생 시간별	①목(17.2%), ②화(16.7%), ③월(15.7%), ④토(14.5%), ⑤금(13.9%), ⑥수(13.2%) ⑦일(8.8%)
근속 년수별	①10년~20년(29.5%), ②5년~10년(24.2%), ③5년미만(23.3%), ④20년~25년(13.1%)
나이별	①50~60(35.2%), ②40~50(28.7%), ③30~40(25.9)

### 2.3.3. 교차분석

인천항의 재해자료를 두 재해요목간 독립성 여부를 판정하는 독립성 검정( $\chi^2$  검정: Chi-square test)을 수행하여 각 변수간 유의수준 ( $\alpha=0.05$ ) 양측검정으로 유의한 경우 즉, 상관관계가 성립된 것(서로 연관이 있는 것)중에서 중요한 내용만을 요약한 것이다.

< 표 2-5 > 항만하역 재해요목간 교차분석 요약

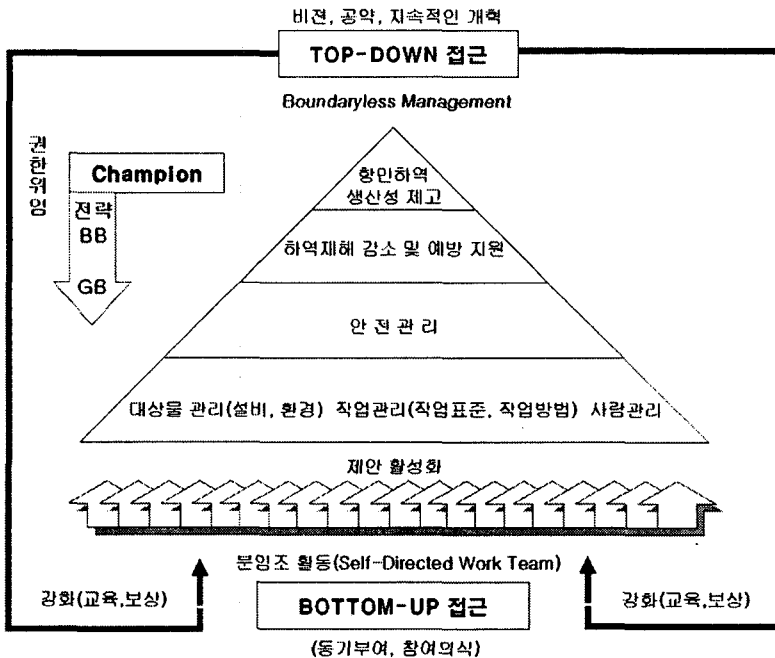
재해 요목간	세부 분석 내용
취급 화물 * 재해 발생 형태	약 88%가 추락, 낙하, 전도, 협착, 붕괴로 인한 것 -원목: 붕괴(31.2%), 낙하(21.5%), 전도(18%), 협착(12.2%), 추락(9.8%) -철재: 낙하(28.3%), 협착(23.7%), 추락(16.4%), 붕괴(13.2%), 전도(12.5%) -컨테이너: 추락(36.2%), 전도(24.2%), 협착(17.5%), 낙하(16.5%) -잡화: 추락(28.4%), 전도(24.7%), 협착(14.8%) -펠프: 추락(38.3%), 낙하(25%), 협착(11.7%)
취급 화물 * 인적 불안정한 행동	-원목: 불안정한적재저하·하적단쌓기헐기 불량(47.3%), 불안정한자세·동작(28.8%), 감독 및 연락·신호 불충분(8.3%) -철재: 불안정한 자세·동작(32.9%), 불안정한적재저하·하적단쌓기헐기 불량(27.6%), 감독 및 연락·신호 불충분(20.4%) -컨테이너: 불안정한적재저하·하적단쌓기헐기 불량(50.5%), 감독 및 연락·신호 불충분(15.4%), 불안정한적재저하·하적단쌓기헐기 불량(11%), 불안정한 속도조작(11%) -잡화: 불안정한 자세·동작(59.3%), 불안정한적재저하·하적단쌓기헐기 불량(17.3%), 감독 및 연락·신호 불충분(9.9%) -펠프: 불안정한 자세·동작(28.3%), 불안정한적재저하·하적단쌓기헐기 불량(25%), 감독 및 연락·신호 불충분(21.7%)
인적 불안정한 행동 * 재해 발생 형태	-불안정한 자세동작: 전도(36.8%), 추락(32.3%), 무리한 동작(11.9%) -불안정한 적재저하·하적단쌓기헐기 불량: 붕괴(41.9%), 낙하(35.8%), 협착(8.9%) -감독 및 연락·신호 불충분: 협착(45.4%), 낙하(22.3%), 추락(19.8%) -불안정한 속도조작: 충돌(26.5), 탁하(25%), 추락(21.9%), 협착(21.9%)
인적 불안정한 행동 * 물적 불안정한 상태	-불안정한 자세동작: 물배치배열·작업장소통로 결함(43.9%), 기타(38.8%), 작업공정의 결함(13.3%) -불안정한 적재저하·하적단쌓기헐기 불량: 작업공정의 결함(76%), 물배치 배열·작업장소통로 결함(21.5%) -감독 및 연락·신호 불충분: 작업공정의 결함(70.2%), 안전표지미부착·경계표시부재·경계구역 미설정 (19.8%), 물배치배열·작업장소 통로 결함(8.3%) -불안정한 속도조작: 안전표지미부착·경계표시부재·경계구역 미설정 (42.1%), 작업공정의 결함(32.8%), 안전장치기능의 제거(12.5%) -불안정한 상태방치: 물배치배열·작업장소통로 결함(71.1%), 작업공정의 결함(15.5%)
재해 발생 장소 * 재해 발생 형태	-선내 : 낙하(22.9%), 전도(20%), 추락(17.3%), 붕괴(16.5%), 협착(14.9%), 충돌(4.1%) -선측 : 추락(29.4%), 협착(21.1%), 낙하(17.5%), 전도(10.8%), 붕괴(9.3%)충돌(7.7%) -야적장: 추락(32.8%), 협착(15.6%), 무리한 동작(13.9%), 전도(11.5%), 충돌(10.6%)

< 표2-5 >는 교차분석결과의 주요내용을 요약한 것으로 재해의 직접원인인 인적요소(불안정한 행동)와 물적요소(불안정한 상태)가 결합되었을 때 재해위험도가 상당히 높음을 알 수 있다.

특히, 불안정한 자세동작(인적)에서는 물의 배치배열 · 작업장소 및 통로 결함(물적)이, 불안정한 적재 및 적하 · 하적단 쌓기 및 헐기 불량(인적)에서는 작업공정의 결함(물적), 감독 및 연락 · 신호 불충분(인적)에서는 작업공정의 결함(물적)이, 불안정한 속도조작(인적)에서는 안전표지 미부착 · 경계표시부재 · 경계구역 미설정(물적)이 가장 높게 나타나 이 두요인(인적 · 물적)의 결합 되었을 때에 재해위험도가 급격하게 상승하는 것을 알 수 있다.

### 2.4 개선(Improve) 및 관리(Control): 항만하역재해 예방대책 및 개선방안

항만하역 안전관리시스템의 전반적인 체제 개편이 절실히 요구된다. 항만하역근로자의 이원적인 고용형태로 인한 노무공급과 하역시설, 장비, 운영주체가 서로 다르고 고용관계가 장소와 시간에 따라 수시로 변동하는 특수한 상황에서 현 안전관리체제보다는 6시그마 경영의 실행구조를 응용한 운영시스템으로의 변화가 필요하다. 예를 들면 재해예방 프로젝트 추진을 위해 노 · 사 · 정(항운노조, 하역협회, 해양수산부)으로 하는 6시그마 운영체제를 적용한 태스크 포스(Task Force) 팀을 구성, 현 노사안전관리위원회를 전면 개편함으로써 항만하역안전의 중요성에 대한 전반적인 인식변화와 보다 체계적 · 과학적인 안전관리방법으로 안전을 확보해야 한다. < 그림2-6 >는 6시그마를 응용한 가상의 안전관리 시스템이다.[3]



< 그림 2-6 > 6시그마를 적용한 안전관리 [3]

항만현장에서 하역작업별 안전수칙 및 작업표준을 반드시 준수해야 한다. 통계적으로 총재해의 약 10%가 작업자의 자의에 의한 판단과 습성으로 인한 안전수칙의 미준수로 발생하고 있고 정해진 시간내에 화물의 손상 없이 안전보건을 확보하면서 적하·양하를 수행하기 위해서는 반드시 해당작업에 맞는 작업표준을 준수해야 한다.

항만하역작업장에서는 보호구 착용 및 안전표지를 부착을 반드시 의무화해야 한다. 하역작업시 해당작업에 맞는 보호구를 착용함은 물론 사업장의 유해·위험시설 및 장소에 대한 경고와 비상조치의 안내등 안전의지 고취를 위해 반드시 안전표지를 설치하거나 부착 하여야 한다.

항만하역 작업지휘자 지정 및 신호자를 반드시 배치하여야 한다. 항만하역은 당해작업을 직접지휘·감독하는 작업지휘자를 안전담당자로 지정하고 크레인, 차량계 하역운반기계, 양화장치를 사용하는 작업에서는 반드시 신호자 또는 유도자를 배치하고 신호하도록 하여야 한다.

화물별, 부두별, 선박별 작업방법 및 공정에 대한 매뉴얼이 철저히 필요하다. 화물취급에 대한 특별한 교육과 내용없이 현재와 같이 경험적·구전적인 하역작업방법이나 공정에 대한 지식 습득은 재해를 유발시키는 근본적인 원인이 되므로 보다 과학적·세부적인 하역작업 매뉴얼 제작이 철저히 필요한 실정이다.

항만하역종사자(하역근로자, 감독자, 반장, 검수원등)에 대한 실무적인 안전교육이 철저히 요구된다. 작업시작전, 산업안전보건법령, 작업공정 및 유해·위험작업, 보호구·안전장치취급과 사용, 선박과 화물 그리고 투입되는 하역장비와 작업단계, 작업 내용 변경시에는 반드시 이에 상응하는 안전교육을 철저히 실시해야 한다.

항만의 특수성을 감안하여 일반사업장과는 달리 항만하역작업에 맞는 통합적·세부적인 안전법령과 기준이 시급히 마련되어야 한다. 항만에서는 다종·다양한 화물의 하역작업방법, 선박, 하역장비, 작업단계, 작업장소, 열악한 작업조건(연중무휴의 옥외작업, 혹한·혹서기 작업, 불량조도 및 매연, 산소결핍, 소음 및 분진, 기타 유해·위험작업)등 항만하역의 특수한 사정을 고려할 때 제조업 중심으로 제정된 기존의 산업안전보건법 기준을 준용한다는 것은 현실과 거리가 멀고, 항만법에 명시된 항만시설장비 검사기준안이 적용되는 하역장비의 범위도 항만에 상시 설치되어 있는 각종 크레인, 트랙터, 샷시, 언로더, 컨베이어 등에 한정되어 있으나 실제로 항만하역현장에서 주요 하역장비로 사용되고 있는 선박 양화장치 및 육상 이동식 크레인에는 적용되지 않는 것을 감안하면 항만하역작업에 맞는 새로운 세부적인 기준안 마련이 시급할 것으로 사료된다.

### 3. 결 론

본 연구는 인천항에서 10년간(1994-2003) 발생한 총 923건의 항만하역재해사례를 항만하역의 특수성 및 유해·위험성 그리고 SPSS통계프로그램을 이용한 항만하역재해의 빈도 및 교차 등의 집중적인 분석을 21세기 최고의 경영혁신 프로그램으로 각광받고 있는 6시그마의 프로세스 개선 방법인 DMAIC기법을 적용하여 인천항의 항만하역

재해의 특성요인도를 작성과 재해예방 대책을 제시 하였다.

빈도분석결과 재해의 직접원인이 되는 인적요소 중에서 불안정한 자세동작과 불안정한 적재적하·하적단, 쌓기혈기 등이 65%를 차지하고, 물적요소 중에서는 작업공정결함과 물의 배치배열·작업장소 및 통로결함이 전체 69%를 차지하여 이 두요소를 개선한다면 항만하역재해의 약 74%는 예방이 가능하다는 결론이고 항만의 특수성과 작업환경의 열악성, 이원적 노사관계로 인한 안전관리의 어려움 등을 고려할 때 안전관리시스템의 체제개편과 화물별, 선박별, 장비별, 부두별 하역작업방법 및 공정에 대한 매뉴얼 제정, 항만종사자에 대한 실무적인 안전교육 실시, 그리고 항만하역작업 실정에 부합되는 통합적·세부적인 안전법령과 기준이 시급히 마련되어야 할 것으로 사료된다.

#### 4. 참 고 문 헌

- [1] 권영국, 「산업안전공학」, 형설출판사, 1999
- [2] 남영우, 「인천항 항만하역 재해분석에 관한 연구」, 안전경영과학회지 제6권 3호, 2004.9
- [3] 서비스경영전략 연구소, 「6σ추진매뉴얼 따라하기」, 2003.8
- [4] 신용하, 한정열, 김동기, 「산업안전특론」, 남양문화, 2003.8
- [5] 이원우, 김맹룡, 「우리나라와 외국의 산업재해 예방제도 비교에 관한연구」, 사회과학논문, 2002
- [6] 이철영, 「항만물류시스템」, 효성출판사, 1998
- [7] 인천항운노동조합, 「활동보고」, 2003
- [8] 인천항운노동조합, 「공상보고서 내부자료」, 1994 ~ 2003(10년)
- [9] 전국항운노동조합연맹, 「활동보고」, 2003
- [10] 한국항만물류협회, 「항만하역요람」, 1995년 - 2003년 각호
- [11] 한국항만물류협회, 「항만하역재해통계 및 사례」, 1995년-2004년 각호
- [12] 한국표준협회, 전국품질분임조 경진대회, 「발표문집·6」, 2004.4
- [13] 한국항만연수원, 「항만하역안전」, 1995
- [14] 한국항만연수원, 「항만하역재해조사 및 분석」, 2000.9
- [15] 한국해양수산개발원, 「항만하역 작업단계별 안전상의 문제점 및 대책」, 2001. 12
- [16] 한국해양수산개발원, 「항만하역 작업환경관리 개선방안」, 2002.12
- [17] 한국해양수산개발원, 「항만노무 공급체계 개편방안 연구」, 2002.6
- [18] 항만운송사업법, 2005
- [19] KSA한국표준협회, 「6시그마 이론과 실제」, 2003,9
- [20] Σ시그마프레스, 「산업안전공학 개론」, 2002,3

## 저 자 소 개

남 영 우 : 현재 한국항만연수원 교수로 재직중이고 인하대학교 토목공학과를 졸업하고 동대학원 산업공학과에서 석사 및 박사과정을 수료하였다. 주요 관심분야는 국제운송, 항만물류, 항만하역안전관리 등 이다.

이 창 호 : 현재 인하대학교 산업공학과 교수로 재직중이고 인하대학교 산업공학과를 졸업하고 KAIST에서 석사 및 박사를 취득하였다. 주요관심 분야는 경영과학, OR, EC, ERP 등이다.