

物流學碩士 學位論文

부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널  
도입계획 분석을 통한 항만 경쟁력 향상 방안

A Study to Improve Port Competitiveness based on  
Analysis of Introduction Plan for Automated Container  
Terminal in Busan New Port Phase 2-3

指導教授 張明熙

2008年 8月

韓國海洋大學校 海事産業大學院

港灣物流學科

朴春和

## < 목 차 >

<i>Abstract</i> .....	vii
<b>제1장 서론</b> .....	1
제1절 연구의 배경 및 목적 .....	1
제2절 연구의 방법 및 구성 .....	2
<b>제2장 이론적 배경</b> .....	4
제1절 해운·항만 분야의 환경 변화와 자동화 컨테이너터미널의 필요성 .. 4	
1. 선박의 대형화로 인한 하역시스템의 변화 .....	4
2. 안벽 하역시스템의 변화 .....	5
3. 야드 하역시스템의 변화 .....	6
4. 자동화 컨테이너터미널의 필요성 .....	7
제2절 자동화 컨테이너터미널의 개요 .....	8
1. 부분자동화 컨테이너터미널 .....	10
2. 완전자동화 컨테이너터미널 .....	12
3. 자동화 컨테이너터미널의 운영 장비 .....	14
제3절 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널의 비교·분석 .. 20	
1. 재래식 컨테이너터미널 .....	20
2. 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널 비교 .....	21
3. 장치장 블록 배치형태 비교 .....	22
4. 자동화 컨테이너터미널의 경제성 분석 .....	26
제4절 자동화 컨테이너터미널의 국내 항만에 대한 도입시 고려요소 및 운영목표 설정 .....	35
1. 자동화 컨테이너터미널의 도입 시 고려요소 .....	35
2. 자동화 컨테이너터미널의 운영목표에 대한 요인 .....	36
<b>제3장 자동화 컨테이너터미널 운영현황 분석</b> .....	38
제1절 외국 자동화 컨테이너터미널의 현황 .....	38
1. 네덜란드 로테르담항 ECT 자동화 컨테이너터미널 .....	38
2. 네덜란드 로테르담항 Euromax 자동화 컨테이너터미널 .....	41

3. 독일 함부르크항 CTA 자동화 컨테이너터미널 .....	43
4. 영국 Thames Port 자동화 컨테이너터미널 .....	47
5. 싱가포르 PPT 자동화 컨테이너터미널 .....	50
6. 홍콩 HIT 자동화 컨테이너터미널 .....	54
제2절 국내 자동화 컨테이너터미널의 도입계획 .....	57
1. 광양항 3단계(2차) 자동화 컨테이너터미널 .....	57
2. 광양항 3단계(2차) 자동화 컨테이너터미널 개발 .....	59
3. 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 .....	64

## 제4장 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획 분석 .....

제1절 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입배경 및 도입계획 개요 ..	68
1. 주요 결정사항 및 분석방법 .....	68
2. 분석대상 항목별 고려사항 .....	69
3. 주요 지표 산정내역 .....	71
제2절 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획 분석 .....	76
1. 기반시설 공사비용 비교 .....	76
2. 장비 도입비용 비교 .....	77
3. 인건비 비교 .....	81
4. 년 간 수익금액 및 수익률 비교 .....	84
5. 기타 검토사항 .....	87
6. 자동화 컨테이너터미널 도입계획의 결론 및 권고사항 .....	89
제3절 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획에 따른 기대효과 · 89	
1. 안정적인 항만서비스 제공으로 컨테이너터미널 경쟁력 향상 .....	89
2. 년 간 처리능력 증가로 수익성 제고 .....	89
3. 인건비 상승에 대한 압박요인 완화로 안정적인 터미널운영 가능 .....	90
4. 자동화 컨테이너터미널에 대한 신기술 확보로 기술우위 선점 .....	90
5. 자동화 컨테이너터미널 운영에 대한 노하우 축적으로 경쟁력 확보 .....	91
6. 장기적이고 안정적인 컨테이너터미널 수익성 확보 .....	91
제4절 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획에 따른 예상 문제점 .....	92
1. 자동화 컨테이너터미널 운영에 대한 불확실성 .....	92
2. 초기 자동화 운영시스템 정착에 필요한 시행착오 .....	93

3. 생산성에 관한 획기적인 향상의 제약 .....	93
4. 초기 투자비용 과다로 인한 재원확보 문제 .....	94
5. 국내항만의 제반여건에 따른 자동화 컨테이너터미널의 효용성 의문 .....	95
6. 자동화 컨테이너터미널 운영시스템 및 정보기술의 검증 미비 .....	96
7. 운영방식에 관한 제한된 단순비교에 따른 효율성의 한계 .....	96
8. 자동화 컨테이너터미널에 대한 최신기술의 적용 미비 .....	97
<b>제5장 연구의 요약 및 시사점 .....</b>	<b>98</b>
제1절 연구의 요약 및 시사점 .....	98
제2절 연구의 한계 및 향후과제 .....	99
<b>참고 문헌 .....</b>	<b>101</b>

## < 표 목 차 >

<표 II-1> 컨테이너터미널의 자동화 정도에 따른 구분 .....	9
<표 II-2> 영국 TMP의 현황 .....	10
<표 II-3> 싱가포르 PPT의 현황 .....	11
<표 II-4> 홍콩 HIT의 현황 .....	12
<표 II-5> AGV와 SHC 장비특성 비교 .....	16
<표 II-6> 재래식 컨테이너터미널의 특성 .....	20
<표 II-7> 국내외 연구기관의 경제성 분석 결과 .....	22
<표 II-8> 수평배치의 기본개념 및 특징과 적용터미널 .....	24
<표 II-9> 수직배치의 기본개념 및 특징과 적용터미널 .....	26
<표 II-10> 사회 기반시설 공사비용의 내역 .....	28
<표 II-11> 자동화 컨테이너터미널의 장비도입비용 .....	30
<표 II-12> 재래식 컨테이너터미널의 장비도입비용 .....	30
<표 II-13> 자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널의 인건비 비교 · 32	32
<표 II-14> 자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널의 동력비 비교 · 34	34
<표 II-15> 자동화 시스템 도입 시 고려사항 .....	36
<표 II-16> 자동화 컨테이너터미널 운영목표 요인 분석 .....	37
<표 III-1> Delta Container Division의 시설 현황 .....	39
<표 III-2> Euromax 프로젝트 개관 .....	42
<표 III-3> CTA터미널의 단계별 시설 현황 및 계획 .....	45
<표 III-4> 영국 Thames Port의 현황 .....	48
<표 III-5> 영국 Thames Port 자동화터미널의 물류체계 .....	49
<표 III-6> 싱가포르 PPT의 현황 .....	51
<표 III-7> 홍콩 HIT의 현황 .....	54
<표 III-8> HIT 자동화터미널의 물류체계 .....	55
<표 III-9> 광양항 단계별 개발 현황 .....	58
<표 III-10> 하역 장비현황 .....	62
<표 III-11> 사업 계획 .....	66
<표 IV-1> 분석 대상인 7가지 시나리오 .....	69
<표 IV-2> 연간 처리능력 산정 .....	72
<표 IV-3> 장비별 운영인원 산정 내역 .....	74
<표 IV-4> TEU당 예상단가 .....	75
<표 IV-5> 기반시설 공사비용 비교 .....	77

<표 IV-6> 장비 도입비용 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역 .....	80
<표 IV-7> 인건비 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역 .....	83
<표 IV-8> 연간 수익금액 및 수익률 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역 ...	87

## <그림 목차>

<그림 II-1> ACT 자동화 구간 .....	9
<그림 II-2> Closed Loop 방식 .....	15
<그림 II-3> 셔틀캐리어의 장비제원 .....	16
<그림 II-4> ASC 크레인 .....	17
<그림 II-5> TRMG 야드운영 개념도 .....	18
<그림 II-6> DRMG 크레인 개념도 .....	19
<그림 II-7> 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널의 비교 .....	21
<그림 II-8> 수평 배치 .....	24
<그림 II-9> CTA 자동화 터미널 조감도 .....	26
<그림 III-1> ECT 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도 .....	41
<그림 III-2> Euromax 터미널 레이아웃 .....	41
<그림 III-3> Euromax 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도 .....	43
<그림 III-4> 영국 Thames Port의 야드 배치 형태 .....	49
<그림 III-5> PPT 자동화 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도 .....	53
<그림 III-6> 터미널 배치도 .....	55
<그림 III-7> 홍콩 HIT의 야드 배치 형태 .....	56
<그림 III-8> 광양항 전체계획 평면도 .....	58
<그림 III-9> 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 조감도 .....	59
<그림 III-10> 광양항 3단계 2차 개발 공정계획표 .....	60
<그림 III-11> 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 평면도 .....	61
<그림 III-12> 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 수직배치도 .....	61
<그림 III-13> 컨테이너 크레인 .....	63
<그림 III-14> 야드 하역장비(DRMG) .....	63
<그림 III-15> AGV .....	64
<그림 III-16> 부산 신항 개발 조감도 .....	66
<그림 III-17> 부산 신항 단계별 계획도 .....	67
<그림 IV-1> 기반시설 공사비용 비교 .....	77
<그림 IV-2> 장비 도입비용 비교 .....	79
<그림 IV-3> 연간 인건비 비교 .....	83
<그림 IV-4> 연간 수익금액 비교(2021년) .....	86

## *Abstract*

### *A Study to Improve Port Competitiveness based on Analysis of Introduction Plan for Automated Container Terminal in Busan New Port Phase 2-3*

*Park, Choon-Hwa*

*Department of Port Logistics  
The Graduate School of Maritime Industrial Studies,  
Korea Maritime University  
(Directed by Professor Chang, Myung-Hee)*

It is expected that Introduction and operation of Automated Container Terminals will be increased according to requiring low-cost and high-performance container terminals. This trends are affected from increasing global container handling volumes and scale-up of container vessels.

Also we are expecting to increase Automated Container Terminals in Korean container ports as well as Worldwide container ports, and first of them are under construction in Busan New Port(Phase 2-3).

The first Automated Container Terminal for Busan port is scheduled to start operation from 2012, and construction for infrastructure and port facilities are in progress.

BNCT(Busan New port Container Terminal Co., Ltd.) who is the operating company for Busan New port Phase 2-3, have executed planning and analysis to introduce Automated Container Terminal in Busan New port. The analysis is focused for Competitiveness, Efficiency and Profitability for introducing Automated Container Terminal.

The major subject of this Study is to analyze as different angle to the Introduction Plans for Automated Container Terminal which is reported by BNCT.

In this study, the analysis for Introduction Plan is executed as wide angle, such as the point of view by Terminal user or Shipping lines as well as Terminal operators.

The purpose of this study is to represent efficient solution for introduction Automated Container Terminal in Korean container ports by analysis through business case.

This study includes theoretical background, the needs of Automated Container Terminals, the comparison between Conventional Container Terminals and Automated Container Terminals, and the consideration factors and operation targets for Automated Container Terminals. Also the study is carried out to survey operating cases about Automated Container Terminals in Worldwide container ports and introduction plans for Korean container ports.

The results of this study is as follows;

It is attractive to operate Automated Container Terminal for Terminal operators or Investors, because it has profitabilities and competitiveness by saving operational costs and labor costs.

It is not attractive to operate Automated Container Terminal for

Terminal users or Shipping lines, because it is not expecting significant improvement for productivity.

It may expect several beneficial effects, such as prior occupation for new technology and accumulation for operation know-how.

It may expect several potential problems, such as precariousness for stable operation, trials and errors in starting period, lack of certainty for efficiency in Korean container ports, and incomplete verification for operating systems and IT.

The conclusion of this study is as follows;

Introduction and operation for Automated Container Terminal is needed more circumspect consideration and analysis as point of view by Terminal users or Shipping lines as well as Terminal operators.

Also, it is needed to more obvious verification for technologies, operating systems and information technology.

# 제1장 서론

## 제1절 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 컨테이너 물동량이 증가하고 컨테이너 선박의 대형화 추세에 따라 컨테이너터미널 또한 신속하고 안정적인 하역작업을 제공해야 할 필요성이 매우 높아지고 있다. 또한 앞으로 컨테이너 터미널이 경쟁력을 갖기 위해서는 현재의 노동집약적인 인력위주의 운영방식을 탈피하여 저비용, 고효율의 첨단기능을 보유한 항만건설이 필요하게 되었으며, 이에 따라 항만생산성 향상, 높은 인건비와 부족한 노동력의 해결, 그리고 토지이용률을 극대화하기 위하여 항만시설 첨단화와 함께 자동화 컨테이너터미널에 대한 관심이 고조되고 있으며 유럽 등 선진항만에서는 이미 실용화되어 발전단계에 접어들고 있는 상황이다.

또한 광양항 3단계 자동화 컨테이너터미널 개발계획 및 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획 등 국내 항만에도 자동화 컨테이너터미널의 건설 및 도입이 진행되고 있는 상황에서 자동화 컨테이너터미널에 대한 높은 관심과 더불어 다양한 주제의 연구가 매우 활발히 진행되었다.

그러나 지금까지 진행된 대부분의 연구는 정책결정 및 기술개발을 위한 타당성연구, 개발전략 및 목표설정에 관한 연구, 개발방향에 관한 연구 또는 자동화 컨테이너터미널 운영을 위한 생산성분석 및 시뮬레이션에 관한 연구 등 포괄적인 개념에 의한 이론적이고 정책적인 연구가 주로 이루어 졌으며, 보다 구체적이고 현실적인 접근을 통한 자동화 컨테이너터미널의 도입방안에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입 및 운영계획을 토대로 하여 초기비용, 운영비용 및 인건비 등 비용적인 측면과 처리능력 및 인원규모 등 운영효율성 측면을 모두 감안하여 민간기업 차원에서의 자동화 컨테이너터미널에 대한 장·단점 및 고려사

항을 자세하게 분석함으로써 현재의 국내항만 여건 하에서 자동화 컨테이너터미널의 도입에 대한 필요성을 알아보고 자동화 컨테이너터미널 도입에 따른 기대효과와 문제점 등을 파악한 후 국내항만에 도입되는 자동화 컨테이너터미널의 효율적인 모델을 제시하고자 하는 것이다.

## 제2절 연구의 방법 및 구성

본 연구가 채택하고 있는 연구방법론은 다음과 같다.

첫째, 구체적이고 현실적인 접근을 통하여 국내항만의 여건에 적합한 자동화 컨테이너터미널의 유형을 분석하고 최적의 도입방안을 제시하기 위하여 본 연구에서는 문헌연구를 통하여 자동화 컨테이너터미널의 개념, 재래식 컨테이너터미널과의 비교·분석 및 국내항만에의 자동화 컨테이너터미널 도입 시 고려요소 등에 관한 국내·외 선행 연구 자료를 검토하였다.

둘째, 사례연구를 통하여 자동화 컨테이너터미널의 운영에 관한 국내·외 현황 및 도입계획 등을 파악하여 자동화 컨테이너터미널에 대한 필요성 및 과제 등을 제시하고, 민간기업 차원에서 자동화 컨테이너터미널의 도입 및 운영에 관해 분석한 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획을 객관적 관점에서 상세하게 재분석하여 자동화 컨테이너터미널의 도입에 관한 구체적인 기대효과 및 예상 문제점 등을 도출하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다.

첫째, 제1장에서는 연구의 배경 및 목적과 연구의 방법 및 구성에 대해 다루고 있다.

둘째, 제2장에서는 해운항만분야의 환경변화에 따른 자동화 컨테이너터미널의 필요성과 개요, 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널의 비교 분석, 자동화 컨테이너터미널의 국내 항만에 도입 시 고려요소 및 운영목표 등에 대해 살펴보았다.

셋째, 제3장에서는 자동화 컨테이너터미널 운영현황에 대하여 외국사례와 국내 사례 및 도입계획에 대하여 심층 분석하였다.

넷째, 제4장에서는 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획을 분석하여 기대효과와 예상되는 문제점을 도출하였다.

다섯째, 제5장에서는 제4장까지의 연구를 바탕으로 향후 국내항만의 자동화 컨테이너터미널 도입 시 결정요인 및 효율적인 대안을 제시하고 있으며, 연구의 한계와 향후과제를 제시하고 있다.

## 제2장 이론적 배경

### 제1절 해운·항만 분야의 환경 변화와 자동화 컨테이너터미널의 필요성

#### 1. 선박의 대형화로 인한 하역시스템의 변화

약 50년 전 컨테이너가 등장한 이후 세계는 지금 급격한 물류혁명시대를 질주하고 있다. 특히 선박의 규모가 급격히 증가하고 있는데, 초기 제1세대 컨테이너 선박 중 초대형선은 1,700TEU급에 불과했으나, 8세대 울트라막스 시대에는 1만5,000TEU급의 선박이 출현할 것으로 많은 전문가들이 예상하고 있다. 현재 전 세계에서 가장 큰 컨테이너 선박은 머스크라인이 아시아-유럽항로에 투입하고 있는 1만500TEU급의 초대형 EMMA MAERSK호 이다. 또한 2006년 9월 프랑스의 CMA CGM 선사는 1만1,400TEU급 컨테이너 선박 8척을 현대중공업에 발주해 놓은 상황으로 현재 대부분의 주요 선사에서 컨테이너 선박의 극초대형화를 지속적으로 진행하고 있다. 이러한 극초대형화의 핵심 원인은 주요 정기선항로의 컨테이너 화물량 증가에 따른 것이며, 부가적으로 정기선 시장의 만성적인 공급과잉과 이로 인한 운임하락 추세에 대응하기 위한 선사들의 수단으로 대형화를 통한 규모의 경제 실현을 도모하는데 그 원인이 있다. 이러한 선박의 대형화는 선사의 선박운항 스케줄에 영향을 주고 있다. 예전에는 한 항로에서 7~8곳의 항만에 기항하여 화물을 집하하였으나 선박의 대형화로 인하여 9,000TEU급 선박을 기준으로 기항항만의 조건이 수심 16m 이상이며, 하역작업을 원활하게 수행할 수 있는 400m의 안벽길이와 최대 63m의 아웃리치(Out Reach)를 가진 하역장비를 갖추고 있는 곳으로 제한되고 있다. 이에 따라 이러한 조건을 갖춘 특정항만에서 인근 지역의 화물을 모아서 대형 컨테이너선에 적재하거나 양하된 컨테이너를 각 피더항으로 분산하면서 많은 환적화물이 발생한다.

환적화물은 물류특성상 내륙으로 수송되지 않고 터미널에서 다시 피더선에 적재되어 피더항으로 이동한다. 이러한 환적화물의 특징은 항만의 하역시스템에도 많은 영향을 주고 있다. 먼저 안벽측에서는 신속한 하역을 위해 초대형선에 서비스가 가능한 대형 크레인이 필요하며, 하역시간 단축을 위해서 신속한 하역작업이 가능한 초고속 장비가 필요하다. 또한 야드측에서는 환적화물의 특성상 수출입 화물보다 오랜 장치기간을 가지며 빈번한 구내이적(Remarshalling)이 이루어지므로 한정된 야드 적재공간의 이용효율을 높일 수 있는 더 많은 열수와 단적수를 갖는 하역장비와 더 높은 생산성을 낼 수 있는 고속 하역크레인이 필요하다.

## 2. 안벽 하역시스템의 변화

초기 1960~70년대의 1세대 선박들은 6~7열의 열수를 갖는 선박이었으나 2세대, 3세대를 거치면서 점점 선박이 대형화되어 현재 8세대 컨테이너 선박의 경우 22열까지 제작되고 있다. 이러한 열수의 증가는 안벽크레인의 아웃리치에 영향을 주어 초기 1세대 안벽크레인의 경우 Out Reach 21~35m, Air Draft 19m 정도를 갖는 크레인이었으나 현재 4세대 안벽크레인의 경우 53~65m의 Out Reach를 갖고 있으며, Air Draft도 선박의 대형화에 따라 최대 39m 이상으로 증가되었다

2006년도에 인도된 안벽크레인 중 22열 선박에 대응할 수 있는 Out Reach 60m 이상의 크레인은 40% 이상이나 되며 평균 Out Reach도 53.025m로 최근 안벽크레인의 대형화를 확연히 보여주고 있다. 또한 Out Reach의 변화뿐만 아니라 요즘 중국의 양산신항, 우리나라의 부산신항, 아랍에미리트의 두바이 항만 등에서 적용하고 있는 트윈리프트(Twin Lift) 또는 텐덤리프트(Tandem Lift) 스프레더의 영향으로 크레인의 인양능력(Lift Capacity)이 높아지고 있는 추세로 70톤의 인양능력을 갖는 안벽크레인의 발주 또한 급격히 증가하고 있는 상황이며 60~69톤의 인양능력을 갖는 안벽크레인도 많은 비중을 차지하고 있다.

### 3. 야드 하역시스템의 변화

전 세계적으로 환적화물이 증가하고 있으며 국내 부산항의 경우도 환적화물의 비율이 40%를 넘어서고 있다. 이러한 환적화물의 증가는 야드 장치장의 혼잡도를 증가시키고 전체적으로 처리물동량 대비 장치공간의 부족현상이 발생하게 된다. 국내외적으로 사용되는 야드크레인 은 대부분 4단적이며, 작업운영을 위한 1단적 공간이 추가로 적용된다. 그러나 최근의 발주현황을 보면 2006년 기준으로 5단적 이상이 전체 야드크레인 발주량의 70% 이상을 차지하고 있으며, 심지어 6단적 이상의 크레인이 12%에 이른다. 장치공간의 효율적인 사용을 위한 단적수의 증가뿐만 아니라 열수의 증가도 시작되었으며 일반적인 6열의 야드크레인에서 최대 7~10열을 갖는 야드크레인들이 속속 등장하고 있다.

2002년에 인도된 야드크레인 중 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane)가 81%에 달하며, RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)의 경우 19% 수준이었으나 2005년도 이후에 발주되거나 인도된 야드크레인 중 RTGC가 78.1%를 차지하고 있으며 RMGC는 21.9%의 점유율을 보여 2002년과 비교하여 약 3% 가량 상승하였다. 이러한 RMGC의 상승세는 지속적인 자동화 크레인 시장의 성장을 의미하며, 또한 국내외적인 고유가로 인하여 비싼 유류를 사용하지 않는 야드크레인의 발주가 증가하고 있는 추세를 반영한다.

또한 선박의 초대형화에 따라 많은 변화가 발생하고 있는 데, 먼저 항만의 경우 기존 항만의 수심을 증설하거나 집안시설을 재정비하여 초대형선 기항에 대비하고 있다. 또한 신규항만의 경우 수심을 17m 이상으로 설계하거나 선석길이를 350m 이상으로 계획하고 있다. 하역장비의 경우 선박의 넓은 열수에 대응하기 위해서 안벽크레인의 규모를 늘리거나 멀티 스프레더를 이용해서 하역생산성의 향상을 꾀하고 있다. 또한 안벽크레인의 투입대수가 증가함에 따라 이송장비가 주행할 수 있는 레일스팬을 늘려서 많은 이송장비가 투입될 수 있도록 개발하고 있다. 야

드크레인의 경우 공간효율을 향상시키기 위해서 단수 및 열수를 증가시키는 방향으로 개발되고 있으며, 최근의 고유가시대에 대응하고 자동화 컨테이너터미널의 추세를 반영하여 전기식 야드크레인인 RMGC의 발주가 증가하고 있는 추세이다.

#### 4. 자동화 컨테이너터미널의 필요성

앞서 살핀 바와 같이 세계적으로 컨테이너 물동량의 증가, 선박의 대형화 및 고속화, 컨테이너터미널 운영비의 증가 및 기술 환경의 변화 등으로 인해 자동화 컨테이너터미널에 대한 관심이 고조되고 있다. 또한 앞으로 컨테이너터미널이 경쟁력을 갖기 위해서는 현재의 노동집약적인 인력위주의 운영방식을 탈피하여 저비용, 고효율의 첨단기능을 보유한 항만건설이 필요하게 되었으며, 이에 따라 항만생산성 향상, 높은 인건비와 부족한 노동력의 해결, 그리고 토지이용률을 극대화 하고 안정적인 하역작업을 제공해야할 필요성에 의해 항만시설 첨단화와 함께 자동화 컨테이너터미널의 도입이 필요한 상황이다.

이에 따라 유럽 등 선진항만에서는 이미 15년 전부터 자동화 컨테이너터미널의 기술을 개발하여 도입하였고, 현재는 실용화되어 발전단계에 접어들고 있는 상황이다.

국내에서도 이러한 세계항만의 환경변화 및 추세를 인지하고, 자동화 컨테이너터미널의 필요성을 절감하여 1998년 10월, 당시 해양수산부의 주관으로 자동화 컨테이너터미널 개발 추진계획을 수립하여 자동화 컨테이너터미널 개발에 관한 연구를 지원하고 자동화 컨테이너터미널의 건설 및 도입을 추진하기로 하였다. 이후 1999년 12월에 해양수산부와 과학기술부는 첨단항만 핵심기술 사업을 국가 중점 연구 개발사업으로 선정하여 연구개발 사업을 추진하였다. 이러한 연구개발 사업을 바탕으로 '광양항 3단계(2차) 자동화터미널 개발계획'을 수립하여 사업에 대한 타당성 검토를 거쳐 현재 개발계획이 진행 중에 있다.

또한 부산신항 30개 선석 중 2-3단계 구역에 자동화 컨테이너터미널의 도입계획이 수립되어 운영사 차원에서 운영효율성 및 경제성 검토를 거친 후 2011년 운영개시를 목표로 자동화 컨테이너터미널의 도입이 추진되고 있다.

자동화 컨테이너터미널의 경제적 타당성 분석결과를 살펴보면, 5만톤급 컨테이너선 4선석을 재래식으로 건설할 경우 토목비 및 운영설비 등 상부시설비가 6,179억 원이 소요되나, 자동화로 건설할 경우 총 6,546억 원이 소요되어 전체 공사비의 약 6.2% 정도가 더 드는 것으로 나타났고, 특히 장비비는 재래식에 비해 자동화 컨테이너터미널의 경우 약 14% 정도 더 투자되는 것으로 산정되었다. 그러나 자동화 컨테이너터미널의 경우 연간 인건비가 재래식 터미널에 비해 46% 수준에 불과해 연간 약 214억 원 정도 인건비 절감효과가 발생하는 것으로 분석되었으며, 연간 운영비 전체로는 자동화 방식이 약 465억 원으로 재래식의 758억 원에 비해 약 25% 절감되는 것으로 예상되었다. 따라서 재래식과 자동화 컨테이너터미널의 연간비용을 현재가치로 환산하여 누적시켜갈 때 터미널 개장 이후 11년부터는 자동화 컨테이너터미널의 비용이 재래식 터미널의 비용보다 낮아지게 되는 것으로 분석되었다.<sup>1)</sup>

이상의 제반 결과를 감안하여 자동화 컨테이너터미널의 장점을 정리하면, 우선 인건비의 절감을 통한 안정적인 터미널 운영 및 운영비의 절감효과를 기대할 수 있다. 또한 노동자들의 과업으로 인한 작업 중단 위험 감소 및 산업재해 경감 등 부수적인 효과도 기대할 수 있다.

## 제2절 자동화 컨테이너터미널의 개요

자동화 컨테이너터미널(ACT, Automated Container Terminal)은 “컨테이너터미널 운영의 핵심 프로세스인 선박하역작업, 이송작업, 야드장치

---

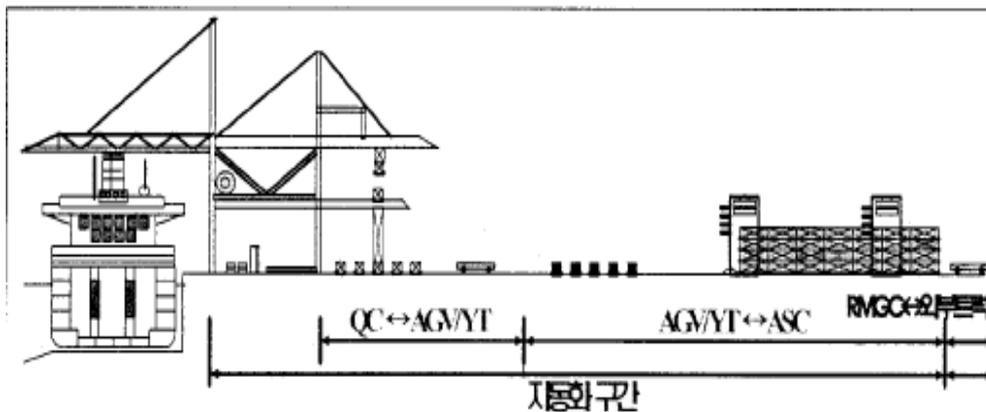
1) 양창호 등(2000), 「A Study on the System Design and Operations of Automated Container Terminal」, 한국해양수산개발원.

작업의 일부 또는 전부를 자동화한 터미널”이라 정의할 수 있다. 자동화 컨테이너터미널은 자동화의 범주에 따라 <표 II-1>과 같이 완전자동화와 부분자동화로 구분 지을 수 있고, <그림 II-1>과 같이 컨테이너터미널에서 자동화가 이루어지는 구간을 나타낼 수 있다.

<표 II-1> 컨테이너터미널의 자동화 정도에 따른 구분

ACT 유형	자동화 구역			주요터미널
	하역	이송	장치	
완전 자동화	· 선박하역 유인(有人) · 선측하역 무인(無人)	AGV(Automated Guided Vehicle)	무인(無人) RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)	· 독일 CTA · 네덜란드 ECT
부분 자동화	· 유인(有) CC	YT	무인(無人) RMGC	· 영국 TMP · 싱가포르 PPT · 홍콩 HIT

자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 62.



자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 62.

<그림 II-1> ACT 자동화 구간

## 1. 부분자동화 컨테이너터미널

부분자동화 컨테이너터미널에는 영국 TMP(Thames Port), 싱가포르 PPT(Pasir Panjang Terminal), 홍콩 HIT(HongKong International Terminal)를 들 수 있다. 먼저 영국 TMP는 <표 II-2>와 같이 1990년대에 2개의 선석으로 개발되었고, 선석길이는 655m, 수심은 15.5m이다. 선박 양·적하 작업과 야드내 이송은 수작업으로 처리하고 있으나 야드내의 컨테이너 처리작업은 무인 RMGC를 이용하여 자동으로 처리하고 있다.

TMP는 수평배치 형태의 야드를 이용하고 있지만 수직배치에서의 작업처리와 유사한 형태를 취하고 있어 향후 완전자동화로 전환하기에 유리한 입장에 있다. <표 II-2>는 영국 TMP의 현황을 나타낸다.

<표 II-2> 영국 TMP의 현황

구분	내 용
선석길이	655m
면 적	68만 m <sup>2</sup>
처리능력	550만 TEU
CC	6대 (Single Hoist)
RMGC	19대
개 장	1990년대

자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p.64.

싱가포르 PPT는 <표 II-3>에서 보는 바와 같이 선석길이는 2,267m이고, 면적은 80만 m<sup>2</sup>이며 CC(유인), OHBC(Over Head Bridge Crane : 무인), RMGC(유인) 등을 이용하여 컨테이너 처리작업을 수행하고 있다. PPT는 1993년부터 OHBC와 AGV를 이용한 자동화 컨테이너터미널 개발에 착수하였으나 AGV는 시험운행을 통과하지 못하여 현재 OHBC만을

이용하여 컨테이너 처리작업을 수행하고 있는 실정이다. 자동화의 대상은 환적화물에 국한하여 처리하고 있으며, <표 II-3>은 싱가포르 PPT의 제원을 나타낸다.

<표 II-3> 싱가포르 PPT의 현황

구 분	내 용
선석길이	2267m
면 적	80만 m <sup>2</sup>
처리능력	227만 TEU
CC	22대 (Single Hoist)
OHBC	19대
RMGC	24대
AGV	92대
개 장	1976년

자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p.65.

홍콩 HIT는 <표 II-4>와 같이 선석길이는 3,293m이고, 면적은 92만 m<sup>2</sup>이며, CC(유인), RMGC(유인), RTGC(Rubber Tired Gantry Crane : 유인)등을 이용하여 컨테이너를 처리하고 있다. HIT의 RMGC는 다른 터미널과 달리 유인장비이지만 외부트럭에 컨테이너를 상·하차 할 경우 14피트 내에서만 수동으로 전환하여 작업자가 작업하고, 그 이외의 구간에서는 자동으로 움직이는 형태이다. 따라서 향후 완전자동화를 위해서는 야드장비 및 이송장비의 자동화에 대한 단계적 접근이 필요한 실정이다. <표 II-4>는 홍콩 HIT의 제원을 나타낸다.

<표 II-4> 홍콩 HIT의 현황

구 분	내 용
선석길이	3292m
면 적	92만 m <sup>2</sup>
처리능력	550만 TEU
CC	32대 (Single Hoist)
RMGC	24대
RTGC	92대
개 장	1976년

자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 65.

## 2. 완전자동화 컨테이너터미널

완전자동화 컨테이너터미널은 야드 장치뿐만 아니라 야드에서 선측까지의 이송작업을 자동화한 컨테이너터미널이다. 완전자동화로 운영되고 있는 컨테이너터미널은 네덜란드 ECT(Europe Combined Terminal)와 독일 CTA(Container Terminal Altenwerder)를 들 수 있다.

네덜란드 ECT에서 1993년 세계최초로 개장한 자동화 컨테이너터미널은 DDN(Delta Dedicated North)으로, 이후 DDE(Delta Dedicated East : 1996), DDW(Delta Dedicated West : 2003)로 자동화 영역을 확대하였다. 총 안벽길이는 3.7Km로서 터미널 규모 및 능력면에서 우위에 있고, 자동화 장비 및 개발에 많은 투자를 하고 있다. 장치장배치는 수직배치 형태이고, 장치장 크레인은 4단6열의 ASC(Automated Stacking Crane)를 사용하고 있다. 선측장비로는 Double Trolley 크레인을 사용하여 C/C(Container Crane)의 육측 작업을 자동화 하였으며, 이송장비는 AGV(Automated Guided Vehicle)를 사용하고 있다. 야드 하역장비인 ASC의 경우 터미널이 확대(DDN → DDE → DDW)됨에 따라 함께 발

전되어 적재가능 단적수가 초창기 2단적에서 현재 4단적으로 높아졌고 그 방식(Wire→Arm→Wire)도 발전되어 야드 생산성 향상에 기여하고 있다. 그리고 블록별 1대의 ASC를 가동하므로 ASC 문제 발생 시 현장 수리가 불가능하여 장치장 작업이 계속적으로 이루어지지 못할 경우 구출크레인(Rescue Crane)을 투입하여 작업을 수행하고 문제가 발생된 크레인을 장치장으로부터 가지고 나온다는 것이 CTA의 DRMGC(Double Rail Mounted Gantry Crane)방식과의 차이점이다. 이송작업의 경우 C/C가 컨테이너 집어 올리는 AGV-CC의 인터페이스가 CC의 Rail-span내에 위치하고 있어 야드공간 확보가 용이한 장점이 있는 반면 AGV의 주행공간은 제한적이어서 AGV주행시 발생하는 교통 복잡성 문제를 고려해야 할 필요성이 있다. 그리고 ECT의 자동화 정보시스템은 3개 터미널에서 개별적으로 운영되고 있지만, 세 개의 터미널을 통합 관리할 수 있는 정보시스템 개발을 계획하고 있다.

이와 달리 독일 CTA는 1단계와 2단계로 나누어 자동화 컨테이너터미널을 개발 중이다. 1단계는 2002년 11월 이후 본격적으로 가동하였는데 피더부두 1선석을 포함하여 총 안벽길이가 810m이고, 피더부두에는 전용 크레인을 설치하여 작업 생산성을 높이고 있다. 장치장 배치는 단일 수직 배치형이고, 장치장 크레인은 4단 10열의 DRMGC를 사용하며 네덜란드 ECT와 달리 한 대가 고장이 날 경우 다른 한 대가 작업을 대체할 수 있는 장점이 있다. 외부트럭을 통해 반·출입되는 컨테이너는 조이스틱으로 RMGC를 원격으로 조정하여 처리하고 있다. 독일 CTA의 경우 네덜란드 ECT에 비해 훨씬 늦게 자동화 하였으므로 장비의 진화측면에서는 ECT보다 진보된 장비로 볼 수 있다. 이송작업의 경우 C/C의 Back-Reach 아래에 AGV-CC의 인터페이스 영역이 위치하고 있어 AGV의 레인을 증설하거나 Apron과의 연계시 효율적일 것으로 생각되나, 야드공간 확보에는 어려움이 있을 것으로 판단된다.

이러한 완전자동화 컨테이너터미널을 대표하는 가장 큰 특징은 장치장 구조가 수직배치로 이루어져 있다는 것이다. 수직배치 장치장 구조를 운

영하는 주된 목적은 외부트럭의 야드내 진입금지를 통한 안전성 확보, 무인 야드 크레인의 생산성 제고를 위한 운영효율성 향상, 이송장비의 생산성 제고를 위한 동적경로 확보, 자동화 구역에 대한 안전지대 설치, 그리고 예외 및 긴급 상황에 대한 비상시 대처능력 강화 등이다.

### 3. 자동화 컨테이너터미널의 운영 장비

#### 1) 이송장비

##### (1) AGV(Automated Guided Vehicles)

무인 이송장비인 AGV는 자동화 컨테이너터미널에서 안벽측 컨테이너 크레인(C/C)이 선박에서 하역한 컨테이너를 C/C 하부에서 상차하여 야드크레인 하부까지 이송하고, 수출 컨테이너의 경우는 반대의 경로를 거치게 된다. 자동화 컨테이너터미널에서 AGV의 주행범위는 안벽에서 장치장 끝단에 설치된 컨테이너 전달구역인 TP(Transfer Point)까지이다. 현재 네덜란드 로테르담항의 ECT와 독일 함부르크항의 CTA에서 AGV를 운영 중이며 주행속도는 직선구간에는 초속 6m/s, 곡선구간에서는 3m/s를 유지하고 있다.

AGV 주행로의 원리는 Closed Loop방식(ECT방식)과 Cross Lane방식(CTA방식)이 있으며 각각의 원리를 살펴보면, Closed Loop 방식은 AGV가 안벽크레인 레일사이로 진입하는 방식으로 AGV는 정해진 야드크레인에서 안벽크레인 및 백리치(Back Reach) 영역까지 원형모양의 주행로만을 운행하는 방식으로 비교적 쉽게 운영 및 제어가 가능하지만, 안벽크레인과 AGV 주행로 사이의 간섭, 2척 이상 선박의 동시 접안시 AGV 작업배치의 어려움, 그리고 Cycle당 주행거리가 길어지는 단점이 있다.

Cross Lane 방식은 AGV의 주행로를 안벽크레인의 백리치(Back Reach)영역 하부에서 야드크레인 사이를 이동하므로, 안벽크레인의 이동

에 제한을 받지 않고 직접 접근이 가능하고, Cycle당 주행거리도 Closed Loop방식 대비 40% 정도 짧아져 결과적으로 AGV 수량감소로 운영 중 장비의 유지보수비용 감소효과와 터미널 생산성도 30% 이상 높아진다. <그림 II-2>는 Closed Loop방식을 나타낸 것이다.

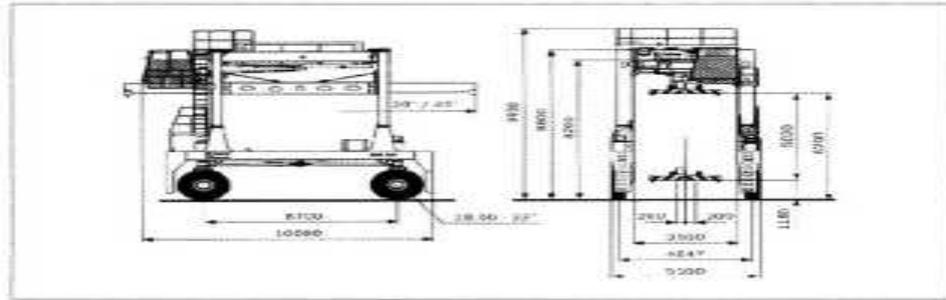


자료 : 박중배 · 이윤한 · 홍성대(2003), “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세,” 「대한토목학회지」, Vol. 51, No. 5, p. 9.

<그림 II-2> Closed Loop 방식

## (2) S/C (Shuttle Carrier)

S/C는 자체적으로 컨테이너를 인양할 수 있는 기능을 가진 이송장비이다. 따라서 안벽크레인 및 야드크레인 대기여부에 관계없이 상·하차 작업을 진행할 수 있으므로 AGV에 비해 운영효율성이 높은 장점이 있다. 재래식 컨테이너터미널에서 운영하는 Straddle Carrier와 유사한 형태를 하고 있으나, 기존의 Straddle Carrier는 컨테이너 이송작업과 장치장작업을 동시에 수행하지만 S/C는 이송작업만 수행하고 장치장작업은 고효율의 야드크레인이 수행하는 방식으로 운영된다. 현재 유인으로 운영되는 장비가 사용되고 있으며, 무인으로 운영되는 S/C도 실험 중에 있다. <그림 II-3>과 <표 II-5>는 셔틀캐리어의 장비제원과 AGV와 SHC 장비특성 비교를 나타낸 것이다.



자료 : 박중배 · 이윤한 · 홍성대(2003), “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세,” 「대한토목학회지」, Vol. 51, No. 5, p. 10.

<그림 II-3> 셔틀캐리어의 장비제원

<표 II-5> AGV와 SHC 장비특성 비교

구 분	AGV	SHC
총중량(톤)	22.00	43.00
규격(m)	15.8*3.0*1.7	10*5.1*9.9
운영속도	6.0m/s	8.7m/s
	22km/h	30km/h
선회반경	13.5m	10.5m

자료 : 박중배 · 이윤한 · 홍성대(2003), “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세,” 「대한토목학회지」, Vol. 51, No. 5, p. 9.

## 2) 야드 하역장비 운영방식

### (1) Single RMGC (ASC, Automated Stacking Crane)

1개의 야드블록에 1기의 자동 크레인(ASC)를 운영하는 방식이다. 세계최초의 완전자동화 컨테이너터미널인 네덜란드의 ECT에서 적용중인 방식으로 1993년 3단(1 over 2)의 형태로 처음 사용되었고, 1996년에 초기의 문제점을 다소 보완하여 4단(1 over 3)의 형태로 개발되었으며, 2003년에는 ECT의 DDW(Delta Dedicated West)에 더욱 생산성이 향상된 5단(1 over 4)의 ASC를 개발하여 사용하고 있다.

Single RMGC 방식은 블록당 1기의 크레인을 운영함으로써 장비간의 간섭은 발생하지 않으나 동일블록에 양하와 반출 또는 선적과 반입작업이 동시에 발생할 경우 우선순위에 의해 한 가지 작업만을 택일해서 수행할 수밖에 없으므로 야드작업 생산성이 낮아지는 단점이 있고, 장비고장시 대체할 장비가 없음으로써 야드작업이 전면 중단될 수밖에 없는 치명적인 결함을 안고 있는 방식이다. <그림 II-4>는 ASC 크레인을 나타낸 것이다.



자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 32.

<그림 II-4> ASC 크레인

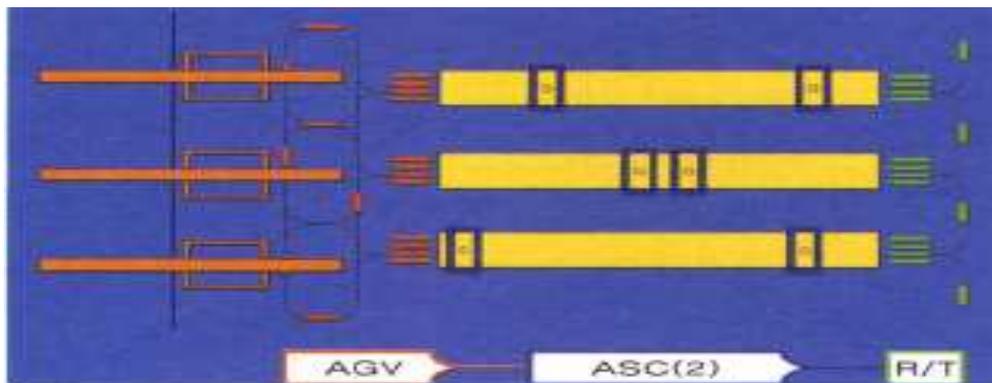
## (2) Twin RMGC (TRMG, Two Rail Mounted Gantry Crane)

블록당 2기의 동형사이즈 RMGC를 동일 크레인 궤도에 설치하고 하나의 크레인은 해측(Waterside)에서 작업하고, 다른 하나는 외부트럭의 상하차 작업을 위해 육측(Landside)에서 작업하는 방식이다.

크레인은 상호 교차주행 할 수 없고, 운영 시 상호 간섭이 발생하지 않도록 각각의 크레인은 전자제어장치 작업할당 시스템에 의해 조정되도록

설계되어 있다. 하나의 크레인에 결함이 발생할 경우 운영에 지장이 없도록 다른 크레인이 외부의 정비장소로 고장난 크레인을 밀어낸다. TRMG 방식은 DRMG 방식에 비해 장치장 면적을 넓게 사용할 수 있으며 건설 비용이 적게 든다는 장점이 있다. 그러나 양하와 반출 또는 선적과 반입 작업이 담당크레인의 반대편에서 동시에 발생 시, 즉 해측(Waterside)에서 반입이나 반출작업이 발생하고 동시에 육측(Landside)에서 양하 또는 선적작업이 발생할 경우에는 크레인의 상호간섭으로 한대의 크레인만이 작업할 수 있으므로 생산성 저하의 원인이 되는 결함이 있다.

네덜란드 ECT의 DSL(Delta Sea-Land)터미널과 DDE(Delta Dedicated East)터미널에서 적용중이고, 로테르담항 Euromax 터미널에 적용 예정이며, 국내 항만에는 부산신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널에 이 방식이 적용될 계획에 있다. <그림 II-5>는 TRMG 야드운영 개념도를 나타낸 것이다.



자료 : 박중배 · 이윤한 · 홍성대(2003), “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세,” 「대한토목학회지」, Vol. 51, No. 5, p. 11.

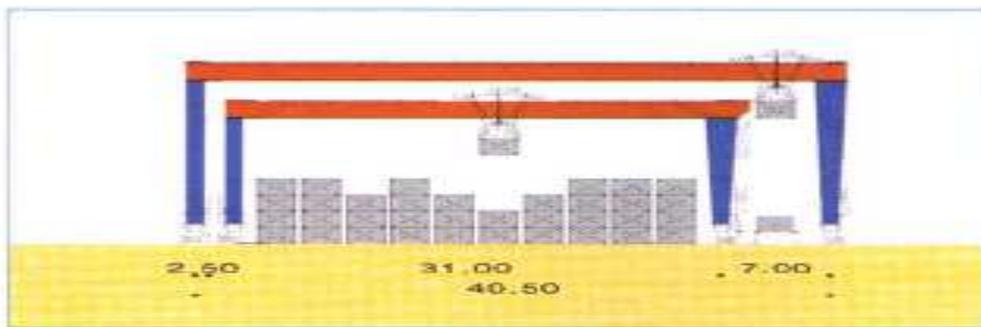
<그림 II-5> TRMG 야드운영 개념도

### (3) Cross-over RMGC(DRMG, Double Rail Mounted Gantry Crane)

별도의 분리된 레일을 주행로로 하는 사이즈가 각각 다른 2기의 RMG를 각 블록에 배치하여 운영하는 방식이다. 상부 크레인의 밑으로 하부

크레인의 통과가 가능함으로써 상호 교차주행이 가능하다. 따라서 해측이나 육측에서 성격이 다른 작업이 동시에 발생하더라도 상호 간섭없이 동시에 작업을 수행할 수 있으므로 야드작업 생산성이 높은 방식이다. 또한 하나의 크레인 고장 시 가동 가능한 다른 장비가 전 블록에 걸쳐 작업진행이 가능함으로써 고장에 의한 간섭이 거의 없는 방식으로 위험 상황에서 효율적으로 대비할 수 있는 장점이 있다. 그러나 DRMG방식은 다른 방식에 비해 장비가격이 상대적으로 높으며, 더 많은 레일이 필요함으로써 건설비용이 높아지고, 컨테이너 장치 공간이 다른 방식보다 낮아지는 관계로 토지의 효율성이 떨어지는 단점이 있다.

독일의 CTA 자동화 컨테이너터미널에서 이 방식을 적용중이며, 국내의 경우 광양항 3단계 자동화 컨테이너터미널에서 적용 예정이다. <그림 II-6>은 DRMG 크레인 개념도를 나타낸 것이다.



자료 : 박중배 · 이윤환 · 홍성대(2003), “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세,” 「대한토목학회지」, Vol. 51, No. 5, p. 11.

<그림 II-6> DRMG 크레인 개념도

### 제3절 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널의 비교·분석

#### 1. 재래식 컨테이너터미널

유인장비를 이용하여 컨테이너를 처리하는 방식으로 사용되는 모든 장비가 수동 장비이고, 모든 작업이 숙련된 작업자에 의해 컨테이너를 처리하며, 정보시스템 또한 담당자에 의해 계획·운영되는 터미널로 정의할 수 있다. 따라서 재래식 컨테이너터미널의 생산성은 작업자의 숙련도에 의해 결정된다고 볼 수 있다.

재래식 컨테이너터미널의 작업환경은 사람이 직접 장비를 조작하기 때문에 인건비 비중이 40% 내외를 차지하고 있어 대단히 높은 편이라 할 수 있고, 작업자의 작업위험성이 높은 점이 큰 단점이라고 할 수 있다. 또한 컨테이너의 야드 장치 상태가 야드 작업의 생산성과 연관이 되고 있다는 점에서 재래식 컨테이너터미널의 경우 야드 작업의 효율성을 높이기 어려운 현실적인 문제가 있다. 재래식 컨테이너터미널의 특성을 요약하면 <표 II-6>과 같다.

<표 II-6> 재래식 컨테이너터미널의 특성

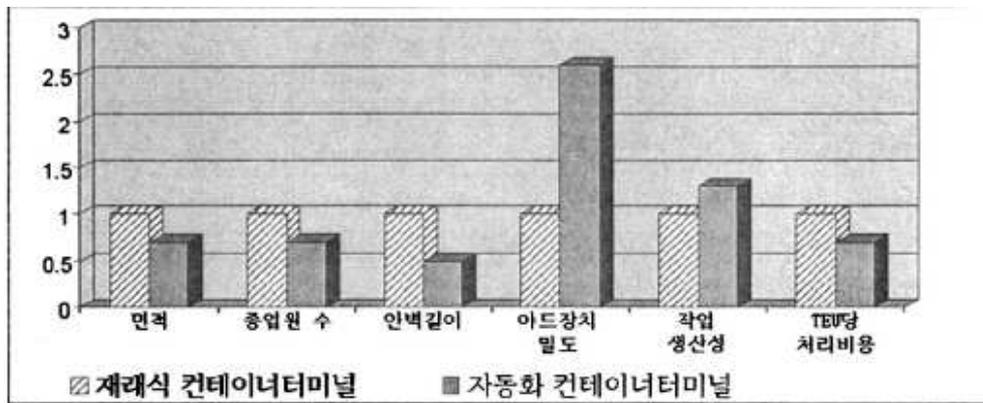
구 분	특 성
선측장비	유인(有人) 컨테이너 크레인, 주로 Single Trolley 방식 채택. Rail-span에 주행로 위치
이송장비	유인(有人) YT(Yard Tractor), 유인(有人) RS(Reach Stacker) 등
야드장비	유인(有人) TC(Transfer Crane), 유인(有人), SC(Straddle Carrier) 등
야드형태	선석방향과 수평배치

자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 61.

## 2. 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널 비교

재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널(완전자동화, 부분자동화)은 각각 상이한 특성을 가지고 있어 자동화 컨테이너터미널을 지향하기 위해서는 여러 가지 측면에서 분석이 선행되어야 한다.

먼저 정량적 측면에서 자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널을 면적, 투입인력(종업원 수), 안벽길이, 야드 장치밀도, 작업 생산성, TEU당 처리비용 등의 측면에서 비교·분석해보면 <그림 II-7>과 같이 나타낼 수 있다.



자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p.61.

<그림 II-7> 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널의 비교

<그림 II-7>에서 보는 바와 같이 운영을 위한 모든 측면에서 자동화 컨테이너터미널이 경쟁우위가 있음을 알 수 있다. 그리고 아래 <표 II-7>과 같이 각 기관에서 경제성 분석을 실시한 결과를 보면 시설투자비 측면에서는 자동화 컨테이너터미널이 적게 소요됨을 파악할 수 있었고, 실제로 다양한 비용적 관점에서 실시된 연구를 살펴보면 초기투자비 측면에서의 차이는 개장 후 5~9년 정도면 손익분기점에 도달한다는 연구결과가 있다.

따라서 컨테이너터미널을 개발한 후 50년 이상 운영이 된다고 가정하

였을 때 자동화 컨테이너터미널이 재래식 컨테이너터미널 보다 경쟁력이 있음을 확인할 수 있다. <표 II-7>은 국내외 연구기관의 경제성 분석 결과를 나타낸다.

<표 II-7> 국내외 연구기관의 경제성 분석 결과

수행기관	비용	재래식	자동화
KMI	시설투자비	100	117.5
	연간 운영비	100	83.5
일본 Misubish 중공업	시설 투자비	100	118.1
	연간 운영비	100	76.6
CCDoTT	연간 운영비	100	81.3
	컨테이너당 평균비용	143.7	77

자료 : 최형립 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 67.

### 3. 장치장 블록 배치형태 비교

컨테이너터미널에서 장치장 블록의 형태를 안벽법선에 대하여 수평 또는 수직으로 배열하는 것은 컨테이너터미널의 이송장비 및 장치장 하역 장비와 밀접한 관련이 있다. 수평배치와 수직배치는 각각의 특성에 따라 컨테이너터미널의 운영방식이 달라진다. 일반적으로 수평배치는 재래식 컨테이너터미널에서 주로 적용되고 있으며, 수직배치는 자동화 컨테이너터미널에서 운영되고 있다.

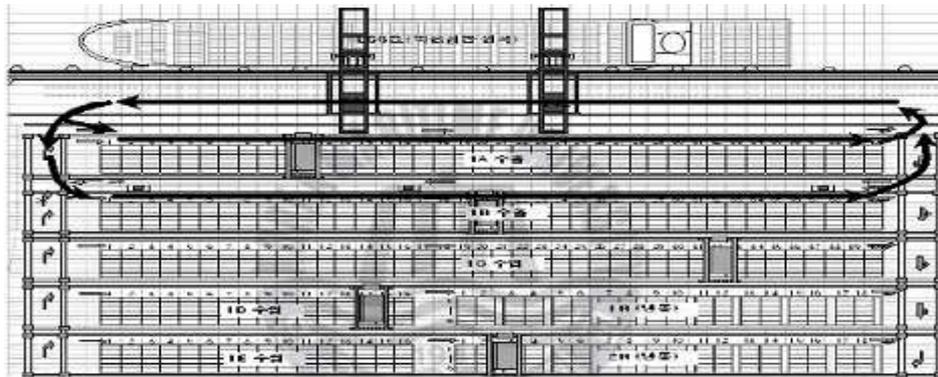
#### 1) 수평 배치

일반적으로 재래식 컨테이너터미널에서 널리 적용되는 형태로서 안벽

법선에 대해서 수평의 형태로 구성된 블록을 말한다. 이러한 수평형태는 이송장비가 목적 베이까지의 신속한 접근성을 최대한 활용하는 방법이다.

RTGC, RMGC, OHBC 등이 수평배치에 적합한 장치장 하역장비이며, 이송장비와 장치장 하역장비 사이의 원활한 정보교환을 통하여 최대의 생산성을 도출할 수 있다. 또한 오랜 시간 대부분의 컨테이너터미널에서 사용된 형태이므로 운영상의 신뢰성과 상황에 따른 운영유연성이 높다. 그리고 이송장비 및 외부차량이 장치블록 내부로 진입할 수 있으므로 이송장비와 장치장 하역장비 사이의 컨테이너 전달을 위한 구역이 블록에 폭넓게 위치하기 때문에 특정블록에 작업이 집중되어도 충분한 이송장비 대기공간의 확보가 가능하며, 블록과 특정 안벽크레인이 연계되어 장치장 장치위치 결정과 컨테이너 관리가 용이하다. 그러나 운영특성상 이송장비의 회전공간 및 주행공간이 필요하여 장치공간이 줄어들고 안벽에서부터 목적 베이까지의 이송거리가 길어지는 단점이 있다.

국내 및 전세계 대부분의 재래식 컨테이너터미널에서 YT(Yard Tractor)와 RTGC, RMGC를 사용하는 수평배치 구조를 적용하고 있으며, 예외적으로 반자동화로 운영되고 있는 PSA에서 YT와 자동화된 OHBC를 사용하고 있고, PSA와 같이 반자동화로 운영되고 있는 영국의 Thames Port에서도 YT와 자동화된 RMGC를 수평배치에서 사용하고 있다. <그림 II-8>과 <표 II-8>은 수평 배치와 수평배치의 기본개념 및 특징과 적용터미널을 나타낸 것이다.



자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 36.

<그림 II-8> 수평 배치

<표 II-8> 수평배치의 기본개념 및 특징과 적용터미널

구분	기본개념	특징		적용터미널
		장점	단점	
수평 배치	· 안벽법선에 대하여 수평의 형태로 구성된 블록 형태	· 이송장비의 높은 목적베이 접근성을 활용한 방식으로 신속한 하역작업가능 · 운영상의 신뢰성과 상황에 따른 운영 유연성이 높음	· 이송장비의 회전 공간과 주행공간이 많이 필요하여 장치 공간 활용도가 낮음	· 국내·외 대부분의 컨테이너 터미널 · PSA, 테임즈 포트 등

자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 36.

## 2) 수직배치

네덜란드의 ECT 컨테이너터미널에서 AGV와 ASC의 결합으로 처음 사용된 형태의 블록이다. 자동화 이송장비인 AGV의 경우 느린 이동속도에 따른 이동시간 증가와 컨테이너의 외부 반·출입을 위한 외부차량

과의 충돌과 같은 비상상황에 대한 대처능력이 낮기 때문에 외부트럭의 이동경로와 내부 이송장비인 AGV의 이동경로를 분리하여 안전사고 위험을 줄이기 위해서 나타난 블록배치 형태이다.

이러한 수직배치는 외부트럭 및 AGV의 회전공간 및 주행공간이 수직 블록의 양끝단에 위치하여 블록사이의 회전공간 및 주행공간이 필요 없어 수평배치에 비해서 상대적으로 장치공간을 넓게 사용할 수 있다. 그러나 이송장비에 비해서 작업유연성이 낮은 ASC 또는 RMGC위주의 하역작업으로 수평배치에 비해서 블록의 생산성이 떨어진다. 또한 컨테이너의 전달을 위한 Waterside TP와 Landside TP의 수가 제한적이어서 본선작업 시 전체적인 생산성 향상을 위해서 작업부하를 여러 블록에 골고루 분산시켜야 한다. 따라서 작업이 없는 시간을 이용하여 블록 간 또는 블록내의 컨테이너 재정돈작업(Remarshalling)을 통하여 생산성 향상을 꾀해야 한다. 그러므로 이러한 재정돈작업과 본선작업 시 블록 간 작업부하의 균등화를 위해서 컴퓨터화된 계획작업이 필수적으로 요구된다. 전 세계적으로 수직배치 구조를 적용하고 있는 컨테이너터미널은 네덜란드의 ECT와 독일 CTA 등이 있다. 그리고 현재 개발 중인 네덜란드의 Euromax, 벨기에의 Hessianatie, 그리고 국내의 광양항 3단계 자동화 컨테이너터미널 및 부산신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 등에서 수직배치 구조를 적용할 계획이다.

현재 ECT에서는 AGV와 자동화된 ASC를 사용하고 있으며, CTA에서는 AGV와 자동화된 ATC(Automated Transfer Crane)를 사용하고 있다. 또한 현재 개발 중인 네덜란드의 Euromax, 벨기에의 Hessianatie와 우리나라의 광양항 3단계 자동화 컨테이너터미널도 AGV를 사용할 예정이다. 이와 같이 일반적으로 AGV를 사용하는 모든 자동화 컨테이너터미널은 내부이송장비인 AGV와 외부트럭의 이동경로를 분리하여 장치장 운영을 단순화하기 위하여 수직배치를 사용하고 있다. <그림 II-9>와 <표 II-9>는 CTA 자동화 터미널 조감도와 수직배치의 기본개념 및 특징과 적용터미널을 나타낸 것이다.



자료 : 박중배 · 이윤환 · 홍성대(2003), “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세,” 「대한토목학회지」, Vol. 51, No. 5, p. 11.

<그림 II-9> CTA 자동화 터미널 조감도

<표 II-9> 수직배치의 기본개념 및 특징과 적용터미널

구분	기본개념	특징		적용터미널
		장점	단점	
수직 배치	· 안벽법선에 대하여 수직의 형태로 구성된 블록형태	· 안전사고 예방을 위하여 내부 이송 장비와 외부트럭의 이동경로를 분리하여 트래픽 단순 · 이송장비의 회전 공간과 주행공간이 적게 소요되어 장치 공간 활용도가 높음	· 작업유연성이 낮은 ASC 또는 RMGC 위주의 하역작업으로 블록의 생산성이 떨어짐	· ECT, CTA · 광양항 3단계 2차, 네덜란드 Euromax, 벨기에 Hessenatie 예정

자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 38.

#### 4. 자동화 컨테이너터미널의 경제성 분석<sup>2)</sup>

1998년 물가를 기준으로 물가상승률 5%, 가치하락율 10% 적용하여 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널의 경제적 타당성을 비

2) 양창호 등(2000), 전계서, pp. 340~343.

교하였다. 공사기간은 2000년~2005년 이며 2006년도에 개장하는 것으로 가정하고 제반 비용면에서의 경쟁력을 분석하였다.

비교대상 비용은 기반시설 및 건설비용 등 사회기반시설비용, 장비에 대한 도입 및 운영비용, 그리고 인건비, 동력비 및 정비비 등 터미널 운영비용 등이다. 건설비용은 2000년부터 2005년을 기준으로 산정하고, 장비 운영비용에는 터미널 장비 및 운영시스템에 대한 비용을 포함한다. 그리고 인건비, 동력비, 정비비 및 감가상각비 등 터미널 운영 및 관리비용의 산정기간은 공사완료 후 30년으로 한다.

## 1) 비용에 대한 경제성 비교

### (1) 사회 기반시설 비용

재래식 컨테이너터미널에 대한 사회 기반시설 비용은 광양항 1단계 4선석 계획을 기준으로 적용하였고, 자동화 컨테이너터미널에 대한 기반시설 비용은 광양항 2단계 또는 3단계 계획을 기준으로 적용하였다. 자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널 간의 포장 공법이 다른 관계로 자동화 컨테이너터미널의 공사비용이 보다 증가하는 점을 고려하였다. 즉, 지면공사비용을 재래식 컨테이너터미널은 935억 원으로 예상한 반면 자동화 컨테이너터미널은 1,252억 원으로 산정하였다.

이상의 제반 변수를 반영한 결과 사회기반시설에 소요되는 비용은 자동화 컨테이너터미널의 경우 4,534억 원으로 재래식 컨테이너터미널의 4,191억 원에 비해 약 8.2% 높을 것으로 예상되었다. <표 II-10>은 사회 기반시설 공사비용의 내역을 나타낸다.

<표 II-10> 사회 기반시설 공사비용의 내역

단위 : 백만원

Process	Unit	Q'ty	Unit price (Kwangyang Phase I)	Unit price Applied(Price inc rate 5%)	Conventional Terminal	Automated Terminal
A. Civil Eng. Cost						
1. Quay	m	1,400	65.7	84	117,392	117,392
2. Embankment	m	5,272	2.4	3	16,149	16,149
3. Dredging/Reclamation	1000m <sup>3</sup>	2,428	15	19	46,792	46,792
4. Ground improvement	EA	1	73,234	93,467	93,467	125,246
5. Road pavement	EA	1	16,677	21,285	21,285	23,839
6. Water & Sewer	EA	1	13,217	16,869	16,869	16,869
B. Construction	EA	1	16,958	21,643	21,643	21,643
C. Telecommunication	EA	1	18,211	23,242	23,242	23,242
D. Railroad	EA	1	48,795	62,276	62,276	62,276
Total					419,115	453,448

자료 : 양창호 등(2000), 「A Study on the System Design and Operations of Automated Container Terminal」, 한국해양수산개발원, p. 343.

(2) 장비 도입 비용

장비의 대수는 원활한 터미널운영에 충분하다고 인정되는 범위에서 산정되어야 하고 시뮬레이션 또는 기타의 방법으로 산정되었다. 재래식 컨테이너터미널의 경우 광양항 1단계 터미널을 기준으로 하여 최적의 물량 처리에 적합하도록 설계한 세부계획에 의해 결정되었다.

우선 안벽하역장비는 5만 톤급 선석당 3기씩 전체 12기의 C/C를 산정하되, 자동화 컨테이너터미널은 Dual Trolley System을 적용하고 재래식 컨테이너터미널에는 Single Hoist System을 적용하였다. 이는 Dual Trolley 방식 C/C의 육측 부분은 향후 자동화 될 수 있음을 감안한 것이다.

선석과 야드간 이송장비는 자동화 컨테이너터미널의 경우 AGV 76대가 필요하며, 재래식 컨테이너터미널은 야드 트랙터가 필요하다. 그러나 로스엔젤레스항의 APL300 터미널의 경우에서 경험한 바와 같이 C/C당 8대 이상의 Y/T는 작업효율성 향상에 큰 도움이 되지 않는다는 점을 감안하여 C/C당 최대 7대를 기준으로 하여 야드 프랙터 및 Chassis 각 84기씩 산정되었다.

RMGC는 자동화 컨테이너터미널의 경우 15열 5단적 장비가 적용되며, 재래식 컨테이너터미널의 경우에는 9열 5단적 장비가 적용될 것이다. 또한 자동화 컨테이너터미널에 적용되는 RMGC는 다양한 센서가 장착된다.

자동화 컨테이너 터미널에는 총 22기의 RMGC가 도입되며 이중 17기는 컨테이너 장치장의 양 적하 및 반출입 작업에 운영되고 5기는 철송작업을 위해 운영된다. 반면, 재래식 컨테이너터미널의 경우 총 49기의 RMGC가 적용되며, 46기가 양 적하 및 반출입 작업에 운영되고 철송작업에는 3기가 운영된다.

자동화 컨테이너터미널에는 별도의 공(空)컨테이너 처리장비를 구분하지 않으나, 재래식 컨테이너터미널의 경우에는 공(空)컨테이너 처리를 위해 T/H(Top Handler) 5기 및 Chassis 10기를 별도로 운영한다.

자동화 컨테이너터미널에 적용할 C/C와 재래식 컨테이너터미널에 적용할 C/C는 각각의 사양이 다른 관계로 도입가격 또한 다르게 적용된다. 자동화 컨테이너터미널에 적용할 장비는 1달러당 환율 1,400원을 기준으로 제작사의 견적가에 근거하여 구입가격을 결정하고, 재래식 컨테이너터미널에 적용할 장비는 가장 최근의 가격, 즉, 부산항 4단계 계획 시 적용한 가격을 기준으로 구입가격을 결정한다. 그리고 C/C와 야드크레인의 수입부품에 대하여 환율 변동폭을 고려하여 1달러당 900원에서 1,400원까지 30%의 환율조정폭을 적용한다.

이상의 제반 기준을 적용하면 장비도입에 필요한 총 비용은, 자동화 컨테이너터미널의 경우 2,257억 원으로 재래식 컨테이너터미널의 1,987억 원에 비해 약 14% 가량 높은 것으로 산정되었다. <표 II-11>은 자동화

컨테이너터미널의 장비도입비용을 나타낸 것이며, <표 II-12>는 재래식 컨테이너터미널의 장비도입비용을 나타낸 것이다.

<표 II-11> 자동화 컨테이너터미널의 장비도입비용

단위 : 백만원

		Price	Total
C/C	12	8,390	100,680
AGV	76	420	31,920
RMGC (Yard)	17	4,200	71,400
RMGC (Railways)	5	4,340	21,700
Total	-	-	225,700

자료 : 양창호 등(2000), 「A Study on the System Design and Operations of Automated Container Terminal」, 한국해양수산개발원, p. 345.

<표 II-12> 재래식 컨테이너터미널의 장비도입비용

단위 : 백만원

	No. of Units	Price	Total
C/C	12	7,630	91,560
Loading/Unloading at Ships			
- Y/T	84	80	6,720
- Chassis	84	13	1,092
RMGC (Yard)	41	2,200	90,200
RMGC (Railways)	3	2,200	6,600
Work with empty containers			
- T/H	6	400	2,400
- Y/T	7	25	175
Total	-	-	198,747

자료 : 양창호 등(2000), 「A Study on the System Design and Operations of Automated Container Terminal」, 한국해양수산개발원, p. 346.

재래식 컨테이너터미널과 달리 자동화 컨테이너터미널의 경우 AGV 운영을 위해 네비게이션 시스템을 설치하여야 하며, AGV 주행로에 위

치인식장치(Transponder)를 설치하여야 한다. 그러한 자동화와 관련된 비용은 다음과 같이 예상 된다 : 네비게이션 설치에 필요한 비용 총84억원(AGV 30set(1 unit) 당 28억 원, 총3unit 필요), 위치인식장치 설치비용 총 36억 원(50만원 X 7,200sets)

따라서 자동화 시스템과 관련된 비용은 총 120억 원으로 예상된다.

### (3) 인건비

자동화 컨테이너터미널 도입의 중요한 이유 중의 하나는 컨테이너터미널 작업의 무인화와 로봇화 이다. 따라서 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널 사이에는 현저한 인건비의 차이가 예상된다. 즉 자동화 컨테이너터미널에서는 선석과 야드간 이송장비와 야드하역장비의 운영에 필요한 대부분의 인력이 불필요하게 된다. 반대로 관리, 통제, 감독 및 자동화구역의 보호 등의 업무에 새로운 인력이 필요하게 된다.

그러한 새로운 인력은 크게 2가지 부문으로 나눌 수 있다. 즉 1) C/C, AGV 및 RMGC 등 각 장비의 단순 유지보수 인원에 부가하여 자동화 장비의 관리, 진단 및 수동운영관리 등의 업무를 담당하는 고도로 숙련된 기술자 그룹, 2) 자동화 시스템의 운영, 유지 및 통제를 담당하는 책임자 그룹으로 나눈다.

이러한 통제시스템을 위한 인력배치는 네덜란드 ECT 자동화 컨테이너터미널의 사례에서 인용하였다. ECT의 경험에 따르면, 12기의 ASC와 24기의 AGV로 구성된 자동화 시스템의 통제에 필요한 인력은 30명 가량 필요한 것으로 나타났다. ECT와 동일한 계산방식으로 22기의 RMGC와 76기의 AGV로 구성된 자동화 컨테이너터미널에 적용하면 82명의 통제인력이 필요하게 된다.

각각의 직무에 필요한 인력구성은 부산항 PECT의 3조2교대 방식을 기준으로 산정하였으며 평균임금은 BCTOC(現HBCT) 및 PECT의 임금수준을 기준으로 30%의 간접 인건비를 가산하여 적용하였다.

그 결과 재래식 컨테이너터미널의 연간 인건비는 총 333억 원으로 나타난 반면 자동화 컨테이너터미널의 연간 인건비는 약 170억 원으로 예상되어 자동화 컨테이너터미널의 인건비가 재래식 컨테이너터미널의 인건비 대비 51% 수준으로 분석되었다. <표 II-13>은 자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널의 인건비를 비교한 결과이다.

<표 II-13> 자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널의 인건비 비교

단위 : 백만원

Processes	Automated terminal	Conventional terminal
· Loading/Unloading at ships	Engineer : 70x6p=420 Equip.operator : 52x(1.5p x 3teams) x 12units=2,808 Assistant : 37x(1p x 3 teams) x 12units=1,332	Equip.operator : 52x(1.5px3teams)x 12units=2,808 Assistant : 37x(2.0 x 3teams) x 12units=2,664
· Ship-yard transport	Engineer : 70 x 6p=420	Equip.opr : 40x(1.3p x 3teams) x 84units = 13,104
· Trucking in yard	Engineer : 70 x 6p=420 Maint : 46x(0.5p x3teams) x 15units =1,035	Equip.opr : 46x(1.3p x 3teams) x 4lunits = 7,335
· Railways service		Equip.opr : 46x(1.3p x 3teams) x 3units=538 R/S eng : 46 x (1.3p x 3teams) x 6units=1,076
· Work with empty containers		F/C eng : 40 x (1.3p x 3teams) x 7units=1,092
· System controllers	Engineer : 70 x 82p=5,740	
· Maintenance workers	Maint : 39x 124p=4,836	Maint : 39 x 119p=4,641
Total	17,011	33,258

자료 : 양창호 등(2000), 「A Study on the System Design and Operations of Automated Container Terminal」, 한국해양수산개발원, p. 348.

#### (4) 동력비, 유지비, 감가상각비 등

자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널의 년 간 동력비, 전력 또는 연료 소비량, 장비가동시간 등을 산정함에 있어 장비의 사양을 필히 감안하여야 한다. 각 장비의 전력 또는 연료소비량에 따른 시간당 장비 운영비용의 산정에는 미국의 항만시설 전문 설계업체인 JWD의 자료를 기초로 하였다.

C/C의 장비운영시간은 시간당 년 간 처리물량과 시간당 생산성을 기준으로 계산되었고, 야드크레인의 운영시간은 야드의 작업량과 야드크레인의 생산성을 근거하여 계산되었다. 또한 선석과 야드간 이송장비의 운영시간은 C/C운영시간에 C/C당 필요한 이송장비의 수를 곱하는 방식으로 계산되었다.

그 결과 자동화 컨테이너터미널의 동력비가 재래식 컨테이너터미널의 동력비에 비해 13% 가량 낮은 것으로 분석되었다.

장비 및 설비에 대한 유지비용은 UNCTAD에서 제안하는 비율에 근거하여 산정하였다.

자동화 컨테이너터미널의 년 간 유지비용은 142억 원으로 재래식 컨테이너터미널의 132억 원에 비해 약 7% 정도 높은 것으로 나타났다.

감가상각비의 계산 기준은 장비의 적정 사용연한을 참조하여 산정되며, 각 장비의 적정 사용연한은 C/C 20년, RMGC 20년, Y/T 8년, Chassis 8년으로 적용된다.<sup>3)</sup> <표 II-14>는 자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널의 동력비 비교결과를 나타낸 것이다.

---

3) 1983년 11월, 해양수산부 산정기준.

<표 II-14> 자동화 컨테이너터미널과 재래식 컨테이너터미널의 동력비  
비교

단위 : 백만원

	Annual use(hrs)	Hourly power cost (\$)	Power Cost
Conventional terminal			
C/C	41,176	50	2,882
RMGC(9 rows)	214,414	15	4,503
Y/T	288,2235	10.8	4,358
Total			11,743
Automated terminal			
C/C	47,200	50	3,304
RMGC(15 rows)	80,822	21	2,376
AGV	297,360	10.8	4,496
Total			10,176

자료 : 양창호 등(2000), 「A Study on the System Design and Operations of Automated Container Terminal」, 한국해양수산개발원, p. 349.

Notes : For the hourly power cost of AGC, the power cost of Y/T is used, as engine driving forces are considered as same.

## 2) 비용 비교분석 결과

자동화 컨테이너터미널 및 재래식 컨테이너터미널 각 투자비용 산정기간은 2000년~2005년으로 하고 2006년 개장 후 30년간 운영하는 것을 전제조건으로 년 간 비용을 산출하였다. 또한 각각의 년 간 비용은 현재 가치 대비 매년 10%의 가치하락률을 적용하여 산정하였다. 그 결과 년 간 총비용은 자동화 컨테이너터미널이 228억 원으로 재래식 컨테이너터미널의 235억 원에 비해 약 3% 가량 낮은 것으로 분석되었다. 이는 TEU당 비용(년 간 총 비용을 년 간 총 처리물량으로 나눈 비용)이 자동화 컨테이너터미널의 경우 12,848원으로 재래식 컨테이너터미널의 13,159원에 비해 약 2.4% 가량 낮아짐을 의미한다.

이러한 분석결과는 자동화 컨테이너터미널이 재래식 컨테이너터미널에

비해 경제적인 측면에서 경쟁력이 있음을 나타낸다.

### 3) 전체 비교 분석에 대한 요약

생산성에 관한 비교 분석 결과를 요약하면 자동화 컨테이너터미널의 생산성은 총 작업시간당 생산성으로 재래식 컨테이너터미널에 비해 34% 향상(22.4 lifts/hr → 30 lifts/hr)되는 것으로 나타났다.

그리고 기존 재래식 컨테이너터미널에 비해 자동화 컨테이너터미널의 건설이 경제적으로 타당한지 여부를 분석한 결과로는 초기투자비는 자동화 컨테이너터미널이 약 6% 정도 더 소요되나 연간 운영비면에서 인건비 절감 등의 요인으로 약 25% 정도 절감되어 누적 현재가치로 환산할 경우 개장 이후 11년부터는 자동화 컨테이너터미널의 비용이 재래식 컨테이너터미널에 비해 낮아지는 것으로 나타났다.

## 제4절 자동화 컨테이너터미널의 국내 항만에 대한 도입시 고려요소 및 운영목표 설정

### 1. 자동화 컨테이너터미널의 도입 시 고려요소

자동화 컨테이너터미널을 도입할 때 고려해야할 여러 요소들이 있으나 이를 도입목표, 터미널 여건, 사회 경제 문화 여건 등으로 구별할 수 있다.

도입목표는 터미널 운영자 측면에서 생산성 향상, 비용절감, 서비스수준 향상, 인력절감 등을 들 수 있으며, 장비 제조업체 혹은 정부 입장에서는 터미널 자동화 기술축적이 주목표가 될 수 있다.

터미널 여건으로는 자가 혹은 공용 터미널, 소형 혹은 대형 터미널,지가 수준 및 가용부지 정도 등을 들 수 있다. 이외에 인건비 수준, 노무공급 수준, 숙련도 및 근면성, 개인주의 진전 등 사회문화적 여건이 자동화 컨테이너터미널 도입에 영향을 미치는 요소이다. <표 II-15>는 자동화

시스템 도입 시 고려사항을 요약한 것이다.

<표 II-15> 자동화 시스템 도입 시 고려사항

부 분	요 소
도입 목표	생산성 향상 비용절감 서비스 수준 향상 인력 절감 자동화 기술 축적
터미널 여건	자가 혹은 공용 소형 혹은 대형 지가 수준 및 터미널 부지 가용성
경제·사회·문화 여건	인건비 및 인력 수급 정도 작업자 기술력 및 근면성 문화적 특성(개인주의 대 집단주의)

자료 : 김종렬(2001), “국내 자동화 컨테이너 터미널의 개발 방향에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위 논문, p. 51.

## 2. 자동화 컨테이너터미널의 운영목표에 대한 요인

자동화 컨테이너터미널의 운영목표에 대한 요인을 분석한 결과를 살펴보면, 우선 전체적인 관점에서의 운영목표 우선순위 중 가장 중요한 요인은 ‘운영비 절감’으로 나타났다. 그리고 ‘운영효율화 및 생산성 향상’과 ‘자동화 시스템 성능 향상’ 요인이 다음으로 중요한 것으로 나타났으며, 그 다음은 ‘고객서비스 제고’와 ‘초기투자비 절감’으로 나타났다.<sup>4)</sup>

이러한 결과는 운영자의 관점에서도 유사하게 나타났으며 ‘자동화 시스템 성능 향상’ 요인과 ‘고객서비스 제고’ 요인의 순서만 3, 4위에서 4, 3위로 차이를 보였다.

한편 이용자의 관점에서는 전체 또는 운영자 관점의 결과와 상당한 차이를 보였는데, 가장 중요한 우선순위로 ‘고객서비스 제고’ 요인이 분석

4) 박남규 등(2004), “AHP기법을 활용한 자동화 컨테이너 터미널 운영목표 설정에 관한 연구”, 「해운물류연구」, 제40호, pp. 113~129.

되어 전체적 관점의 4위로 분석된 점과 차이를 보였다. 다음으로는 ‘운영 효율화 및 생산성 향상’이 중요한 요인으로 분석되었다. 특히 이용자의 관점에서 세 번째로 중요한 요인으로 분석된 ‘운영비 절감’ 요인은 전체적인 관점과 운영자의 관점의 결과에서는 가장 중요한 요인으로 분석된 바 있어 현격한 차이를 보였다. 또한 ‘초기투자비 절감’과 ‘자동화 시스템 성능 향상’ 요인은 이용자의 관점에서는 중요도 및 우선순위에서 비중이 낮은 고려요소인 것으로 나타났다. <표 II-16>은 자동화 컨테이너터미널 운영목표 요인을 분석한 결과를 나타낸 것이다.

<표 II-16> 자동화 컨테이너터미널 운영목표 요인 분석

자동화 컨테이너터미널 운영목표요인	전체		운영자		이용자	
	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위
초기투자비 절감	0.153	5	0.109	5	0.135	4
운영비 절감	0.248	1	0.239	1	0.197	3
자동화 시스템 성능 향상	0.188	3	0.214	4	0.132	5
운영효율화 및 생산성 향상	0.227	2	0.223	2	0.264	2
고객서비스 제고	0.183	4	0.216	3	0.272	1
합계	1.00	-	1.00	-	1.00	-

자료 : 박남규 등(2004), “AHP기법을 활용한 자동화 컨테이너 터미널 운영목표 설정에 관한 연구”, 「해운물류연구」, 제40호, p. 122.

## 제3장 자동화 컨테이너터미널 운영현황 분석

### 제1절 외국 자동화 컨테이너터미널의 현황

#### 1. 네덜란드 로테르담항 ECT 자동화 컨테이너터미널

##### 1) 개요

ECT는 유럽에서 가장 거대하고 진보된 터미널중의 하나로, 1966년 설립 이후 급속한 성장을 지속하여, 로테르담 항만내의 컨테이너 물동량의 약 3/4을 처리하고 있다.

깊은 수심과 정온한 수역을 확보하고 있으며, 아울러 고도의 종합통제 시스템을 보유하고 있다. Delta Container Division에는 모든 컨테이너와 유통시설이 최적으로 집적화되어 있어서 터미널 체제가 통합 내륙수송(바지, 레일, 도로)에 있어 효율성과 운영성, 그리고 신뢰성을 높이고 있다. ECT는 자동화 컨테이너터미널에 대해 이미 오래전부터 자동화의 필요성을 인지하여 연구개발을 지속적으로 추진하여 왔고, 현재에도 차세대 자동화 항만의 개발을 위해 많은 투자를 하고 있다. 이러한 투자로 인해 자동화터미널이 기존 터미널과 비교하여 저비용, 고효율의 이점을 보유하고 있다.

1984년에 최초로 Two Trolley를 가진 컨테이너 크레인과 Multi-Trailer를 사용하는 DMU(Delta Multi User)를 개장한 후 1993년 6월 최초의 완전 자동화 컨테이너터미널인 DDN(Delta Dedicated North)이 개장되었으며 여기서 AGV와 ASC(Automated Stacking Crane)가 처음으로 사용되었다. 다음으로 1996년에 DDE(Delta Dedicated East)를 개장하고, 2000년에 DDW(Delta Dedicated West)를 개장하여 안벽길이 3,400m에 연간 250만 TEU의 처리능력을 갖게 되었다. 생산성은 8000TEU급 선박에 시간당

80~90moves의 처리기록을 갖고 있으며 DDN, DDE, DDW의 평균생산성은 시간당 26moves 정도이다. ECT의 주요시설현황은 <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> Delta Container Division의 시설 현황

구 분	시설 현황
처리량(2000년)	330만TEU
터미널 능력	410만TEU
총 면적 안벽길이 수심 C/C	254ha 3.8km Max, 16.65m Post-Panamax급 C/C 25대 (Second Trolley System 10대)
바지 운영	2000년 처리량 : 990,000TEU 터미널 능력 : 650,000TEU 총면적 : 7.2ha 안벽 길이 : 0.4km 바지용 크레인 : 5기
레일운영	2000년 레일터미널 처리량 : 365,000TEU 레일터미널 능력 : 900,000TEU 총면적 : 11.3ha 4 rail crane 보유
육측운영	· S/C(35t) : 75대      C/T(12/16/40t) : 20대 · YT : 27대            YC : 115대 · MTS : 48대          MTT : 120량 · 28m의 광폭 Ro/Ro 설비 · AGV : 152대        ASC : 80대 · ASC(manual) Rescue Crane : 3대
냉동	2,440대의 냉동 연결장치

자료 : 최용석(2004), "독일의 자동화 컨테이너터미널 CTA 1년 운영이 주는 경험과 교훈", 「해양수산동향」, 한국해양수산개발원, p. 9.

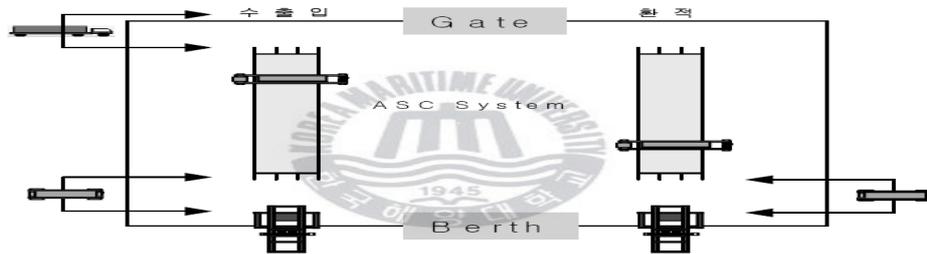
## 2) 자동화 컨테이너터미널 운영방식

양·적하 작업은 컨테이너크레인 레일스팬 내에서 이루어지고, 선박과 장치장간 컨테이너 이송은 AGV를 통해 이루어지며, 장치장에서의 작업은 블록당 1기의 ASC(Automated Stacking Crane)가 처리한다.

선박으로부터 컨테이너가 양하되어 AGV에 상차하게 되면 PCS에 의해 ASC와 가장 가까운 TP로 이동하라는 명령을 받게 된다. AGV는 지시된 TP로 이동후 대기중인 ASC가 상차된 컨테이너를 인양한 상태에서 장치위치로 이동하여 장치한다.

공차상태의 AGV는 PCS에 의해 ASC가 AGV에 컨테이너를 적재시키고자 하는 TP 중 한곳으로 이동하라는 명령을 받게 되고, 지시된 TP로 이동하면 컨테이너를 장치위치로부터 인양하여 TP로 이동 후 대기 중인 ASC로부터 컨테이너를 상차하게된다. 컨테이너를 적재한 AGV는 PCS의 지시에 의해 컨테이너크레인으로 이동하게 되고 컨테이너크레인에 의해 선적작업이 이루어진다.

대부분의 AGV는 양·적하 작업을 위해 야드와 컨테이너크레인 사이에서 컨테이너를 이송하며, 일부 AGV는 야드내 컨테이너 이적 또는 재정돈을 위해서 AGV 보조야드와 ASC야드, 공컨테이너야드 사이의 컨테이너 이송을 위해 사용하고 있다. <그림 III-1>은 ECT 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도를 나타낸 것이다.



자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 17.

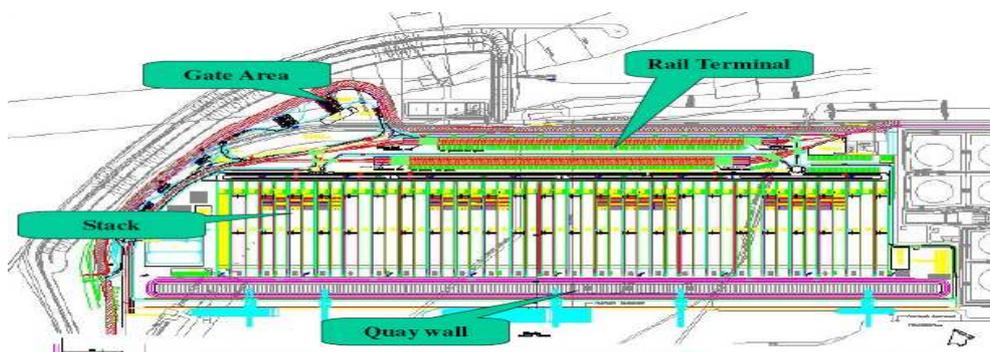
<그림 III-1> ECT 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도

## 2. 네덜란드 로테르담항 Euromax 자동화 컨테이너터미널

### 1) 개요

로테르담항 마스블락테(Maasvlakte) 지역의 마지막 남은 부지에 자동화 컨테이너터미널 건설을 계획하여 현재 공사가 진행 중이며 3단계로 나누어 순차적으로 운영을 개시할 예정에 있다.

예상 처리물량은 2008년에는 100만TEU, 2010년 150만TEU, 그리고 2016년 이후에는 200만TEU 로 점진적으로 처리물량이 증가한다는 계획이다. <그림 III-2>와 <표 III-2>는 터미널 레이아웃과 Euromax 프로젝트 개관을 나타낸 것이다.



자료 : Euromax Terminal(2002), *Terminal Design Appendix*, p. 3.

<그림 III-2> Euromax 터미널 레이아웃

<표 III-2> Euromax 프로젝트 개관

		<i>Terminal testing</i>	<i>Commercial start terminal</i>	<i>Phase 1</i>	<i>Phase 2</i>	<i>Phase 3 Full terminal</i>
<i>Date</i>		start -6 months	Start	Start +1 year	Start +3 years	Start +8 years
<b><i>Operation</i></b>						
Berths	Deep-sea	1 DS	1 DS	3 DS	4 DS	5 DS
Berths	Feeder/Barge	1 FB	1 FB	4 FB	4 FB	5 FB
<b><i>Equipment</i></b>						
Quay cranes		3	5	12	14	16
Barge/feeder cranes		1	1	4	5	6
AGV's(estimate)*		24	42	96	114	132
Rail Cranes(RMRC)		1	1	2	4	4
Stacking cranes(ARMG-10)		12	20	58	92	92
TT(WS+LS)		6	8	18	26	28
TC(WS+LS)		39	55	126	172	188
<b><i>ICT-system</i></b>						
ERP		Operational	Operational	Operational	Operational	Operational
Container branch suite		Operational	Operational	Operational	Operational	Operational
Process control software		Operational	Operational	Operational	Operational	Operational
EDI-links		Operational	Operational	Operational	Operational	Operational
<b><i>Infrastructure</i></b>						
Quay rail & pavement	Length	At least 600m	At least 900m	At least 1500m	At least 1800m	2400/2600m
Sub stack lanes	Number	6	10	29	46	51
Reefer plugs	Number	560	708	1888	2832	3186
Rail terminal	Bundle	1	1	1	2	2
	Tracks	3	6	6	6+6	6+6
	Length	750m	750m	750m	750m	750m
Gate	Lanes	At least 2	8	8	12	14

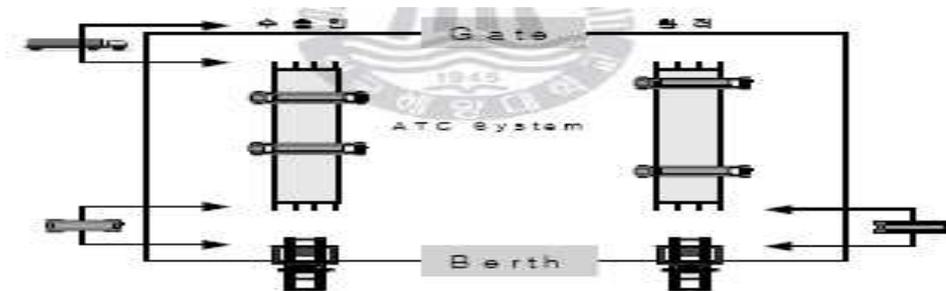
자료 : Total Soft Bank(2007), 「Euromax Project Summary」, p. 10.

2) 자동화 컨테이너터미널 운영방식

안벽운영은 Twin Lift 및 Dual Trolley 방식의 Post-Panamax급 안벽크레인을 투입하여 1단계 7,500TEU급에서부터 2단계 12,500TEU급의 대형선박에 대한 신속한 컨테이너 양 적하 작업이 가능토록 한다는 계획이다.

안벽과 장치장 사이의 컨테이너 이송은 AGV 60대를 투입하는 것으로 계획하고 있다. 야드운영은 블록당 동형사이즈 2기의 야드하역장비를 투입하는 TRMG방식을 적용한다.

야드의 면적은 250ha로서 1단계 52ha, 2단계 78ha 그리고 3단계 120ha가 각각 조성될 계획이다. <그림 III-3>은 Euromax 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도를 나타낸 것이다.



자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 17.

<그림 III-3> Euromax 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도

### 3. 독일 함부르크항 CTA 자동화 컨테이너터미널

#### 1) 개요

1997년 독일의 함부르크시는 항만생산성 향상, 항만서비스 제고 및 화물처리비용의 절감 등을 위해 자동화 컨테이너터미널의 개발을 계획하였다. 자동화 컨테이너터미널 개발계획은 2차에 걸쳐 진행되었는데, 처리물량 목표는 1차 계획에서 약 110만 TEU, 2차 계획까지 약 199만 TEU로 설정하였으며, 2002년 4월 상업운동을 시작할 예정이었으나 운영시스템 안정화 작업이 지연되어 단지 3개월간의 시범운영 기간만을 가진 채 2002년 6월에 첫 컨테이너선 작업을 시작하였다.

생산성은 8천TEU급 선박에 대해 48시간에 컨테이너 400moves를 처

리한 실적이 있으며, 장기적인 서비스 전략에서도 초대형 선박의 재항시간을 48시간 이내에 처리하도록 하고 있다. C/C의 생산성은 시간당 평균 30moves이며, C/C를 선박당 3~4대 할당하고 안벽점유율은 최대 40%였다.

운영구조는 전체주식의 25%를 보유한 Hapag-Lloyd와 함부르크항이 가장 큰 운영자인 HHLA를 소유, 운영하고 있다.

1998년과 1999년에 터미널 자체계획에 의해서 2002년에 1단계 계획을 완료하고 2005년에 2단계 계획이 완료되어 운영 중에 있다. <표 III-3>은 CTA터미널의 단계별 시설 현황 및 계획을 나타낸 것이다.

<표 III-3> CTA터미널의 단계별 시설 현황 및 계획

	구 분(단위)		1단계	2단계	계
안벽영역	안벽길이(m)		840	560	1,400
	선석수	컨테이너선	2	2	4
		피더선	1	1	2
	처리능력(TEU)		1,100,000	800,000	1,900,000
안벽능력(boxex/year)		750,000	450,000	1,200,000	
야드영역	면적(m <sup>2</sup> )	empty 제외	552,000	219,146	771,146
		자동화 블록수	9	10	19
		자동화 냉동블록수	2	1	3
		empty만	30,000	80,000	110,000
		수동작업영역	112,500	112,500	225,000
장치능력	장치능력	컨테이너(TEU)	15,000	15,000	30,000
		위험물(TEU)	975	975	1,950
		냉동플러그수	1,100	500	1,600
	운영인력		300	170	470
취급장비	안벽크레인(C/C)	더블 트롤리	7	6	13
		피더용	1	0 또는 1	1 또는 2
	자동화 야드크레인		22	22	44
	AGV		35	약 25	약 60
	레일 크레인		3	1	4
	레일 트랙수	700m 길이	6	0	6
	리치 스택커		2	0	2
	포크리프트 트럭		3	0	3
	터미널 트랙터		8	7	15
	새시		100	100	100
	트럭 취급 라인		43	43	86
운영현황	평균장치기간(일)				
	TEU/Box비율				
투자액(백만유로)	인프라(터미널/창고지역) 투자비(함부르크시)				300
	추가 투자(HHLA)				350
개장 년월		2002. 6. 24	2004. 4 예정 (지연됨)	2004. 4 예정 (지연됨)	

자료 : T. Koch(2003), *Experience with Terminal Automation : The Container Terminal Altenwerder (CTA) Hamburg*, TOC2003 EUROPE, p. 10. ; T. Koch and J. Soergel(2004), *The Container Terminal Altenwerder*, Ports and Harbors.

## 2) 자동화 컨테이너터미널 운영방식

### (1) 하역시스템

안벽운영은 14기의 Post-Panamax 컨테이너 크레인을 투입하여 대형 선박에 대한 신속한 작업을 수행한다. 안벽크레인은 높이가 72m이고 Rail Span이 35m, 권상높이는 38.5m, 작업하중은 53톤이다. 별도의 분리된 2개의 Traveler에 의해 컨테이너 양 적하 작업을 진행하는 Dual Trolley방식을 적용하고 있는데 선박과 플랫폼(컨테이너 전달지점)간에는 반자동화로 운영하고 플랫폼과 이송장비(AGV)간의 작업은 자동화로 운영된다.

안벽과 야드간 이송장비는 65기의 AGV를 운영하고 있으며 운행속도는 6m/s 가량을 유지한다. 야드하역장비는 블록당 교차주행이 가능한 2기의 ATC를 운영하는 DRMG 방식을 적용하고 있다.

야드면적은 225,000m<sup>2</sup>로 10열 4단적이 가능한 22개의 장치블록으로 구성되며 장치능력은 30,000TEU 이다.

### (2) 운영시스템

CTA에서 자동화 시스템의 운영을 위한 제어는 복잡한 소프트웨어를 사용하고 있으며, 실시간 적용을 위한 지속적인 노력과 투자를 하고 있다.

모든 터미널의 물류처리는 Stowage Planning에 기초하며 NAVIS사의 SPARCS에 의해 처리된다. 선박의 양하와 적하 Planning을 처리하기 위해 이 프로그램을 사용하는데 Planner는 모든 C/C에 대한 작업물량을 자동적으로 생성한다. 특히 객체지향 기술(Object-Oriented Technology)을 채택한 자바 프로그래밍은 TLC(Terminal Logistics Control) 소프트웨어 모듈을 통해서 처리된다. 이 TLC는 모든 작업물량을 개별 이송작업으로 분리하며 모든 장비들을 제어한다. 예를 들어, 수출 컨테이너에

대한 각 이송의 시작 시간은 특정한 이송작업에 관련된 장치기간 동안에 예측된 이송을 사용하여 계획된 적하시간으로부터 유도된다. 또한 TLC는 야드에 장치될 개별 컨테이너에 대해서 실시간으로 최적의 적재를 하도록 한다.

AGV 이송에서는 TLC가 차량과 교통흐름을 제어하는 AGV Management System(AGV-MS)으로부터 받은 주기적인 상태 정보를 평가하여 적합한 차량을 선택하며, 선택된 차량에 대한 작업할당은 AGV-MS를 통해서 수행된다.

배후지에서는 Hinterland-TLC(H-TLC)가 철송공급을 위해 외부차량과 Chassis를 관리하며, 또한 반자동화 레일 크레인의 운영도 함께 제어한다.

컨테이너 관리는 이미 HHLA 터미널들에서 사용된 검증된 소프트웨어를 채용하였다. 그러나 일부는 자바와 객체지향 프로그래밍으로 재설계되었거나 재설계 진행 중이다.

전반적으로 터미널 내의 모든 운영 소프트웨어의 약 80%는 HHLA 그룹 내에서 자체개발로 진행 되었으며, 나머지는 HHLA 지시 하에 외주 작업으로 수행되었다. 예를 들어 Hinterland-TLC는 선박과 선석계획을 담당하고, C/C 운영계획과 시각화(Visualization)는 SPARCS에 기초하면서도 독일 Aachen의 Inform사에서 구축하였다.

#### 4. 영국 Thames Port 자동화 컨테이너터미널

##### 1) 개요

Thames Port는 1990년에 운영을 시작하였으며, 현재 유럽에서 가장 빨리 성장하는 컨테이너항만 가운데 하나이다. 2개 선석이 운영되고 있으며 선석길이는 655m, 수심은 15.5m 이다. <표 III-4>는 영국 Thames Port의 현황을 나타낸 것이다.

<표 III-4> 영국 Thames Port의 현황

구 분	내 용
선석길이	655m
면 적	68만 m <sup>2</sup>
처리능력	550만 TEU
CC	6대(Single Hoist)
RMGC	19대
개 장	1990년대

자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 64.

## 2) 자동화 컨테이너터미널 운영방식

선박 양·적하 작업 및 안벽과 야드간 이송작업은 수동으로 처리하고, 야드내의 컨테이너 처리작업은 무인 RMGC를 이용하여 자동으로 처리하고 있다.

안벽에는 수동으로 운영되는 고속의 Post-Panamax급 컨테이너크레인이 6기 설치되어 있는데, 크레인의 사양은 Air Draft 30m이고, Out Reach는 16열을 커버할 수 있으며 Twin Lift 작업이 가능하다. 안벽과 야드 사이의 컨테이너 이송은 유인차량인 Y/T를 이용한다.

컨테이너 야드의 작업은 자동화 크레인으로 운영한다. 야드 영역에는 7단적으로 컨테이너를 적재할 수 있는 자동화된 RMGC가 14기가 있으며, 야드 배치는 안벽과 수평배치 형태이며, 야드 블록 1레인의 길이는 650m 이고 9열까지 적재가 가능하다.

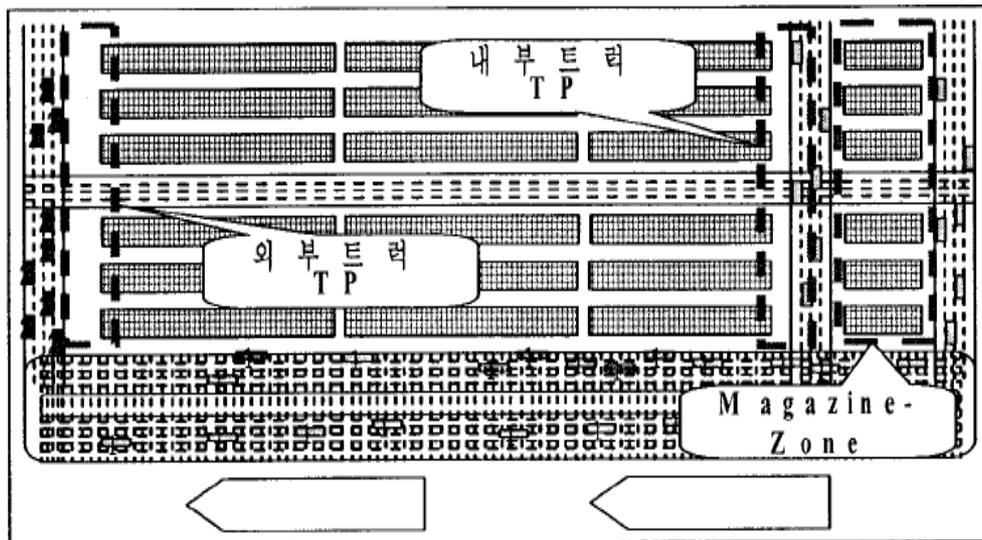
선박 양·적하 작업을 위한 Y/T의 상·하차 작업은 자동화로 이루어지며, 반·출입 작업에 있어서는 RMGC 무인원칙이나 지상배차원이 외부차량에 대한 적정주차위치를 지시하고 최종 상·하차 단계에서의 스프레더 조작은 외부차량 운전자에 의해 무선 리모트콘트롤을 사용해 처리하는 방식으로 작업이 이루어진다. <표 III-5>와 <그림 III-4>는 영국 Thames

Port 자동화터미널의 물류체계와 야드배치 형태를 나타낸 것이다.

<표 III-5> 영국 Thames Port 자동화터미널의 물류체계

구 분	운영방법	비고
환적	C/C ↔ YT ↔ RMGC ↔ 적재야드	-
수출·입	C/C → YT → RMGC → 버퍼야드 → RMGC → 적재야드 → RMGC → 외부트럭	

자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 11.



자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 70.

<그림 III-4> 영국 Thames Port의 야드 배치 형태

### 3) 부분자동화 결정요인

영국의 Thames Port는 높은 임금으로 인해 완전자동화 컨테이너터미널을 개발하고자 했으나 완전자동화를 위해 AGV 및 기타 시스템을 도입하게 되면 추가적인 비용 및 리스크에 대한 우려로 현재까지는 부분자동화 형태를 유지하고 있는 실정이다. 예산상의 이유로 인해 완전자동화를 포기하고, 부분자동화를 선택했으나 자동화 시스템의 기술상 어려움과 생산성 문제의 해결방안에 대한 검토는 진지하게 이루어졌다. Thames Port의 경우는 AGV를 사용하지 않고 Y/T로 선박과 야드간의 이송작업을 수행하고 있으며, 야드배치도 수평배치형태이다. 야드에서의 상·하차작업은 빠르게 진행되는 C/C의 선박하역작업과 보조를 맞추어야 하는 특성을 지니고 있다. 그리고 Y/T의 작업 지연으로 C/C의 작업이 지체되어서는 안되며, 야드 하역작업의 지연으로 인해 Y/T가 지연되어서도 안되는 문제를 지니고 있다. 특히 야드는 수평배치이나 기존 재래식 컨테이너터미널과 달리 내·외부트럭의 TP를 야드 끝단으로 분리하고 있어 작업량이 많은 내부 샷시와 달리 외부트럭의 야드작업은 작업량이 많지 않으므로 작업의 압박이 적은 특성을 보이고 있다. 따라서 선박하역과 외부트럭 작업간의 스피드 차이를 해소해야 하는 기술상의 문제가 있다. 이러한 문제해결 방식으로 Thames Port는 Magazine Zone이라는 버퍼구역을 설정하여 야드의 생산성 문제를 해소하는 전략을 선택하게 되었다. 그리고 외부트럭의 TP를 야드의 끝단에 두게 되면 야드 하역장비의 이동거리가 길어지게 되어 야드의 생산성에 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 그러나 생산성 문제를 해결하기 위해 외부트럭을 야드 블록 내에 진입하게 만들면 외부트럭의 도착에 대한 인식기술 문제와 외부트럭의 정위치정차에 대한 문제점을 동시에 안고 있다. 또한 외부트럭이 야드 블록내로 진입하게 되었을 경우, 운전자의 안전에 대한 문제 및 차량들 간의 교착등이 발생하기 때문에 양 끝단에서 작업을 하는 방식을 택하게 되었다.

## 5. 싱가포르 PPT 자동화 컨테이너터미널

1) 개요

PSA는 싱가포르 항만에 Tanjong Pagar Terminal, Keppel Terminal, Brani Terminal, Pasir Panjang Terminal 등 4개의 컨테이너터미널을 운영하고 있다. 일반적으로 주요 컨테이너 항만들이 중심항을 지향하는데 비하여 PSA는 입지적 여건상 환적 중심항(Mega Transshipment hub)을 터미널 운영목표로 설정하고 있다.

일반적으로 알려진 것과는 달리 PSA 터미널 전체가 자동화로 운영되는 것이 아니라 PSA의 개발계획의 4단계에 해당하는 Pasir Panjang Terminal(PPT)만이 무인자동화를 목표로 개발되었다.

1993년부터 “3rd Terminal”이라는 명칭으로 OHBC(Over Head Bridge Crane)와 AGV를 이용한 자동화 컨테이너터미널 개발에 착수하였으나 AGV는 시험운행을 통과하지 못하여 현재 OHBC만을 이용하여 컨테이너 처리작업을 수행하고 있다.

1997년 10월 4개 선석으로 1단계 개장 후 많은 시행착오를 거치면서 시스템 안정화 단계를 거쳐 2000년 3월 6개 선석으로 공식 개장하였다. 자동화 운영의 대상은 환적화물에 국한하여 처리하고 있다. <표 III-6>은 싱가포르 PPT의 현황을 나타낸 것이다.

<표 III-6> 싱가포르 PPT의 현황

구 분	내 용
선석길이	2267m
면 적	80만㎡
처리능력	227만TEU
CC	22대(Single Hoist)
OHBC	19대
RMGC	24대
AGV	92대
개 장	1976년

자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 65.

## 2) 자동화 컨테이너터미널 운영방식

PPT 자동화 컨테이너터미널은 현재 “ㄱ”자 형태의 안벽으로 형성되어 상부에 4선석과 측면부에 2선석으로 구성되어 있다.

PPT 자동화 컨테이너터미널 하역시스템의 특징은 컨테이너를 수출·입과 환적물량으로 구분하여 서로 다른 하역방식을 사용하고 있다. 먼저, 약 85%를 차지하는 환적물량의 처리는 환적물량을 이송하는 Y/T의 운전자를 지속적인 교육과 훈련을 시키고, 인센티브를 제공함으로써 야드 하역장비에 Docking시 정확하게 접근토록 유도하여 OHBC의 원격조정에 의한 자동운전이 원활하게 진행되도록 운영하고 있다.

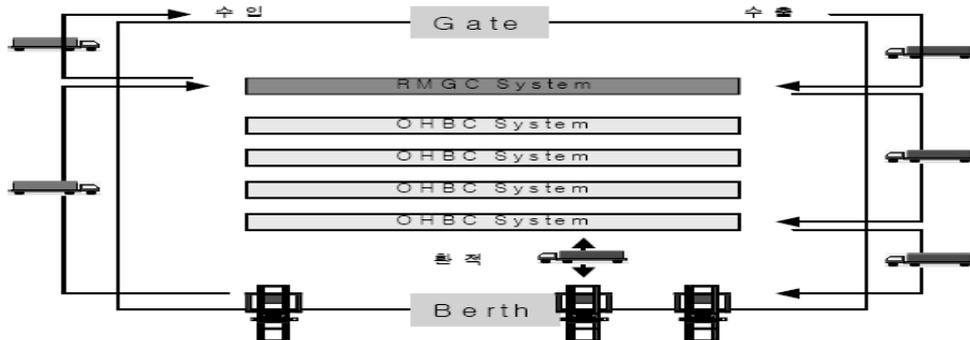
그리고 약 15%를 차지하는 수출·입 물량의 경우에는 수출·입 물량을 운송하는 외부트럭은 환적물량보다 물량이 적고, 외부트럭 기사의 교육 및 훈련비용 그리고 외부트럭에 필요한 통신시설을 부착하는 비용이 자동화 운영비용보다 더 많이 소요된다고 판단하여 별도의 야드 블록을 이용 RMGC를 운용한 수동방식으로 운영하고 있다.

야드배치는 안벽과 평행한 형태이며, 해측에 배치된 4레인의 블록은 환적물량을 처리하는 블록으로 OHBC 장비에 의해 자동화 방식으로 운영되고, 육측의 1레인은 수출·입 물량을 처리하는 블록으로 RMGC를 이용한 수동방식으로 운영된다. <그림 III-5>는 PPT 자동화 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도를 나타낸 것이다.

## 3) 부분자동화 결정요인

PPT의 최초설계는 완전자동화를 지향했지만 AGV 시험운행중 문제점 발생으로 완전자동화를 보류한 상태이다. PPT는 전체 물동량중 환적화물이 85% 이상을 차지하고 있고, 15% 정도가 국내 수출·입 물량이다. 따라서 환적화물을 효율적으로 처리하는 것을 가장 큰 목표로 선정하였고, 이에 따라 환적화물 처리구역에 대해 무인 자동화 장비인 OHBC를

적용하였다.



자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 10.

<그림 III-5> PPT 자동화 컨테이너터미널의 물류체계 흐름도

환적화물에 대해서만 무인 자동화 시스템을 우선적으로 채택한 이유는 수출·입 화물이 차지하는 비중이 전체의 15% 밖에 되지 않기 때문이다. 따라서 전체 처리물량 중 15%를 처리하기 위해 외부트럭 작업을 무인화 장비로 처리할 경우 안전, 운용 및 기술적인 문제점 등이 걸림돌로 작용하게 된다. 기술적인 문제점은 외부트럭 도착에 대한 인식의 어려움, 운전기사의 위험성, 외부트럭 정위치의 어려움 등으로 파악된다. 이러한 안전의 문제와 기술적인 문제를 해결하기 위해 상대적으로 물량비중이 많지 않은 부문에 거액의 투자비를 지불하는 대신, 외부트럭 작업에 대해서는 유인 RMGC 방식으로 운영하는 것이 유리하다고 판단하였다.

그러나 전체물량의 약 85%를 차지하는 환적화물을 처리하는 자동화 구역의 경우 유인의 내부트럭이 무인의 OHBC와 연계하여 작업함에 있어 원활한 작업이 가능할지에 대한 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제점에 대해 내부트럭의 경우는 규격이 일정하고 내부트럭을 인식할 수 있는 장치를 기술적으로 해결함과 동시에 내부차량 운전자의 지속적인 교육 및 훈련을 통해 정위치 정차의 문제를 해결하였다.

## 6. 홍콩 HIT 자동화 컨테이너터미널

### 1) 개요

홍콩은 중국 및 인접 아시아 각국과 연계하여 급속도로 성장일로를 걷고있는 경제지역인 아시아 환태평양의 중심과 Peal River Delta 지역 입구에 전략적으로 위치해 있다.

홍콩항의 항만시설은 대부분 구룡반도의 서측에 집중되어 있으며, HIT 터미널의 경우 CT 4, 6, 7, 8(East), 9로 구성되어 있다.

HIT 터미널은 선석길이 3,292m이고, 면적은 92만 m<sup>2</sup>이며 상세한 제원은 <표 III-7>과 같다.

<표 III-7> 홍콩 HIT의 현황

구 분	내 용
선석길이	3292m
면 적	92m <sup>2</sup>
처리능력	550TEU
CC	32대(Single Hoist)
RMGC	24대
RTGC	92대
개 장	1976년

자료: 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 65.

<그림 III-6>은 홍콩 HIT 자동화 컨테이너 터미널의 터미널 배치도를 나타낸 것이다.



자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 26.

<그림 III-6> 터미널 배치도

## 2) 자동화 컨테이너터미널 운영방식

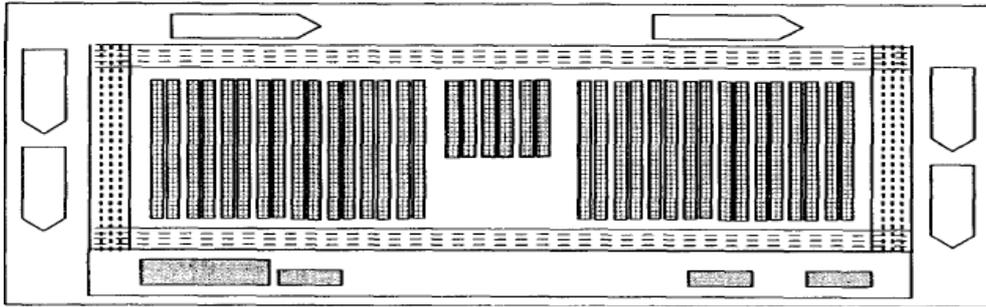
HIT의 RMGC는 다른 터미널과 달리 유인장비 이지만 외부트럭에 컨테이너를 상차할 경우 14피트 내에서만 수동으로 전환하여 작업자가 작업하고 그 이외의 구간에서는 자동으로 움직이는 형태이다.

HIT는 타 부분자동화 컨테이너터미널과 달리 야드의 배치형태가 수직과 수평의 복합적 형태를 취하고 있지만 Y/T 및 외부트럭의 상·하차 작업은 기존 수평배치 터미널과 유사한 방식으로 진행하고 있다. <표 III-8>과 <그림 III-7>은 HIT 자동화터미널의 물류체계와 홍콩 HIT의 야드 배치 형태를 나타낸 것이다.

<표 III-8> HIT 자동화터미널의 물류체계

구분	운영방법	비고
환적	C/C ↔ YT ↔ RMGC ↔ 적재야드	
수출입	C/C ↔ YT ↔ RMGC ↔ 적재야드 ↔ RMGC ↔ 외부트럭	

자료 : 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 -광양항 자동화터미널 사례중심-”, 한국해양대학교 박사학위 논문, p. 13.



자료 : 최형림 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구”, 「해운물류연구」, Vol. 47, No. 0, p. 72.

<그림 III-7> 홍콩 HIT의 야드 배치 형태

### 3) 부분자동화 결정요인

ECT, PSA, CTA 등이 개발 초기부터 터미널 전체에 대한 자동화를 목표로 계획한 것과 달리, HIT의 자동화 개념은 장치능력 향상을 위한 장비자동화가 주목적이라고 할 수 있다. 이러한 자동화는 유인 운전 후 단계별 자동화를 구현하는 개념과는 달라서 제한된 부지 내에서 가용할 수 있는 장비자동화의 개념이라 할 수 있다.

이러한 자동화 RMGC의 적용배경은 1990년대 이후부터 급격한 물동량 증가(연간 50만 TEU 이상 증가)로 인하여 추가부지 확보없이 물동량을 증가시켜야 하며, 장치능력의 한계로 인해 발생하는 병목현상을 해결하고, 기존 터미널의 운영에 영향을 최소화 하면서 생산성을 향상시키기 위한 방편으로 3P-Project를 시작하였다. 3P-Project는 Productivity Plus Program으로 현재의 동일한 자원으로 더 높은 생산성을 갖는 터미널을 만들기 위한 것이다. 따라서 생산성 향상 및 자동화가 용이하고 좁은 공간 내에서의 장치능력이 높은 RMGC를 선택하여 1999년 중반부터 장치지역에서만 자동화를 하고 있다.

## 제2절 국내 자동화 컨테이너터미널의 도입계획

### 1. 광양항 3단계(2차) 자동화 컨테이너터미널

#### 1) 광양항 컨테이너터미널 개발 계획 개요

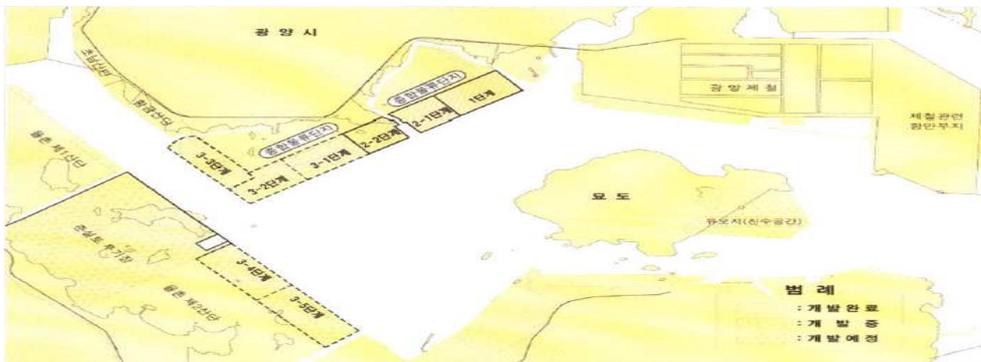
광양항은 국제 기간항로상에 위치하여 유리한 지정학적 입지조건을 바탕으로 서남권 국제관문으로서 동북아 진출의 교두보 역할을 담당하기 위해 부산항과 더불어 컨테이너 양항체제(Two Port System)를 기반으로 동북아 물류중심 항만으로서의 역할을 강화하는데 목표를 두고 있다. 광양항의 개발방향은 1)동북아 주요항만을 연결하는 광역 해상운송 체제 구축 및 동북아지역 다원적 역내 해상운송망 구축, 2)단계별 종합물류단지 조성 및 관세자유지역 도입추진 등으로 동북아 국제물류 중심항만으로서의 역할 강화, 3)항만 클러스터(항만+배후단지+배후권역)를 통해 부가 환적화물 중심항으로의 역할 강화, 4)제철산업, 석유화학단지, 율촌산업단지 등 배후산업단지 지원항만 및 배후수송시설 연계 개발 등이다.

광양항 개발 사업은 총 3단계로 구분하여 이루어지고 있으며, 현재 1단계 및 2단계 사업은 컨테이너부두 개발이 완료되어 운영 중에 있고, 3단계 사업은 진행 중에 있으며, 전체적인 단계별 개발계획 및 추진현황은 <표 III-9>와 같으며, <그림 III-8>은 광양항 단계별 개발 현황과 광양항 전체계획 평면도를 나타낸 것이다.

<표 III-9> 광양항 단계별 개발 현황

구분	전체계획	1단계	2단계	3단계
사업기간	1987~2011	1987~1999	1995~2004	1999~2011
사업비(억원)	66,323	5,395	12,046	48,882
	정부 : 26,809 공단 : 39,514	정부 : 2,482 공단 : 2,913	정부 : 7,270 공단 : 4,776	정부 : 17,057 공단 : 31,825
사업내용				
-부두(안벽)	11.05km(33선석)	1.4km(4선석)	2.3km(8선석)	7.35km(21선석)
-도로 및 철도	47.4km	8.5km	20.0km	18.9km
-항로준설	127백만 m <sup>3</sup>	14백만 m <sup>3</sup>	23백만 m <sup>3</sup>	90백만 m <sup>3</sup>
-투기장 호안	61.4km	-	26.7km	34.7km
사업효과				
-접안능력	5만톤급 9선석 2만톤급 선석	5만톤급 선석	5만톤급×4선석 2만톤급×4선석	5만톤급×21선석
-하역능력	933만 TEU	120만 TEU	163만 TEU	650만 TEU

자료 : 송종현·유용원(2006), “광양항 개발계획 및 추진현황”, 「대한토목학회지」, 제54권, 제9호, p. 56.



자료 : 송종현·유용원(2006), “광양항 개발계획 및 추진현황”, 「대한토목학회지」, 제54권, 제9호, p. 56.

<그림 III-8> 광양항 전체계획 평면도

## 2. 광양항 3단계(2차) 자동화 컨테이너터미널 개발

### 1) 사업개요

사업명 : 광양항 3단계 2차 개발사업

기간 : 2001년 ~ 2008년

사업비 : 7,847억 원(토목:4,464억 원, 장비:2,577억 원, 기타:806억 원)

규모 : 12,000TEU급 자동화 컨테이너터미널 3선석(1.05Km)

년간 처리능력 : 110만 TEU (선석당 37만 TEU)

<그림 III-9>는 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 조감도를 나타낸 것이다.



자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 27.

<그림 III-9> 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 조감도

### 2) 추진계획

2001년12월에 토목부문 설계를 시작으로 토목 및 기능시설 공사를 시행함과 동시에 통합정보시스템 구축 및 하역장비 제작을 추진하여 2007년 9월에 1선석으로 시운전 및 각종 시스템을 시험하고 2008년 7월부터 3선석에 대한 통합테스트를 시행함으로써 각 시스템의 안정화를 유지한 다음 2009년부터 상업운영을 시작할 예정에 있다. <그림 III-10>은 광양

항 3단계 2차 개발 공정계획표를 나타낸 것이다.

구분	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
토목부분 실시설계	1.12		6				
토목 공사 시행		8					6
기능시설 공사시행 (건축, 전기/통신)				12			6
통합정보시스템구축		10					6
하역강비 제각설치				12			6
통합시운전							7

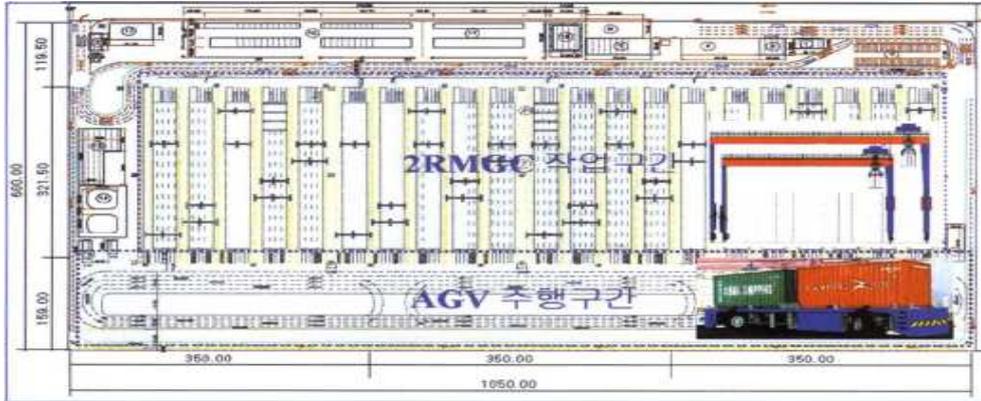
자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 27.

<그림 III-10> 광양항 3단계 2차 개발 공정계획표

### 3) 평면배치 계획 및 자동화 범위

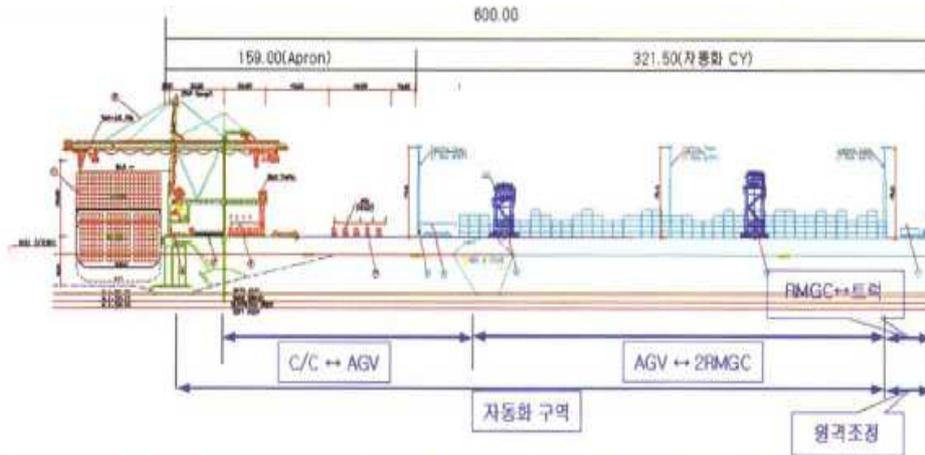
광양항 3단계(2차) 자동화 컨테이너터미널의 야드배치형태는 선석과 수직배치 형태이고 21개의 블록으로 구성된다.

안벽크레인에 의한 선박의 양 적하 작업은 수동으로 처리하고, 안벽과 야드간 이송작업 및 야드 하역작업은 완전 자동화로 처리하며, RMGC에 의한 외부트럭의 상 하차 작업은 자동화로 처리하되 최종단계에서 원격조정에 의해 이루어지도록 계획되어 있다. <그림 III-11>과 <그림 III-12>는 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 평면도와 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널의 수직배치도를 나타낸 것이다.



자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 28.

<그림 III-11> 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 평면도



자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 28.

<그림 III-12> 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 수직배치도

#### 4) 하역장비 현황

<표 III-10>은 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널의 하역 장비 현황을 나타낸 것이다.

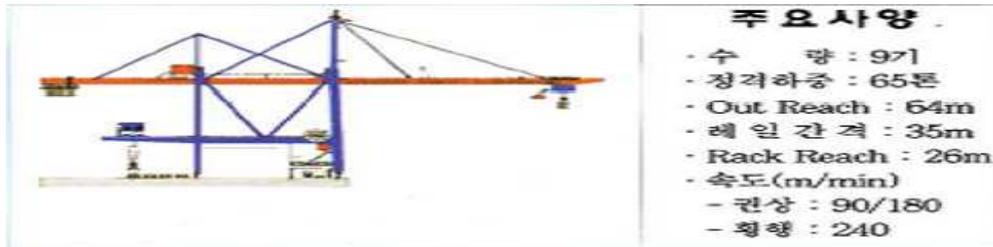
<표 III-10> 하역 장비현황

구분	수량	규격	비고
컨테이너크레인	9기	65톤	12,000TEU급 선박처리 가능 Two-Trvley, 22열
ATC	42기	40.6톤	한 블록당 2기씩 설치
AGV	63대	60톤	20' × 2,40' · 45'×1
야드트랙터	6대	175HP	비자동화 지역
야드샷시	71대	20', 40', 45'	
리치스태커	2대	40.6톤	

자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 29.

컨테이너 크레인(C/C) : 생산성 향상 및 원활한 자동화를 위해서 Twin-Lift(20' × 2) 스프레다가 장착된 Double Trolley 형의 22열 안벽 크레인 9기를 설치할 예정이며, 생산성은 시간당 40 moves 처리를 목표로 진행하고 있다. <그림 III-13>은 컨테이너 크레인을 나타낸 것이다.

야드 하역장비 (ATC) : 블록당 2기의 RMGC가 배치되며, 각 장비는 상호 교차주행이 가능한 DRMG 방식이 적용될 예정이다. <그림 III-14>는 야드 하역장비(DRMG)을 나타낸 것이다.



자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 29.

<그림 III-13> 컨테이너 크레인






자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 29.

<그림 III-14> 야드 하역장비(DRMG)

무인 이송차량 (AGV) : 안벽과 야드간 컨테이너를 이송하는 장비는 AGV를 적용하며 운영대수는 C/C당 7기를 기준으로 총 63기가 도입될 예정이다. <그림 III-15>는 AGV를 나타낸 것이다.



### 주요 사양

- |                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| · 수 량 : 63대               | · 최소 회전반경       |
| · 규 격 : 20' 2.40' · 45' 1 | (차량중심) : 8m     |
| · 최대적재하중 : 60톤(20'×2개)    | · 위치정밀도 : ±20mm |
| · 속 도 : 23km/h            | · 운 전 : 수동/자동   |

자료 : 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, 통권 제281호, p. 29.

<그림 III-15> AGV

#### 5) 자동화 컨테이너터미널 통합운영 시스템

자동화 컨테이너터미널 하역장비의 투입대수 및 투입인력을 최소화함과 동시에 터미널 효율성 및 생산성을 극대화 할 수 있는 최신 정보기술 및 장비 등을 도입한 지능형 통합정보 시스템을 구축하고 있다. 부분적인 시스템 장애가 다른 터미널 영역 및 시스템에 영향을 주지 않고 365일 24시간 무정지 운영이 가능하고 선박의 대형화, 컨테이너 물동량 증가 등 주변 환경변화에 유연하게 대처하고 외부 기관과의 실시간 정보연계 및 신속 정확한 정보제공 등을 통한 고객서비스를 제고할 수 있는 시스템을 구축할 계획에 있다.

### 3. 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널

#### 1) 부산 신항 개발 계획

21세기를 대비한 동북아 국제 물류중심 항만의 개발을 목표로 컨테이너 기간항로상의 중심항으로써 위상을 확보하고 동북아 경제권의 관문항으로서의 국제 환적항 기능을 제고하기 위하여 개발이 진행되고 있다.

또한 부산항의 만성적인 화물적체 해소로 국가경쟁력을 높이고 항만과 도시기능이 조화된 종합물류 및 정보 거점공간으로서의 역할도 기대된다.

부산광역시 강서구 가덕도, 진해시 용원동 및 안골동, 옹동만, 체덕만 일원의 지역에 사업기간 약 16년(1995년~2011년), 총 사업비 9조1,542억 원(정부 4조 1,739억 원, 민자 4조 9,803억 원)의 규모로 컨테이너부두 30개 선석, 항만 및 배후부지 324만평 등을 건설하는 계획이다.

정부시행 부문은 방파제 1,490m, 다목적부두 1선석(400m), 투기장호안 20.8Km, 항로준설 6,200만 m<sup>2</sup>, 그리고 도로 및 철도 1식 등이며, 민자시행 부문으로는 컨테이너부두 9.55Km(29선석), 항만부지 1,017만 m<sup>2</sup>(324만평 : 부두용지 204만평, 항만관련부지 120만평) 등이 포함된다.

개발완료 후 기대효과로는 대형 컨테이너선 30척이 동시에 접안 할 수 있는 시설을 갖추게 되며, 년 간 약 840만TEU의 컨테이너 처리능력을 갖게 됨으로써 동북아 물류거점항으로서의 위상을 확고히 할 뿐만 아니라 물류체계 개선으로 국가경쟁력을 제고할 수 있을 것으로 기대된다. <그림 III-16>은 부산 신항 개발 조감도를 나타낸 것이고, <표 III-11>은 부산 신항의 단계별 사업 계획을 요약한 것이다.



<그림 III-16> 부산 신항 개발 조감도

<표 III-11> 사업 계획

구분		전체(1995년~2011년)	제1단계(1995년~2008년)	제2단계(2009년~2011년)
계	사업비(억원)	91,542	55,519	36,023
	사업량(선석)	30	14	16
	효과(만TEU)	804	352	452
정부	사업비(억원)	41,739	28,012	13,727
	사업량(선석)	방파제 1.49km	1.49km	-
		투기장호안 20.8km	20.8km	-
		준설 6,200만 m <sup>2</sup>	4,000만 m <sup>2</sup>	2,200만 m <sup>2</sup>
		연결잔교 0.3km	0.3km	-
		다목적부두 0.4km(1선석)	0.4km(1선석)	-
		어업보상 등 1식	1식	1식
민자	사업비(억원)	49,803	27,507	22,296
	사업량(선석)	9.55km(29)	안벽 4.3km	5.25km

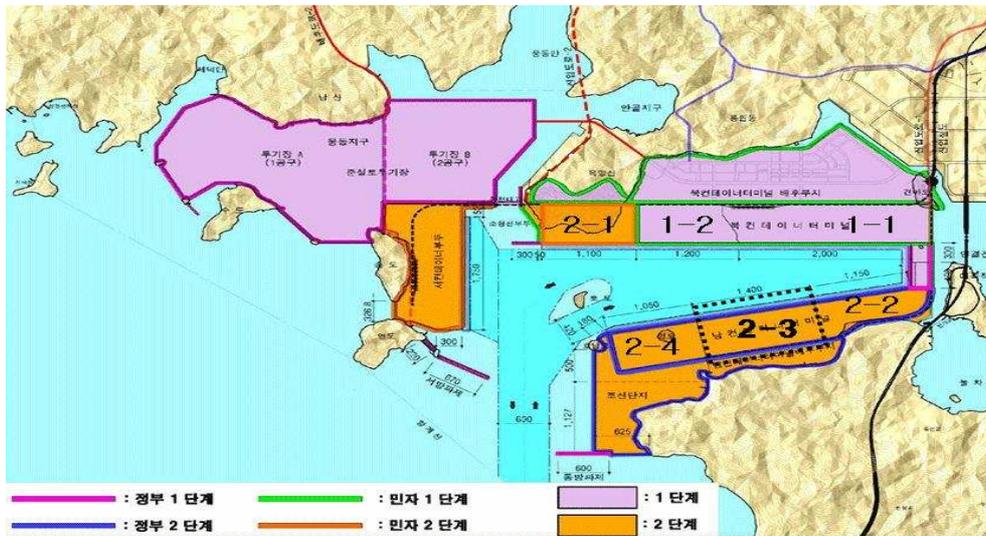
자료 : 강범구(2003), “부산신항만 개발계획 및 투자계획”, 「해양한국」, p. 85.

2) 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 개요

부산 신항에 건설되는 컨테이너터미널 중 유일하게 완전자동화 컨테이너터미널로 설계 및 건설되는 민간 투자사업 구간으로 부산 신항 남측부두 중앙부분에 4선석(1400m) 규모로 건설되고 있다.

부산 신항 2-3단계 컨테이너 부두사업은 총 사업비 8,000억 원의 민간 투자 사업으로 현대산업개발, 프랑스 브이그, ZIM라인, KCTC, 고려해운 및 국민은행 등이 참여한 ‘현대산업개발 컨소시엄’이 사업자로 선정되어 2011년 1월 운영을 목표로 부두건설 및 운영계획이 진행 중에 있다.

주요 제원을 살펴보면 총연장 1.4Km의 4개 선석과 수심 17m를 확보하고 전체면적은 840,000㎡(1,400m × 600m)이고 년 간 처리물량은 약 240만TEU 수준 이다. <그림 III-17>은 부산 신항 단계별 계획도를 나타낸 것이다.



<그림 III-17> 부산 신항 단계별 계획도

## 제4장 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획 분석

### 제1절 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입배경 및 도입계획 개요

부산 신항 2-3단계 컨테이너터미널의 개발 및 운영사업자인 부산항 신항 컨테이너터미널(주) (BNCT : Busan New port Container Terminal Co., Ltd.)는 부산 신항 2-3단계 컨테이너터미널을 부산항의 대표적인 컨테이너터미널로 육성한다는 목표아래 기존의 컨테이너터미널 및 부산 신항의 타 컨테이너터미널과의 차별화를 통하여 고효율·저비용의 컨테이너터미널 운용을 기하고, 자동화 컨테이너터미널 운영을 통한 인력구성의 경쟁력을 바탕으로 장기적인 관점에서 컨테이너터미널의 경쟁력을 확보한다는 전략으로 자동화 컨테이너터미널의 도입을 검토하였으며, 이에 따라 자동화 컨테이너터미널의 도입에 대한 경제성 및 효율성 등을 다양한 측면에서 분석하였다.

본 연구에 인용된 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획은 부산 신항 2-3단계 컨테이너터미널의 개발 및 운영사업자인 부산항 신항 컨테이너터미널(주)의 의뢰에 따라 항만건설 및 터미널운영에 관한 전문가그룹에 의해 작성되었다.

#### 1. 주요 결정사항 및 분석방법

부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획에서 분석 및 결정할 사항은 자동화 도입여부에 따른 제반 사항들, 즉 1)장치장 배치 형태, 2) 야드장비의 종류 및 운영방식, 3) 이송장비의 종류 및 자동화 범위, 4) 자동화의 적용범위 및 단계 등이다.

자동화 컨테이너터미널 도입에 대한 분석방법은 위에서 언급한 각 항

목별로 1~2가지 선택사항을 적용하여 총 7가지의 시나리오로 구분하고 각 시나리오별 장 단점 및 비용을 비교 분석하여 가장 경쟁력이 있는 시나리오를 선정하여 권고하는 방식으로 이루어졌다.

분석의 대상으로 구분된 총 7가지의 시나리오는 <표 IV-1>과 같다.

<표 IV-1> 분석 대상인 7가지 시나리오

Number	RMGC Orientation	RMGC Type	Transporter Type	Automation
1-Tender	Perpendicular	Twin	S/C	RMGC & S/C
2	Perpendicular	X-over	S/C	RMGC & S/C
3	Perpendicular	Twin	S/C	RMGC Only
4	Perpendicular	X-over	S/C	RMGC Only
5	Perpendicular	Twin	T/T	RMGC Only
6	Perpendicular	X-over	T/T	RMGC Only
7	Parallel	Twin	T/T	Transport Automation Not Feasible
8	Parallel	Twin	T/T	

자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료. (2006)

## 2. 분석대상 항목별 고려사항

### 1) 터미널 레이아웃 및 장치장 배치 형태

터미널 레이아웃 및 장치장 배치 형태 선정 시 최우선 고려요소는 이송장비와의 원활한 적용과 자동화 방식의 장점을 최대한 활용할 수 있는지의 여부이다. 수직배치 장치장 구조는 자동화 방식의 야드장비 및 이송장비의 적용에 적합하며, 수평배치 장치장 구조는 자동화 방식에는 적합하지 않은 것으로 검토되었다.

## 2) 야드 하역장비의 종류 및 운영방식

블록당 2기의 동형사이즈 RMGC를 동일 크레인 궤도에 설치하고 하나의 크레인은 해측(Waterside)에서 작업하고, 다른 하나는 외부트럭의 상하차 작업을 위해 육측(Landside)에서 작업하는 방식인 Twin RMGC 방식과, 별도의 분리된 레일을 주행로로 하는 사이즈가 각각 다른 2기의 RMGC를 각 블록에 배치하여 운영하는 방식인 Cross-over RMGC 방식 등 2가지 방안을 비교 분석하였다. 분석결과 Cross-over RMGC 방식은 장비운영상의 여유와 작업의 유연성이 높아지고 Re-handling이 감소한다는 장점이 있는 반면 기반시설 건설비용 및 장비 도입비용이 높아진다는 단점이 있다. Twin RMGC 방식은 장치장면적을 넓게 사용할 수 있으며 건설비용이 적게 든다는 장점이 있으나 양하와 반출 또는 선적과 반입작업이 담당크레인의 반대편에서 동시에 발생 시 크레인의 상호간섭으로 한대의 크레인만이 작업할 수 있으므로 작업의 유연성이 떨어지고 생산성 저하의 원인이 되는 단점이 있는 것으로 나타났다.

## 3) 이송장비의 종류 및 자동화 범위

자체적으로 컨테이너를 인양할 수 있는 기능을 가진 이송장비인 S/C 방식과, 기존의 재래식 컨테이너터미널에서 사용하는 Y/T방식을 상호 비교 분석 하였다. S/C는 장비자체에 컨테이너 인양기능이 있어 안벽크레인 및 야드크레인 대기여부에 관계없이 상·하차 작업을 진행할 수 있으므로 Y/T 방식에 비해 운영효율성이 높고 자동화 방식을 적용할 수 있는 이점이 있는 반면 장비 도입비용이 큰 폭으로 높아지고 수평배치 장치장 구조에는 적용할 수 없는 단점이 있다. Y/T 방식은 장비 도입비용이 낮아지고 수평배치 장치장 구조에도 적용할 수 있는 이점이 있지만 이송장비 자동화 방식은 적용할 수 없는 제한이 있는 것으로 분석되었다.

#### 4) 자동화의 적용범위 및 단계

운영개시 시점부터 야드 하역장비 및 이송장비에 대한 완전자동화 적용여부와 단계적 자동화 적용여부에 대하여 비교 분석 하였다. 운영개시 시점부터 완전자동화를 적용하게 되면 초기에 시행착오를 경험 및 수정함으로서 자동화 정착에 소요되는 기간을 단축 할 수 있는 긍정적인 효과가 있는 반면 초기 투자비용이 증가하고 자동화에 대한 기술 및 운영 경험의 부족으로 인한 정상적인 컨테이너터미널 운영이 곤란한 상황이 발생할 수 있는 위험부담을 내포한다. 반면 단계적으로 자동화를 적용하게 되면 초기 운영혼선에 대한 위험부담을 경감할 수 있는 긍정적인 효과가 있지만 자동화 완전적용에 소요되는 기간이 길어짐으로써 정상적인 컨테이너터미널 운영의 정착이 늦어지는 부정적인 효과가 있을 것으로 분석되었다.

#### 5) 검토대상 항목별 분석결과 요약

장치능력 면에서는 수직배치 장치장 구조의 Twin RMGC 운영방식이 가장 높은 것으로 나타났고, 초기 투자비용 측면에서는 수직배치 장치장 구조의 Cross-over RMGC 방식이 가장 높은 것으로 분석되었으며, 운영인력 및 인건비 측면에서는 수평배치 장치장 구조의 Y/T 방식이 가장 높은 것으로 분석되었다.

### 3. 주요 지표 산정내역

#### 1) 평균 장치일수 산정

평균 장치일수(Dwell Time)는 주 이용선사인 CMA CGM의 자료를 기준으로 4.73일로 계산되었으나 향후 컨테이너터미널의 On-Dock 서비

스 등을 감안하여 약 1일이 증가한 5.75일을 적용하였다.

## 2) 연간 처리능력 산정

년 간 처리능력은 장치장 배치 형태 및 야드 하역장비의 종류에 따라 4가지 형태로 분류하여 각 형태별 장치능력 및 이에 근거한 년 간 처리능력을 산정하여 비교 분석 하였다. 분석결과 년 간 처리능력은 수직배치 장치장 구조하에서 Twin RMGC 운영방식이 가장 높은 것으로 나타났고, Peak시의 처리능력 및 작업준비 능력은 Cross-over RMGC 운영방식이 가장 뛰어난 것으로 분석되었다. <표 IV-2>는 운영방식별 년 간 처리능력 산정 결과를 나타낸 것이다.

<표 IV-2> 연간 처리능력 산정

Layout & Stack Capacity														
Orientation & RMGC Type	Number of RMGC Blocks	Block Length (20' units)	Block Width (boxes)	Nominal RMGC TGS	Design RMGC TGS	Static RMGC TEU Cap	Add'l. Empty/OOG TEU	% Empty/OOG TEU	Max Static Capacity (TEU)	Avg Static TEU Cap per RMGC Block	Average Dwell Days	Max Average Occupancy	Annual Capacity (TEU-000s)	Capacity Increase vs. Parallel
Perpendicular / Twin - 30	30	42	9	11,340	11,060	48,830	4,648	8.69%	53,478	1,783	5.75	75.0%	2,548	5.1%
Perpendicular / Twin - 32	32	42	9	12,096	11,816	52,178	2,508	4.59%	54,686	1,709	5.75	75.0%	2,604	7.4%
Perpendicular / X-Over	29	42	10	12,180	11,880	52,440	1,738	3.21%	54,178	1,868	5.75	75.0%	2,579	6.5%
Parallel	28	45	9	11,340	11,187	49,608	1,287	2.53%	50,895	1,818	5.75	75.0%	2,423	n.a.

자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료. (2006)

## 3) 장비 도입규모 및 도입비용 산정

### (1) 장비 도입규모 산정

가. Q/C : 14기

Q/C 1기당 처리물량 산정기준은 주당80시간 × 시간당 25moves × VAN 당 TEU비율 1.6 = 166,400TEU 로 년 간 처리물량 240~260만 TEU 기준으로 14~15기의 Q/C가 필요한 것으로 계산되었고, 초기 투자비용 등을 감

안하여 14기를 도입하는 것으로 결정하였으며, Q/C 추가도입 여부는 향후 처리물량의 증가 및 하역효율의 인상 등에 근거하여 검토할 예정이다.

나. RMGC (수평배치 장치장 구조 기준) : Q/C당 2.5기

본선작업에 필요한 장비 Q/C당 1.5~2.0기, 그리고 반출 입 작업에 필요한 장비 Q/C당 0.5~1.0기 기준으로 계산하였으며, 비자동화 방식으로 설계된 부산 신항 2-1단계 한진해운 터미널의 Q/C당 2.7기 장비도입계획을 참고하였다.

다. RMGC (수직배치 장치장 구조 기준) : 블록당 2기

각 블록당 2기의 장비 중 본선작업에 필요한 장비 1기 및 반출 입 작업에 필요한 장비 1기를 기준으로 산정하였으며, 야드블록의 작업물량 등을 감안하여 블록에 다수의 장비가 필요한 것으로 분석되었다.

라. Shuttle Carrier : Q/C당 2.5~3기

본선작업의 생산성을 감안하고 장비자체의 인양능력을 보유함으로써 안벽크레인 및 야드크레인의 작업과 별도로 운영할 수 있는 점 등을 고려하여 Y/T 방식에 비해 장비대수를 다소 낮게 산정하였다.

마. Yard Tractor : Q/C당 5기

이용선사는 Q/C당 7기가 필요하다고 요청하였으나 현실적인 여건 등을 감안하여 Q/C당 5기로 하향조정하여 산정하였다.

(2) 장비별 대당 구입가격 (2005년 기준, VAT포함)

- 가. Q/C : 64.68억 원
- 나. RMGC(Twin) : 24.02억 원
- 다. RMGC(Cross-over) : 25.55억 원
- 라. S/C(Automated) : 8.58억 원
- 마.S/C(Manual) : 5.72억 원
- 바. Y/T : 0.82억 원

4) 장비 운영인원 산정

장비별 운영인원 산정은 3조2교대의 교대방식을 기준으로 하였으며, 각 장비별 교대비율(Relief factor : 장비승무에 따른 휴식시간 제공에 필요한 인원비율) 및 유연성 계수(Flexibility factor : 자동화 장비의 경우 1명의 기사가 다수의 장비를 동시에 Monitoring 함으로써 인원의 유연성을 확보할 수 있는 비율)를 적용하여 산정하였다. 장비별 운영인원 산정 내역은 <표 IV-3>과 같다.

<표 IV-3>장비별 운영인원 산정 내역

장비	장비 대당 인원	산출근거 (Team X Relief f. X Flexibility f.)	비고
Q/C	4.5	3 X 1.50 X 1	
RMGC	0.8	3 X 1.33 X 0.2	Remote
S/C(Manual)	3.75	3 X 1.25 X 1	
S/C(Automated)	0.4	3 X 1.33 X 0.1	Remote
Y/T	3.75	3 X 1.25 X 1	

자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

5) 매출액 산정

부산 신항 2-3단계 컨테이너터미널 이용선사인 CMA-CGM의 2005년도 제안 효율을 기준으로 효율인상률은 물가상승률과 동일하게 적용하여 2005년도 2.7% 및 2006년 이후 매년 3.5% 증가로 적용하여 TEU당 단가를 계산하였다. 분석결과 2005년도 TEU당 단가는 68,100원으로 계산되었고 운영개시후 10년후인 2021년의 TEU당 단가는 117,172원이 될 것으로 예상되었다. <표 IV-4>는 TEU당 예상단가를 나타낸다.

<표 IV-4> TEU당 예상단가

Year	CPI Growth	Inflation Index	Revenue per TEU (KRW)
2005	2.7%	1.000	68,100
2006	3.5%	1.027	69,939
2007	3.5%	1.063	72,387
2008	3.5%	1.100	74,920
2009	3.5%	1.139	77,542
2010	3.5%	1.179	80,256
2011	3.5%	1.220	83,066
2012	3.5%	1.262	85,973
2013	3.5%	1.307	88,982
2014	3.5%	1.352	92,096
2015	3.5%	1.400	95,319
2016	3.5%	1.449	98,655
2017	3.5%	1.499	102,108
2018	3.5%	1.552	105,682
2019	3.5%	1.606	109,381
2020	3.5%	1.662	113,209
2021		1.721	117,172

자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

## 제2절 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획 분석

### 1. 기반시설 공사비용 비교

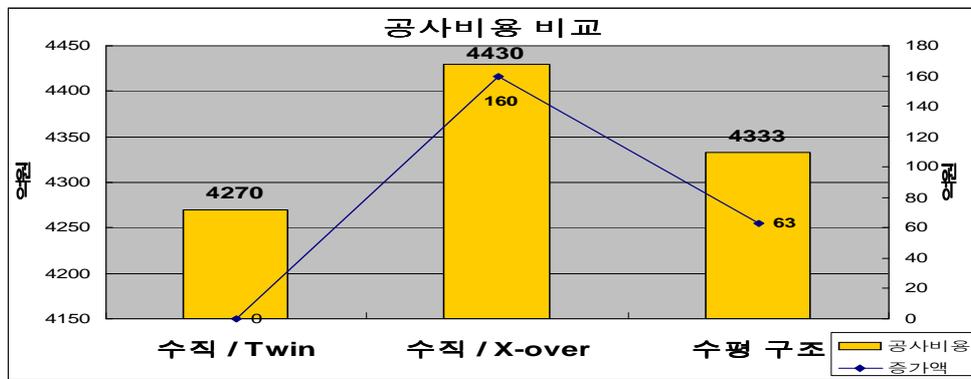
기반시설 공사비용은 크게 3가지의 경우로 구분하여 비교 분석 하였다. 즉 1)수직배치 장치장구조에서의 Twin RMGC 운영방식, 2)수직배치 장치장 구조에서의 Cross-over RMGC 운영방식, 3)수평배치 장치장 구조 등으로 나누어 기반시설 공사에 소요되는 전체 공사비용을 비교 분석 하였다. 분석결과 수직배치 장치장 구조에서의 Twin RMGC 운영방식의 공사비용은 총 4,270억 원으로 공사비용이 가장 낮은 것으로 분석되었으며, 수직배치 장치장 구조에서의 Cross-over RMGC 운영방식은 Twin RMGC 방식에 비해 160억 원(약3.7%) 증가한 4,430억 원으로 공사비용이 가장 높은 것으로 나타났으며, 이는 Cross-over RMGC 방식의 특성상 각 야드블록의 주행레일 이중화로 인한 추가비용으로 분석되었다. 반면 수평배치 장치장 구조는 공사비용이 가장 낮은 수직배치 장치장 및 Twin RMGC 운영방식에 비해 약 63억 원(1.5%) 증가한 4,333억 원이 소요될 것으로 분석되었으며 수평배치 장치장 구조가 수직배치 장치장 구조에 비해 공사비용이 증가하는 것은 야드내 차량주행로의 포장으로 인한 추가비용이 소요되는 것으로 분석되었다. <표 IV-5>와 <그림 IV-1>은 기반시설 공사비용 비교를 나타낸다.

<표 IV-5> 기반시설 공사비용 비교

(단위 : 억원)

운영방식	야드블록	총 공사비용	수직/Twin대비 증가액	수직/Twin대비 증가율
수직배치 / Twin	29	4,270	-	-
수직배치 / X-over	29	4,430	160	3.7%
수평배치	28	4,333	63	1.5%

자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.



자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

<그림 IV-1> 기반시설 공사비용 비교

## 2. 장비 도입비용 비교

장비 도입비용에 대한 비교 분석은 총 7가지 경우의 시나리오에 제2절에서 언급한 제반 산정지표, 즉 야드블록수, 장치능력, 년간 처리능력, 장비별 대수, 장비별 해당 도입가격 등을 각각 대입하여 장비 도입비용을 상호 비교하는 방식으로 이루어졌다.

각 시나리오별로 비교 분석한 결과 장비 도입비용이 가장 낮은 방식은 재래식 컨테이너터미널 운영방식과 유사한 수평배치 장치장 구조의 Y/T 이송장비 운영방식으로 총 도입비용은 약 1,800억 원 가량 소요될 것으로

로 분석되었다. 장비 도입비용이 다른 방식에 비해 상대적으로 낮은 이유는 야드 하역장비인 RMGC 대수 산정기준이 수직배치 장치장 구조 운영방식은 야드블록당 2기를 기준으로 29~32 블록에 58~64기의 RMGC를 도입하는 것으로 계산하여 약 1,480억 원에서 1,540억 원 수준으로 산정된 반면, 수평배치 장치장 구조 운영방식은 RMGC 장비대수 산정기준을 Q/C당 2.5기를 기준으로 적용하여 28개의 야드블록에 총 35기의 RMGC를 도입하는 것으로 계산하여 약 840억 원으로 산정됨으로써 자동화 방식에 비해 절반수준으로 낮게 예측되었다.

또한 이송장비의 도입비용에서도 자동화 운영방식에 사용되는 장비인 S/C의 도입비용이 자동화장비는 약 360억 원 정도, 그리고 비자동화장비는 약 240억 원 수준으로 Y/T 운영방식의 도입비용 약 57억 원에 비해 4배~6배 정도 높은 것으로 예측되었다.

한편 장비 도입비용이 가장 높은 것으로 예측된 운영방식은 수직배치 장치장 구조에 야드 하역장비는 Twin RMGC를 운영하며 이송장비는 자동화 S/C를 운영하는 방식으로 장비 도입비용 예상금액은 약 2863억 원으로 도입비용이 가장 낮은 수평배치 운영방식의 1,803억 원에 비해 약 1,000억원(60%) 이상 높은 것으로 분석되었다.

장비 도입비용이 두 번째로 높게 예측된 방식은 가장 높은 방식에 비해 야드하역장비 운영방식만 차이가 있는 시나리오로서 총 도입예상비용은 약 2808억 원으로 60억 원 가량 낮은 것으로 계산되었으며, 이는 야드 하역장비 도입비용이 Twin RMGC 방식에 비해 Cross-over 방식이 다소 낮음을 나타낸 결과이다. 또한 이송장비 중 자동화 S/C 운영방식의 시나리오가 장비 도입비용이 가장 높은 것으로 분석되었는데 이는 자동화 S/C 장비의 대당가격이 8.6억 원으로 비자동화 S/C(5.7억원) 및 Y/T(0.8억 원)에 비해 상대적으로 높기 때문인 것으로 분석되었다.

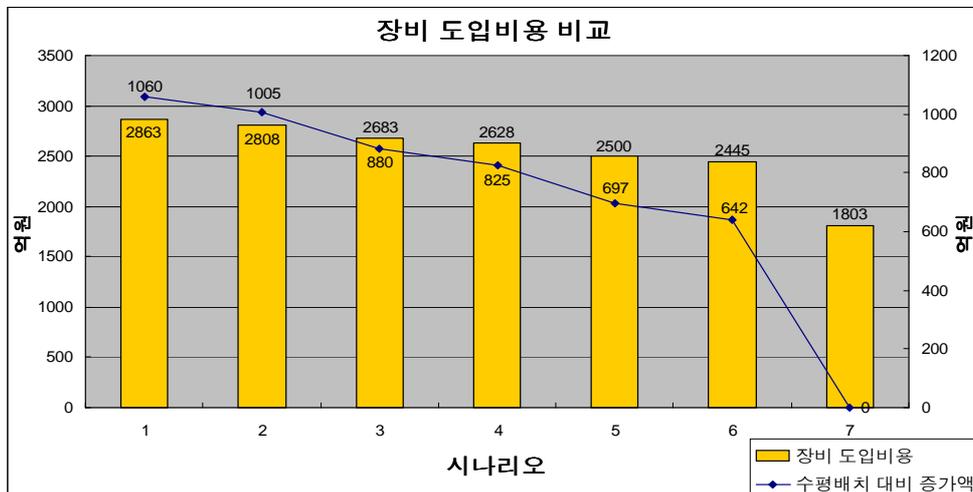
세 번째로 장비 도입비용이 높은 운영방식은 수직배치 장치장 구조의 Twin RMGC 운영방식에 비자동화 S/C를 이송장비로 운영하는 시나리오로 총 도입비용은 약 2,683억 원으로 예상되었으며, 네 번째는 세 번째

와 같은 야드배치 및 이송장비에 야드하역장비만 Cross-over 방식으로 다른 시나리오로서 총 도입비용은 약 2,628억 원으로 분석되었다.

세 번째와 네 번째로 높은 운영방식의 공통점은 이송장비를 비자동화 S/C를 운영하는 시나리오로 이는 이송장비의 운영방식 중 가장 비용이 높은 자동화 S/C 방식 다음으로 비자동화 S/C 이송장비의 도입비용이 높은 것을 반영한 결과이다. 자동화 컨테이너터미널 운영방식인 수직배치 장치장 구조 및 야드 RMGC 운영방식중 장비 도입비용이 가장 낮은 방식은 약 2,450억 원~2,500억 원으로 예상된 Y/T 운영방식의 시나리오로 분석되었다.

한편 이송장비인 S/C의 도입대수를 Q/C당 3기에서 Q/C당 2.5기로 하향조정하여 예측한 결과, 각 시나리오별 전체 순위는 Q/C당 3기 적용시의 순위와 변동이 없으며, S/C 운영방식을 적용한 시나리오 중 자동화 S/C를 적용한 방식은 약 60억 원 가량, 그리고 비자동화 S/C를 적용한 방식은 약 40억 원 가량 장비 도입비용이 낮아지는 것으로 분석되었다.

<그림 IV-2>는 장비 도입비용 비교를 나타내며, <표 IV-6>은 장비 도입비용 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역을 나타낸다.



자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

<그림 IV-2> 장비 도입비용 비교

<표 IV-6> 장비 도입비용 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
RMGC Orientation	Perp.	Perp.	Perp.	Perp.	Perp.	Perp.	Parall.
RMGC Type	Twin	X-over	Twin	X-over	Twin	X-over	Twin
Transport Type	S/C	S/C	S/C	S/C	T/T	T/T	T/T
Transport Automation	Yes	Yes	No	No	No	No	No
RMGC Blocks	32	29	32	29	32	29	28
Static TEU Capacity	54686	54178	54686	54178	54686	54178	50895
Max Thru-put Cap.(000s)	2604	2579	2604	2579	2604	2579	2423
Equipment Fleet at Full Build-out							
Quay Cranes	14	14	14	14	14	14	14
RMGCs - Twin	64		64		64		35
RMGCs - X-over		58		58		58	
S/C Manual			42	42			
S/C Auto	42	42					
T/T (for vessel ops)					70	70	70
Equipment Acquisition Cost (2005 Real, Millions KRW)							
Quay Cranes	90557	90557	90557	90557	90557	90557	90557
RMGCs - Twin	153709		153709		153709		84060
RMGCs - X-over		148190		148190		148190	
S/C Manual			24037	24037			
S/C Auto	36056	36056					
T/T (for vessel ops)					5723	5723	5723
Incremental IT Costs	6000	6000					
Total Equipment	286322	280803	268303	262784	249989	244470	180340
Increase vs. Scenario 7	105982	100463	87963	82444	69649	64130	-
Machine Reduction If Using 2.5 S/C per Q/C							
S/C Manual Machines			-7	-7			
S/C Auto Machines	-7	-7					
Capital Cost Reduction If using 2.5 S/C per Q/C							
S/C Manual			-4006	-4006			
S/C Auto	-6009	-6009					
Total Equipment Capital	280313	274794	264297	258778	249989	244470	180340
Increase vs. Scenario 7	99973	94454	83957	78438	69649	64130	-

자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

### 3. 인건비 비교

인건비에 대한 비교 분석은 장비 도입비용 분석과 같은 방법으로 총 7가지 경우의 시나리오에 제2절에서 언급한 산정기준에 의해 결정된 장비별 도입대수에 장비 담당인원 및 장비당 3개팀이 필요한 3조2교대 교대방식을 공통으로 적용하여 전체 장비운영인원 규모를 산정하고, 각 장비별 전체 인원수에 장비직종별 평균연봉을 대입하여 산정된 연간 인건비 예상총액을 상호 비교하는 방식으로 이루어졌다.

먼저 전체 장비운영 인원수를 비교한 결과 재래식 운영방식과 유사한 수평배치 장치장 구조에서의 Y/T 운영방식이 총 466명으로 자동화 컨테이너터미널 운영방식인 수직배치 장치장 구조 및 자동화 이송장비를 적용한 방식의 233명에 비해 약 2배의 인원이 더 필요한 것으로 분석되었다.

반면 Y/T 운영방식을 적용하는 각 시나리오별 전체 인원수를 비교한 결과 수직배치 운영방식의 총 인원이 약 490명 수준으로 수평배치 운영방식의 약 470명에 비해 장비운영 총 인원수가 다소 높은 것으로 나타났다. 이는 RMGC 대수가 수직배치 운영방식은 총 64기로 수평배치 운영방식의 35기보다 많은 것을 반영한 결과로 해석된다.

장비운영에 필요한 연간 총 인건비를 비교한 결과를 살펴보면, 연간 인건비가 가장 낮게 예상되는 방식은 수직배치 장치장 구조에 야드 하역장비는 Cross-over RMGC를 적용하고 이송장비는 자동화 S/C를 운영하는 방식으로 연간 인건비 총액은 약 101억 원으로 예상되었으며, 이는 재래식 컨테이너터미널 운영방식과 유사한 수평배치 장치장 구조에서의 Y/T 운영방식의 연간 인건비 총액 약 212억 원에 비해 절반이하인 48% 수준이 될 것으로 분석되었다. 연간 인건비 총액이 두 번째로 낮은 방식 역시 자동화 이송장비(S/C)를 운영하는 방식으로 이송장비의 완전자동화로 인한 운영인원의 대폭적인 감축이 인건비 절감에 결정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 즉 유인으로 운영되는 Y/T의 운영에 필요한 인원수 및 연간 인건비는 총 263명에 약121억 원 정도인 반면

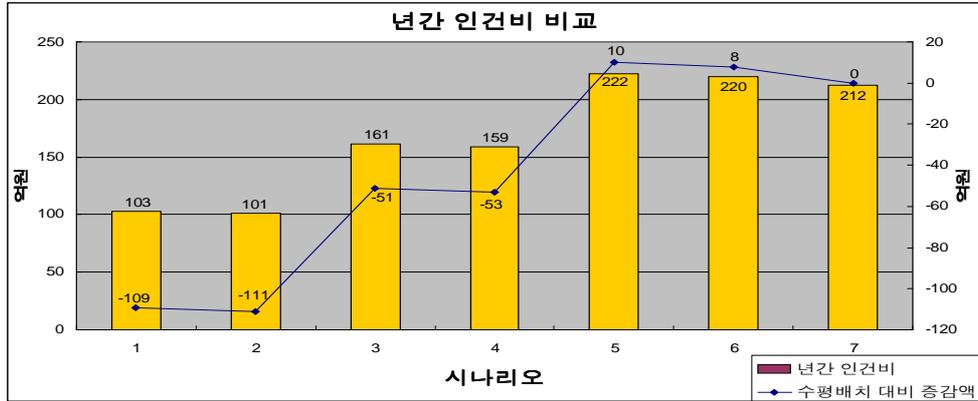
무인자동화로 운영되는 S/C의 운영에 필요한 인원수는 7명에 불과하고 년 간 인건비 또한 약 3억 원 수준으로 Y/T 방식에 비해 2.5% 수준에 불과할 것으로 예측된 결과이다.

비자동화 이송장비를 적용한 운영방식은 이송장비 완전자동화를 적용한 운영방식에 비해 인건비가 다소 높게 예상되었지만 Y/T 운영방식에 비해서는 인건비가 다소 낮을 것으로 분석되었다. 즉 년 간 인건비 예상 총액이 세 번째와 네 번째로 낮을 것으로 분석된 방식인 수직배치 장치장 구조의 Twin 또는 Cross-over RMGC 야드 하역장비에 비자동화 S/C를 적용한 운영방식의 년 간 인건비 총액은 각각 159억 원과 161억 원으로 예상되었으며 이는 약 101억 원으로 예상된 자동화 이송장비 적용 운영방식에 비해서는 약 60억 원이 높은 1.6배 수준이 될 것으로 분석되었으며, 반면 유인으로 운행되는 Y/T 운영방식의 약 211억원에 비하면 약 50억 원이 낮은 76% 수준이 될 것으로 분석되었다.

한편 연간 인건비 총액이 가장 높을 것으로 예상된 운영방식은 수직배치 장치장 구조의 Y/T 운영방식으로 약 221억 원으로 예상되었으며, 이는 수평배치 장치장 구조의 Y/T 운영방식에 비해 약 10억원(4.7%) 가량 높을 것으로 분석되었다. 이러한 차이는 수평배치 장치장 구조의 Y/T 운영방식에 적용하는 야드 하역장비인 RMGC의 대수를 수직배치에 비해 낮게 산정한 결과를 반영한 수치로 분석된다.

년 간 인건비 총액 측면에서 이송장비의 완전 자동화로 인한 장비 운영인원의 대폭적인 인원감축이 인건비의 현저한 차이를 가져오는 가장 주요한 원인으로 분석되었다.

<그림 IV-3>은 년 간 인건비 비교를 나타내며, <표 IV-7>은 년간 인건비 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역을 나타낸다.



자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

<그림 IV-3> 년간 인건비 비교

<표 IV-7> 인건비 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역

Scenario	1	2	3	4	5	6	7
RMGC Orientation	Perp.	Perp.	Perp.	Perp.	Perp.	Perp.	Parall.
RMGC Type	Twin	X-over	Twin	X-over	Twin	X-over	Twin
Transport Type	SC@25	SC@25	SC@25	SC@25	T/T	T/T	T/T
Transport Automation	Yes	Yes	No	No	No	No	No
Equipment Fleet at Full Build-out							
Quay Cranes	14	14	14	14	14	14	14
RMGCs - Twin	64		64		64		35
RMGCs - X-over		58		58		58	
S/C Manual			35	35			
S/C Auto	35	35					
T/T (for vessel ops)					70	70	70
Machine Operators	H/C Factor	Head count at Full Operations					
Quay Crane Oper	4.50	63	63	63	63	63	63
Signalman & Underman	8.00	112	112	112	112	112	112
RMGCs - Twin	0.80	51		51		51	28
RMGCs - X-over	0.80		46		46		46
S/C Manual	3.75			131	131		
S/C Auto	0.20	7	7				
T/T (for vessel ops)	3.75					263	263
Total		233	228	357	352	489	484
H/C Reduction vs. Scenario 7		233	238	109	114	-23	-18
Salary Costs	Mil KRW	Annual Employment Cost - Real : Mil KRW					

	/Person							
Quay Crane Oper	47.7	3006	3006	3006	3006	3006	3006	3006
Signalman & Underman	43.1	4829	4829	4829	4829	4829	4829	4829
RMGCs - Twin	43.1	2207		2207		2207		1207
RMGCs - X-over	43.1		2000		2000		2000	
S/C Manual	46.2			6058	6058			
S/C Auto	43.1	302	302					
T/T (for vessel ops)	46.2					12115	12115	12115
Total		10344	10137	16100	15893	22157	21950	21157
Labor Cost Saving vs. Scenario 7		10813	11020	5057	5264	-1000	-793	-

자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

#### 4. 년 간 수익금액 및 수익률 비교

년 간 수익금액 및 수익률에 대한 비교 분석은 장비 도입비용과 인건비 분석 시 구분한 총 7가지 경우의 시나리오 중에서 경쟁력이 있다고 판단된 운영방식을 세분하여 6가지의 시나리오로 다시 분류하고, 터미널 운영개시 후 10년이 지난 시점인 2021년을 기준으로 각 시나리오별 수익금액 및 수익률을 상호 비교하는 방식으로 이루어졌다. 세분된 6가지 시나리오는 1a)수직배치 장치장 구조에 Twin RMGC 및 자동화 S/C를 Q/C당 2.5기로 운영하는 방식, 2a)수직배치 장치장 구조에 Cross-over RMGC 및 자동화 S/C를 Q/C당 2.5기로 운영하는 방식, 2b)수직배치 장치장 구조에 Cross-over RMGC 및 자동화 S/C를 Q/C당 3.0기로 운영하는 방식, 4a)수직배치 장치장 구조에 Cross-over RMGC 및 비자동화 S/C를 Q/C당 2.5기로 운영하는 방식, 4b)수직배치 장치장 구조에 Cross-over RMGC 및 비자동화 S/C를 Q/C당 3.0기로 운영하는 방식, 그리고 7)수평배치 장치장 구조에 Twin RMGC 및 Y/T 이송장비를 사용하는 방식 등이다.

수익금액은 년 간 총 매출액에서 년 간 운영비용 총액을 감한 총 금액과, TEU당 매출액에서 TEU당 운영비를 감한 금액의 2가지 항목으로 구분하여 산정하였다.

내부 수익률은 투자자의 입장에서 투자금액에 대한 년 간 수익률을 산

정하여 각 시나리오별로 상호 비교 분석 하였다.

먼저 년 간 총 매출액에서 운영비용 총액을 감한 년 간 총 수익금액을 비교한 결과 1a)수직배치 장치장 구조에 Twin RMGC 및 자동화 S/C를 Q/C당 2.5기로 운영하는 방식의 년 간 총 수익금액이 2,328억 원으로 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 년 간 총 수익금액이 가장 낮은 것으로 예측된 7)수평배치 장치장 구조에 Twin RMGC 및 Y/T 이송장비를 사용하는 방식의 1,963억 원에 비해 약 365억 원 가량 높은 것으로 분석되었다. 이는 재래식 컨테이너터미널 운영방식과 유사한 7)수평배치 장치장 구조의 Y/T 운영방식은 장치장의 구조로 인한 년 간 처리능력의 감소로 매출액이 다소 낮게 예상되었으며, 매년 상승하는 인건비로 인하여 운영비용이 자동화 운영방식에 비해 높게 산정된 결과가 반영된 수치이다. 두 번째와 세 번째로 년 간 총 수익금액이 높게 나타난 운영방식 또한 자동화 이송장비를 적용한 방식으로 Q/C당 2.5기의 자동화 S/C를 운영하는 방식은 약 2,288억 원, 그리고 Q/C당 3.0기의 자동화 S/C를 운영하는 방식은 약 2,276억 원으로 각각 예상되었다. 이러한 결과 역시 자동화 이송장비 운영으로 인한 장비 운영인원 감축을 통해 인건비 절감이 수익금액에 영향을 미칠 수 있음을 반영한다.

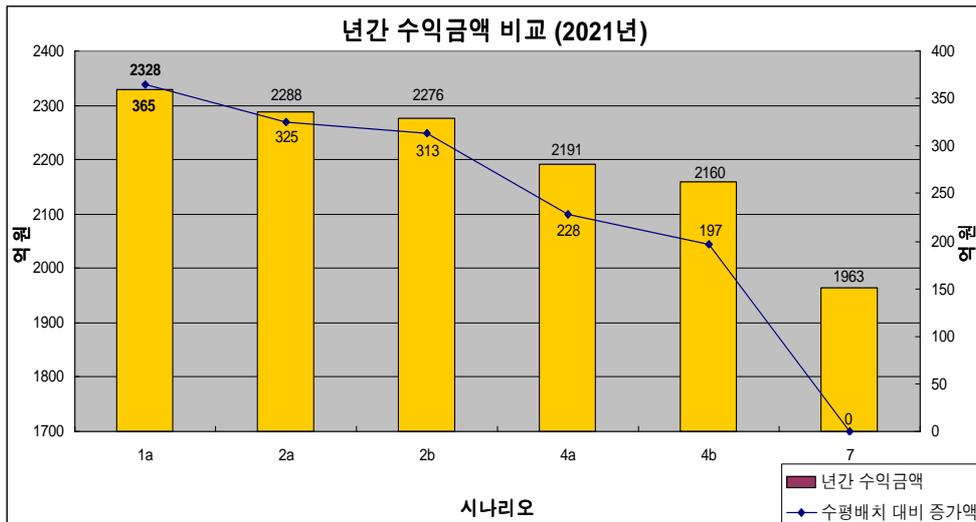
다음으로 년 간 총 수익금액이 높게 예측된 운영방식은 수직배치 장치장 구조 및 Cross-over RMGC에 비자동화 S/C를 운영하는 방식으로 Q/C당 2.5기의 비자동화 S/C를 운영하는 방식이 약 2,190억 원, 그리고 Q/C당 3.0기의 비자동화 S/C를 운영하는 방식은 약 2,160억 원으로 각각 예상되었다. 이는 자동화 이송장비 운영방식에 비해 비자동화 이송장비 운영방식이 이송장비 운영인원의 차이로 인한 인건비의 차액을 반영한 결과이다. 한편 재래식 운영방식과 유사한 수평배치 장치장 구조의 Y/T 운영방식에 비해서는 약 197억 원~228억 원의 수익금액 증가가 예측되었다.

또한 TEU당 운영수익 항목의 분석에서도 자동화 운영방식은 총 수익금액과 비슷한 순위의 결과가 도출되었으나, 특기할 만한 내용은 수평배치 장치장 구조 및 Y/T 운영방식이 수직배치 장치장 구조에 Q/C당 3.0

기의 비자동화 S/C를 운영하는 방식에 비해 TEU당 운영수익이 다소 높은 것으로 분석되었다. 이는 년 간 처리물량 대비 운영비용이 수평배치 구조가 다소 낮게 산정된 결과를 반영한 수치이다.

한편 내부 수익률 부문에서도 1a)수직배치 장치장 구조에 Twin RMGC 및 자동화 S/C를 Q/C당 2.5기로 운영하는 방식이 가장 높은 것으로 분석되었다. 그 이후의 수익률 순위도 년 간 총 수익금액의 결과와 비슷하나 수직배치에 Q/C당 3.0기의 비자동화 S/C를 운영하는 방식이 수평배치에 Y/T를 운영하는 방식에 비해 수익률이 낮은 것으로 분석되었다.

<그림 IV-4>는 2021년 기준 년 간 수익금액 비교를 나타내며, <표 IV-8>은 년간 수익금액 및 수익률 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역을 나타낸다.



자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

<그림 IV-4> 년간 수익금액 비교(2021년)

<표 IV-8> 연간 수익금액 및 수익률 비교에 대한 각 시나리오별 세부내역

Scenario	1a	2a	2b	4a	4b	7
RMGC Orientation	Perp.	Perp.	Perp.	Perp.	Perp.	Parall.
RMGC Type	Twin	X-over	X-over	X-over	X-over	Twin
Transport Type	S/C @ 2.5	S/C @ 2.5	S/C @ 3.0	S/C @ 2.5	S/C @ 3.0	T/T
Transport Automation	Yes	Yes	Yes	No	No	No
RMGC Blocks	32	29	29	29	29	28
Static TEU Capacity	64686	54178	54178	54178	54178	50895
Max Thru-put Cap(000s)	2604	2579	2579	2579	2579	2423
Total H/C	453	448	451	568	594	681
Financial Performance at Full Volume Operations per Year (Millions KRW, Nominal 2021)						
Rev (Year 2021, Nominal)	305060	302226	302226	302226	302226	283912
Operation Expense (Year 2021, Nominal)	72285	73408	74598	83166	86232	87654
EBITDA (Yr 2021, Nominal)	232775	228818	227628	219060	215994	196258
Per TEU (KRW, Nominal 2021), Operating at Full Capacity						
Revenue	117151	117151	117187	117151	117187	117174
Operation Expense	27637	31628	31711	40487	40656	40630
EBITDA	89514	85523	85476	76664	76531	76544
Equity IRR	16.20%	15.77%	15.56%	15.28%	14.96%	15.27%
Differential vs. Scenario 1	-	-0.46%	-0.54%	-2.00%	-2.09%	-1.60%
Scenario	1a	2a	2b	4a	4b	7
연간 수익금액	2328	2288	2276	2191	2160	1963
수평배치 대비 증감액	365	325	313	228	197	0
수평배치 대비 증감율	18.6%	16.6%	15.9%	11.6%	10.0%	-

자료 : 부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료.

## 5. 기타 검토사항

### 1) 자동화 컨테이너터미널의 생산성 문제

컨테이너터미널의 생산성은 터미널 운영자에게는 경쟁력을 가늠하는 척도이고 고객인 선사에게는 기항터미널 결정의 핵심적인 요소이다. 따라서 컨테이너터미널의 생산성이 낮으면 장비와 투자비용을 증가시킬 뿐 아니라 인건비 및 운영비용이 높아지며 선박의 재항시간을 증가시킴으로써 컨테이너터미널의 경쟁력을 저하시킨다. 반대로 컨테이너터미널의 생

산성이 높게 되면 인건비 및 운영비용을 절감하고 선박의 접안시간을 단축시킴으로써 선사의 비용절감에 기여하여 선사의 기항터미널 결정시 유리한 조건으로 활용할 수 있다.

그러나 현재까지 알려진 결과에 의하면 자동화 컨테이너터미널의 생산성은 재래식 컨테이너터미널에 비해 비슷하거나 다소 낮은 경향을 보이는 것으로 분석되었다. 실제로 네덜란드 로테르담항의 ECT Delta Terminal의 경우 야드블록당 1기의 야드장비와 이송장비인 AGV의 저속 운영으로 인해 터미널 운영에 어려움을 겪고 있는 것으로 알려져 있다. 독일 함부르크항 CTA Terminal의 경우에는 생산성이 다소 높은 것으로 분석되었으며, 머스크의 분석에 따르면 대형선의 경우 시간당 약 30moves 정도이고 소형선은 그보다 다소 낮은 것으로 보고되었다. 그러나 생산성에 관한 지속적인 논란에도 불구하고 유럽의 주요 컨테이너항만은 Euromax Terminal, Antwerp Gateway Ph II, Burchardchai(Hamburg) 등 계속해서 자동화 컨테이너터미널을 계획 및 개발하고 있음을 주지할 필요가 있다.

반면 컨테이너터미널을 이용하는 선사의 입장에서는 자동화 컨테이너터미널의 운영에 관하여 매우 높은 관심을 갖고 있으며, 특히 자동화 시스템의 불안정한 운영으로 자동화 컨테이너터미널의 운영초기에 발생할 수 있는 문제점에 관해 깊은 우려를 가지고 있음을 상기해야 한다.

## 2) 향후 인건비 상승에 대한 예상

컨테이너터미널의 자동화는 인건비 상승의 압박으로부터 어느 정도 영향을 줄일 수 있음으로써 자동화의 경쟁력이 높아질 수 있다. 최근 2년간 컨테이너터미널 종사자의 인건비는 약 6~7% 수준으로 인건비 상승률이 물가상승률을 상회함으로써 컨테이너터미널의 경영상 문제가 발생하는 주요 원인으로 분석되었다. 따라서 임금상승률이 증가할수록 컨테이너터미널 자동화의 매력은 더욱 높아지는 것으로 분석되었다.

## 6. 자동화 컨테이너터미널 도입계획의 결론 및 권고사항

재래식 컨테이너터미널 운영방식과 유사한 수평배치 장치장 구조의 운영방식과 자동화 컨테이너터미널 운영방식으로 분류되는 수직배치 장치장 구조의 운영방식은 종합적인 결과 면에서 비슷한 결론을 도출할 것으로 예상되었다. 즉 수평배치 장치장 구조의 운영방식은 기술 및 운영측면에서 위험부담이 적으며 초기투자비용이 낮다는 점에서 경쟁력이 있는 것으로 나타났다. 반면 수직배치 장치장 구조의 운영방식은 컨테이너터미널 자동화로 인한 보다 큰 장기적이고 잠재적인 이점이 있고 향후 인건비 상승에 대한 압박으로부터 컨테이너터미널 운영상의 어려움을 예방할 수 있다는 점에서 경쟁력이 있는 것으로 분석되었다.

### 제3절 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획에 따른 기대효과

#### 1. 안정적인 항만서비스 제공으로 컨테이너터미널 경쟁력 향상

컨테이너터미널 운영의 자동화시스템이 안정적으로 정착하게 되면 우선 인적요인의 변수에 의한 컨테이너터미널 운영의 차질이 발생하는 비중이 현저히 낮아짐으로써 안정적인 항만서비스를 제공할 수 있게 된다. 따라서 컨테이너터미널의 고객인 선사에게 서비스의 수준에 대한 확고한 신뢰를 줄 수 있고, 대외적인 이미지를 제고함으로써 항만간 또는 컨테이너터미널간 경쟁에 있어 우위를 점할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 2. 년 간 처리능력 증가로 수익성 제고

앞에서 살펴본 바와 같이 동일한 면적하에서 재래식 컨테이너터미널

운영방식과 유사한 수평배치 장치장 구조와 자동화 컨테이너터미널 운영 방식으로 분류되는 수직배치 장치장 구조의 전체 장치능력 및 년 간 처리능력을 비교한 결과 수평배치 구조의 년 간 처리능력에 비해 수직배치 구조의 년 간 처리능력은 야드장비 형태별로 다소 차이가 있긴 하지만 최저 5.1%에서 최고 7.4% 가량 처리능력이 증가하는 것으로 분석되었다. 따라서 동일면적에서의 처리능력 증가는 같은 조건하에서 컨테이너터미널의 수익 증가로 이어질 수 있으므로 재래식 운영방식에 비해 수익성이 높아질 수 있는 점 또한 기대되는 효과중의 하나이다.

### 3. 인건비 상승에 대한 압박요인 완화로 안정적인 터미널운영 가능

기타 검토사항의 분석에 의하면 최근 2년간 컨테이너터미널 종사자의 인건비는 약 6~7% 수준으로 인건비 상승률이 물가상승률을 상회함으로써 컨테이너터미널의 경영상 문제가 발생하는 주요 원인으로 분석되었다. 따라서 임금상승률이 증가할수록 컨테이너터미널 자동화의 매력은 더욱 높아지게 되며 장기적으로 인건비 상승에 대한 압박위험이 낮아짐으로써 컨테이너터미널 운영의 안정을 기할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 년 간 인건비 지출액을 비교한 결과 자동화 컨테이너터미널 운영방식의 년 간 인건비는 재래식 컨테이너터미널 운영방식에 비해 약49~76% 수준인 것으로 분석되어 터미널 운영비용중 인건비의 비중을 현저히 낮춤으로써 터미널 운영의 안정화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

### 4. 자동화 컨테이너터미널에 대한 신기술 확보로 기술우위 선점

유럽항만의 경우 약 20여년 전부터 이미 자동화 컨테이너터미널에 대한 기술개발을 시작하여 현재에도 지속적으로 신기술 개발에 많은 비용과 노력을 투자하고 있는 반면, 국내항만에는 현재까지 완전 자동화된 컨테이너터미널의 운영이 적용된 사례가 없을 뿐만 아니라 자동화 컨테

이 터미널 운영에 필요한 제반 장비 및 기술도 광양항 3단계(2차) 자동화 컨테이너터미널 도입을 위한 장비 및 기술연구에 국한되어 기술적인 검증이 매우 취약한 상태이다. 따라서 부산 신항 2-3단계 구간의 자동화 컨테이너터미널 운영이 안정적으로 정착하게 되면 자동화 컨테이너터미널 운영에 대한 신기술의 검증을 통한 기술적 우위를 선점할 수 있음으로써 향후 자동화 컨테이너터미널 도입 증가에 따른 기술 및 노하우의 상품화를 통한 부수적인 효과도 기대할 수 있다.

#### 5. 자동화 컨테이너터미널 운영에 대한 노하우 축적으로 경쟁력 확보

자동화 컨테이너터미널의 운영이 안정적으로 정착하게 되면 앞서 언급한 기술적인 부문에서의 선점효과 뿐만 아니라 자동화 컨테이너터미널의 운영에 대한 제반 노하우를 축적할 수 있음으로써 향후 국내 외 항만의 자동화 컨테이너터미널 도입확산 추세에 따른 항만간 경쟁에 있어 경쟁력의 우위를 확보할 수 있을 것으로 또한 기대된다.

#### 6. 장기적이고 안정적인 컨테이너터미널 수익성 확보

<표 IV-7>의 결과와 같이 터미널 운영개시 후 10년이 지난 시점인 2021년을 기준으로 년 간 수익금액 측면에서 자동화 운영방식은 재래식 운영방식에 비해 약 10%~19% 가량 수익이 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 컨테이너터미널 운영자의 입장에서는 장기적이고 안정적인 수익성을 확보할 수 있음으로써 자동화 컨테이너터미널 운영에 대한 매력도가 높아지는 효과가 있음을 반영하는 것이다.

## 제4절 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획 에 따른 예상 문제점

### 1. 자동화 컨테이너터미널 운영에 대한 불확실성

완전 자동화 컨테이너터미널의 운영은 유럽항만의 경우 10여년 이상의 기간을 통해 많은 시행착오를 거치면서 어느 정도 안정화 단계에 접어들었지만, 국내 항만의 경우에는 현재까지 터미널 전체의 운영을 완전 자동화로 도입하여 운영한 사례가 없기 때문에 자동화 컨테이너터미널의 안정적인 운영에 대한 확신이 부족한 상황이다. 따라서 터미널 운영개시 후 초기에 일정기간동안 시행착오가 불가피할 것으로 예상되며, 상황에 따라서는 정상적인 터미널 운영의 정착이 장기간 지연될 가능성도 적지 않다. 이에 따른 터미널 운영의 혼선과 이용자인 선사와 화주의 불만 등으로 인해 터미널간 경쟁이 매우 치열한 상황하에서 자동화 컨테이너터미널에 대한 치명적인 이미지 손상 및 고객이탈의 우려 또한 매우 높은 상황이다. 부산 신항에 운영 중 또는 운영예정인 타 컨테이너터미널의 경우 자동화 운영방식이 아닌 기존의 재래식 운영방식을 적용함으로써 불확실한 신기술을 통한 획기적인 변화 보다는 기존 운영방식의 개선을 통한 안정적인 터미널 운영이 경쟁력이 있다고 판단한 사실을 미루어 볼 때, 자동화 컨테이너터미널의 안정적인 운영에 대한 명확한 입증이 매우 필요한 상황이다.

또한 자동화 컨테이너터미널 개발전략에 관한 연구<sup>5)</sup>에 따르면 국내항만의 경우 자동화 컨테이너터미널의 운영에 필요한 충분한 기술축적이 없기 때문에 자동화 컨테이너터미널 도입 시 점진적 접근방법을 사용할 것을 권고한 바 있다. 그러나 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널의 경우 설계 및 건설 단계에서부터 완전자동화 컨테이너터미널로 설계

5) 최형립 등(2005), 자동화 컨테이너터미널 개발전략에 관한 연구 : 외국의 사례를 중심으로, 「해운물류연구」, 제47호, pp.59~78.

하여 자동화 운영방식의 안정성에 대한 검증단계를 거치지 않은 상황이므로 보다 치밀한 준비와 사전 검증이 필요하다 하겠다.

## 2. 초기 자동화 운영시스템 정착에 필요한 시행착오

앞서 살펴본 바와 같이, 자동화 컨테이너터미널의 안정적인 운영이 불확실한 상황하에서 터미널 운영개시 후 초기에는 예기치 못한 여러 가지 문제점 등으로 인해 자동화 운영시스템의 정착에 필요한 시행착오가 불가피할 것으로 예상됨에 따라 그로 인한 이용선사 및 화주의 불편과 불만을 초래할 가능성이 매우 높을 것으로 예상된다. 따라서 운영초기에 발생이 예상되는 제반 문제점들에 대하여 철저한 준비와 해결책 강구를 통해 시행착오의 범위 및 기간을 최소화 하기위한 철저한 대책이 마련되어야 하겠다.

## 3. 생산성에 관한 획기적인 향상의 제약

부산항 신항 컨테이너터미널(주)의 자동화 컨테이너터미널 도입계획에서도 언급된 바 있듯이, 컨테이너터미널의 생산성은 터미널 운영자에게는 경쟁력을 가늠하는 척도이고 고객인 선사에게는 기항터미널 결정의 핵심적인 요소이다. 그러나 현재까지 알려진 결과에 의하면 자동화 컨테이너터미널의 생산성은 재래식 컨테이너터미널에 비해 비슷하거나 다소 낮은 경향을 보이는 것으로 분석되었다. 실제로 네덜란드 로테르담항의 ECT Delta Terminal의 경우 야드블록당 1기의 야드장비와 이송장비인 AGV의 저속운영으로 인해 터미널 운영에 어려움을 겪고 있으며, 독일 함부르크항 CTA Terminal의 경우에는 생산성이 다소 높은 것으로 분석되기는 하였으나 재래식 컨테이너터미널에 비해 획기적인 생산성의 향상은 보이지 않았다. 자동화 컨테이너터미널의 생산성에 관한 선행연구에 따르면 자동화 컨테이너터미널의 작업시간당 생산성은 30 lifts/hr로 재

래식의 22.4 lifts/hr에 비해 약 34% 향상된 것으로 나타났으나, 해당 연구가 시행된 2000년도에 비해 현재의 재래식 컨테이너터미널의 제반여건 및 생산성에 관한 결과 등을 고려할 때 재래식 컨테이너터미널의 작업시간당 생산성 또한 30 lifts/hr를 상회하는 점을 감안하면 자동화 컨테이너터미널이 재래식 컨테이너터미널에 비해 생산성 면에서 획기적인 발전을 기대하기는 어려울 것으로 예상된다. 자동화 컨테이너터미널 운영방식의 도입이 터미널 운영자 측면에서는 인건비 절감을 통한 장기적인 터미널 운영의 안정화를 기할 수 있다는 장점이 있지만, 컨테이너터미널 이용자인 선사 입장에서는 생산성의 획기적인 향상이 기항터미널을 결정하는 최우선 요인임을 감안하면 자동화 컨테이너터미널의 생산성에 있어 획기적인 향상이 없는 한 컨테이너터미널의 경쟁력 또한 절대적인 우위를 점하기는 어렵다 하겠다.

#### 4. 초기 투자비용 과다로 인한 재원확보 문제

부산항 신항 컨테이너터미널(주)의 자동화 컨테이너터미널 도입계획의 분석결과에 의하면 장비 도입비용 측면에서 자동화 운영방식은 재래식 운영방식에 비해 약 1000억 원 이상 높을 것으로 예상되었다. 이는 재래식 운영방식의 장비도입비용에 비해 약 60% 이상 높은 것으로 터미널 운영자의 입장에서는 재래식 컨테이너터미널 운영방식에 비해 초기 투자비용의 과다로 인한 재원확보 문제가 자동화 컨테이너터미널 도입의 걸림돌이 될 가능성이 있다. 더구나 국내의 주요 컨테이너터미널 운영업체의 경우 다국적 컨테이너터미널 운영업체인 GTO(Global Terminal Operator)와 달리 재정여건이 상대적으로 열악한 상황에서 초기 투자비용이 과다하게 요구되는 자동화 컨테이너터미널의 도입 및 운영을 결정하기가 쉽지 않은 상황이며, 따라서 운영사의 과감한 투자를 통한 획기적인 기술 및 운영방식의 발전을 기대하기 어려운 상황이다. 또한 향후 국내항만, 특히 부산항의 현저한 물량증가가 불확실한 현실과 북항 및 신항

등 컨테이너터미널간 치열한 경쟁이 예상되는 점을 감안하면 장기적인 물량확보 및 안정적인 수익창출이 불확실한 상황에서 초기비용의 과도한 투자로 인한 재정적 곤란을 초래하는 자동화 컨테이너터미널의 도입을 결정할 결정적인 매력은 없다 하겠다.

## 5. 국내항만의 제반여건에 따른 자동화 컨테이너터미널의 효율성 의문

완전 자동화 컨테이너터미널의 운영이 안정단계로 접어드는 ECT등 유럽항만의 여건과 달리 부산항을 포함한 국내항만의 여건은 여러 가지 면에서 큰 차이를 보인다. 우선 유럽항만의 경우 과도한 인건비 상승압박으로 인해 자동화 운영방식의 도입이 가장 효율적인 대안으로 판단되었으나, 국내 항만의 경우 터미널 운영비용중 인건비의 비중이 유럽항만에 비해 상대적으로 낮은 상황으로 인건비로 인한 터미널 운영에 치명적인 지장을 초래할 정도는 아닌 것으로 분석되었다.

그리고 컨테이너터미널의 처리물량 측면에서 살펴보면, 연간 처리능력 및 장치능력 대비 실제 요구되는 처리물량이 국내항만의 경우 현저하게 높은 관계로 그에 따른 선석점유율(선박 총 접안시간 ÷ 접안 가능시간) 및 평균장치률(장치량÷장치능력) 또한 높은 수치를 기록하고 있다. 실제로 2007년도 부산항 각 컨테이너터미널의 경우 선석점유율은 60~79%, 평균장치률은 약 70% 수준을 유지한 것으로 나타났다. 이는 국내항만의 컨테이너터미널은 실제 운영여건이 이론상의 처리능력을 초과할 만큼 매우 혼잡한 상황임을 반증하는 것이다. 따라서 실제 컨테이너터미널 운영에 있어 혼잡상황에 따른 변칙적인 운영이 요구되는 상황이 빈번히 발생하는 여건하에서 이송장비 및 야드장비가 무인으로 운영시스템의 판단범위 내에서만 움직이는 자동화 운영방식이 이러한 혼잡상황에 적절하게 대응할 수 있을지에 대한 의문이 제기된다. 따라서 유럽항만과는 다른 국내항만의 여건을 감안하여 상황에 따른 적절한 대응이 가능한 운영방식의 준비

가 필요하다 하겠다.

## 6. 자동화 컨테이너터미널 운영시스템 및 정보기술의 검증 미비

자동화 컨테이너터미널 운영방식의 핵심은 무인자동화로 운영되는 이송장비 및 야드장비 등 장비의 기술적인 실현과 함께 제반 작업지시 및 장비배치 등 컨테이너터미널의 전체 운영을 통합적으로 판단 및 관리하는 운영시스템의 구축이 필수요소이다. 자동화 장비에 대한 기술적인 검증 및 적용은 어느 정도 이루어졌으나, 자동화 운영시스템의 경우 국내항만에 완전 자동화 컨테이너터미널을 도입하여 운영한 경험이 없고, ECT등 자동화 컨테이너터미널을 운영하고 있는 유럽항만의 경우 자체적인 기술개발과 연구를 통해 구축한 자동화 컨테이너터미널 운영시스템에 대한 기술과 노하우에 대해서는 외부로의 유출을 엄격히 제한하는 상황이어서 자동화 운영시스템 및 정보기술의 구축이 매우 어려운 상황이다. 또한 지금까지 구축된 자동화 운영시스템을 실제 자동화 운영에 적용한 사례가 없어 기술적인 검증이 미비한 상태이므로 자동화 운영방식의 안정적인 정착이 매우 불확실한 상황이다. 따라서 자동화 장비에 대한 기술적인 검증뿐만 아니라 자동화 운영시스템의 구축 및 적용에 필요한 철저한 사전 검증이 절실히 요구된다 하겠다.

## 7. 운영방식에 관한 제한된 단순비교에 따른 효율성의 한계

부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획에서 비교·분석의 방법으로 사용된 7가지 운영방식의 상대비교는 제한된 가정하에서의 단순비교를 통한 수익성의 우위를 가리는 데에만 국한되어 컨테이너터미널 운영에 관한 전반적인 분석이 부족함으로써 자동화 컨테이너터미널 운영의 효율성에 관한 결과도출에 한계가 있다 하겠다.

## 8. 자동화 컨테이너터미널에 대한 최신키술의 적용 미비

부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획에서 분석대상으로 선정된 야드장비 및 이송장비의 운영방식은 유럽의 자동화 컨테이너터미널에서 이미 오래전부터 적용된 기술로써 획기적인 신기술의 도입을 기대하기 어려운 상황이며, 수년전부터 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있는 신기술 또는 친환경 자동화 컨테이너터미널 운영방식 등에 관한 고려가 제외됨으로써 기존의 자동화 컨테이너터미널과의 획기적인 차별화를 기하기는 어렵다 하겠다.

## 제5장 연구의 요약 및 시사점

### 제1절 연구의 요약 및 시사점

전 세계적인 컨테이너 물동량 증가 및 컨테이너 선박의 대형화 추세와 저비용, 고효율의 첨단기능을 보유한 항만건설이 요구되는 현재의 상황에서 자동화 컨테이너터미널의 도입 및 운영은 계속 확산될 것으로 예상된다. 이러한 세계적인 추세에 맞춰 국내 항만에도 자동화 컨테이너터미널의 도입 및 운영이 점차 늘어날 것으로 예상되며, 실제로 부산 신항 남측부두 2-3단계 구간에 부산항 최초의 완전 자동화 컨테이너터미널의 도입이 결정되어 현재 기반시설 공사 및 장비도입이 추진되고 있다. 그보다 앞서 광양항 3단계(2차) 구간에 자동화 컨테이너터미널의 도입이 계획 및 추진된 바 있으나 이는 민간기업의 필요에 의해서라기보다는 국가정책적인 차원에서의 장비 및 운영시스템에 대한 기술개발이 주된 목적이었으며 현재는 제반 여건의 변화 등으로 개발계획이 거의 중단된 상태에 있다.

본 연구에서는 부산항에 최초로 완전자동화 컨테이너터미널을 도입하기 위해 민간기업 차원에서 제반비용 및 수익성 등을 분석한 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널의 도입 및 운영계획을 터미널 운영자의 관점에서 뿐만 아니라 터미널 이용자의 관점 등 객관적인 측면에서 항목별로 자세하고 심도 있게 재분석함으로써 국내항만에의 자동화 컨테이너터미널 도입에 따른 기대효과와 문제점 등을 면밀히 파악하여 향후 국내항만의 자동화 컨테이너터미널 도입에 필요한 방향을 제시하고자 하였다.

분석결과 국내항만에의 자동화 컨테이너터미널 도입은 투자자 및 터미널 운영자의 관점에서는 인건비 절감 등을 통하여 투자비용 및 운영비용 대비 장기적인 차원에서 안정성 및 수익성이 있는 것으로 분석되었으나, 터미널 이용자의 관점에서는 생산성 향상의 제약 등으로 자동화 컨테이너터미널에 대한 큰 매력은 없는 것으로 나타났다. 또한 자동화 컨테이너터미널 운영시스템이 조기에 안정화 된다면 국내항만에는 신기술 선점 및

운영 노하우 축적 등의 부수적인 효과도 기대할 수 있으나, 국내항만에는 자동화 운영방식이 최초로 도입되는 관계로 안정적인 운영에 대한 불확실성, 운영초기의 시행착오 불가피, 초기투자비용의 과다, 국내항만 여건에의 효용성 의문, 그리고 운영시스템 및 정보기술의 검증미비 등 예상되는 문제점 또한 적지 않은 것으로 나타났다.

따라서 국내항만의 여건하에서 자동화 컨테이너터미널의 도입여부는 터미널 운영자의 입장뿐만 아니라 터미널 이용자의 관점에서 보다 신중하게 접근할 필요가 있으며, 자동화 운영방식의 도입을 결정한 이후에는 자동화 컨테이너터미널에 적용되는 기술 및 운영시스템에 대한 보다 철저한 검증 및 준비가 절실히 필요한 것으로 분석되었다. 자동화 컨테이너터미널에 대한 냉철한 분석과 철저한 준비만이 항만의 경쟁력 향상에 기여할 수 있을 것으로 확신한다.

## 제2절 연구의 한계 및 향후과제

본 연구에서는 민간기업의 자동화 컨테이너터미널 도입계획을 상세하게 분석하여 국내항만의 여건하에서 자동화 컨테이너터미널 도입의 효용성 및 방향을 제시하려 하였다. 그러나 본 연구의 대상인 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획은 민간기업의 수익창출 분석이 주된 목적으로 투자자 및 터미널 운영자의 관점에서 비용적인 측면에서만 분석된 한계를 가지고 있다. 기반시설 공사비용과 운영비용 및 인건비등 비용적인 측면의 비교를 통한 수익 창출 여부에만 초점이 맞춰지는 관계로 터미널 이용자의 관점에서 가장 중요한 비교요소인 생산성에 대한 분석이 전혀 고려되지 않은 점이 가장 큰 맹점이라 하겠다. 또한 자동화 컨테이너터미널 도입계획에서 비교·분석의 방법으로 사용된 7가지 운영방식의 상대비교는 제한된 가정하에서의 단순비교를 통한 수익성의 우위를 가리는 데에만 국한되었으며 외국의 자동화 컨테이너터미널 운영사례 등을 통한 실질적인 결과와의 비교가 부족한 점 또한 아쉬운 항목 중의 하나이다.

따라서 본 연구에서 인용된 부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획의 결과만을 가지고 국내항만의 자동화 컨테이너터미널 도입의 효율성 및 방향을 제시하기에는 많은 부분에서 한계가 있음을 인식하며, 향후 보다 폭넓은 자료와 사례를 통하여 자동화 컨테이너터미널의 효율성에 대한 보다 실질적이고 합리적인 분석 및 연구가 이루어지길 기대하는 바이다.

## 참고 문헌

### 국내 문헌

- 강범구(2003), “부산 신항만 개발계획 및 투자계획”, 「해양한국」, pp. 82~92.
- 김범중(1997), “자동화 컨테이너터미널 운영 동향”, 「해운산업연구」, 제150호, pp. 38~50.
- 김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피 전략 개발,” 한국해양대학교 박사학위 논문.
- 김우선(2006), “항만하역시스템 시장 현황 및 시사점”, 「해양수산동향」, 제1228호, pp. 1~7.
- 김종렬(2001), “국내 자동화 컨테이너터미널의 개발 방향에 관한 연구,” 한국해양대학교 석사학위 논문.
- 박남규 · 최형림 · 이창섭(2004), “AHP기법을 활용한 자동화 컨테이너터미널 운영목표 설정에 관한 연구,” 「해운물류연구」, 제40호, pp. 113~129.
- 박정천(2000), “자동화 컨테이너터미널 개발”, 「나라경제」, 10월호, pp. 103~106.
- 박중배 · 이윤한 · 홍성대(2003), “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제5호, pp. 4~15.
- 송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 「대한토목학회지」, 제51권, 제9호, pp. 20~30.
- 송중현 · 유용원(2006), “광양항 개발계획 및 추진현황”, 「대한토목학회」, 제54권, 제9호, pp. 50~60.
- 양창호 등(2000), 「A Study on the System Design and Operations of Automated Containeer Terminal」, 한국 해양수산개발원.

- 양창호(1998), 「자동화 컨테이너터미널 개발사업 타당성 검토 용역 최종 보고서」, 한국 해양수산물개발원.
- 이형근(2001), “부산신항 컨테이너부두 개발방식의 방향전환 연구”, 「월간 해양수산」, 제202호, pp. 25~37.
- 최상희(1998), “외국 자동화 컨테이너터미널의 현황과 향후 전망”, 「해양수산 동향」, 제901호, pp. 228~236.
- 최용석(2004), “독일의 자동화 컨테이너터미널 CTA 1년 운영이 주는 경험과 교훈”, 「해양수산동향」, 제1147호, pp. 1~12.
- 최형립 등(2005), “자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구 : 외국 의 사례를 중심으로,” 「해운물류연구」, 제47호, pp. 59~78.

#### 사이트 및 내부 자료

부산항만공사(<http://www.pba.or.kr>)

한국해양수산물개발원 전자도서관(<http://library.kmi.re.kr>)

부산항 신항 컨테이너터미널(주) 내부자료

부산 신항 2-3단계 컨테이너터미널 운영관리 제안서 및 사업계획

Euromax Terminal 내부자료

Total Soft Bank 내부자료

## 외국 문헌

- Kuhl, M. E., N. M. Steiger, F. B. Armstrong and J. A. Joines(2005), "Comparison of Three Automated Stacking Alternatives by means of Simulation," *2005 Winter Simulation Conference*, pp. 1567~1576.
- Liu, C-I., H. Jula, P. A. Ioannou(2002), "Design, Simulation, and Evaluation of Automated Container Terminals", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 3, No. 1, pp. 12~26.
- Koch, T(2003), "Experience with Terminal Automation : The Container Terminal Altenwerder (CTA) Hamburg", *TOC2003 EUROPE*.
- Koch, T. and Soergel, J(2004), *The Container Terminal Altenwerder*, Ports and Harbors.

## 감사의 글

20대의 불타는 향학열에는 비할 바 아니지만 조금은 늦은 듯한 시기에 학문의 기회를 접하면서 약간은 설레었던 기억이 정말 옛그제의 일로 여겨지는데 어느덧 2년이란 시간이 훌쩍 지나고 이제 그리 길지 않은 여정에 마침표를 찍는다고 생각하니 또다시 설레는 마음입니다.

돌이켜보면, 2년간의 과정을 무사히 마쳤다는 자부심 보다는, 그리 길지 않은 시간동안 학문에 대한 열정과 노력이 많이 부족했었다는 아쉬움이 더욱 앞서는 마음은 인지상정이라고 스스로를 위로해 봅니다.

처음에 가졌던 욕심의 크기만큼 훌륭한 작품은 아니지만, 많은 분들의 크고 작은 정성과 도움이 있었기에 완성될 수 있었던 이 논문이 반듯한 책으로 만들어지기까지 너무나도 많은 분들의 관심과 격려가 있었습니다.

먼저, 논문의 주제조차 정하지 못한 상황에서 지도교수님까지 바뀌는 우여곡절 끝에 논문지도를 수락하시고, 언제나 따뜻한 격려와 깊이 있는 지도로 논문이 마무리 될 때까지 관심의 끈을 놓지 않으신 장명희교수님의 열정에 존경과 감사를 드립니다. 논문의 완성도를 높여주신 심사위원 김환성교수님과 유성진교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 불가피한 사정으로 끝까지 논문지도를 해 주시지는 못했지만 향만물류와 컨테이너터미널에 대한 해박한 지식과 풍부한 자료를 제공해주시고 논문작성의 토대를 마련해주신 문성혁 교수님께도 아울러 감사의 인사를 드립니다. 그 외에도 지난 2년동안 수업 및 여타의 기회를 통하여 깊이 있는 학문과 풍부한 경험을 전수해주신 향만물류학과 모든 교수님들께도 지면으로 인사를 대신합니다.

또한, 본연의 업무와 학업 중에도 시종일관 자신의 일처럼 불평한번 없이 논문작성에 결정적인 힘이 되어준 김철현군과 이재희군에게도 마음속 깊은 고마움의 인사를 전합니다.

그리고 각자의 분야에서 최고의 전문가이자 식지 않는 열정으로 학문

과 실무를 병행하시느라 불철주야 노력하시는 항만물류학과 최강 3기동기 여러분들에게도 감사와 격려의 인사를 함께 전합니다.

덧붙여, 본 논문 주제연구의 바탕이 된 부산신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입에 관한 소중한 자료를 제공해 주신 (주)케이씨티시 김민현 차장님과 정주형 대리님에게도 감사의 인사를 전합니다.

그리고, 지난 13년 동안 동고동락하며 많은 가르침과 배려를 아끼지 않으신 우암터미널(주) 이도희 상무님을 비롯한 많은 직장상사 및 동료들께도 이번 기회를 빌어서 감사의 인사를 올립니다.

마지막으로, 언제나 한결같은 사랑과 믿음으로 절친한 동반자이자 든든한 후원자가 되어주는 사랑하는 아내 정미화와 제 삶의 목표이자 희망인 예쁜 우리딸 박예진과 귀여운 아들 박강진에게도 저의 작은 마음의 선물을 주고자 합니다.

뒤늦게 시작한 학문이 작은 결실을 맺기까지 많은 도움을 주시고 변함없는 관심과 애정으로 보듬어주신 모든 분들에게 다시 한번 깊은 감사를 드립니다.

2008년 7월 3일