

장비제원에 따른 컨테이너 터미널 장치장 점유율 변화에 관한 연구

박정재* · 송용석** · 남기찬*** · 곽규석**** · 안기명*****

*,**한국해양대학교 대학원 · ***,****한국해양대학교 물류시스템공학과 교수 · *****한국해양대학교 해운경영학부 교수

A Study on Change the Container Terminal Yard Occupations by Handling System

Jeong-Jae, Park* · Yong-Seok, Song** · Ki-Chan, Nam*** · Kyu-Seok, Kwak**** · Ki-Myung, An*****

*,**Graduate school of Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

,*Professor, Department of Logistics, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 선박이 대형화되고 경제규모가 커지면서 선박의 화물운송 규모도 매우 커지고 있다. 이에 따라 컨테이너 터미널에서는 안벽하역 장비의 고속화, 대형화를 추진하고 있으며, 안벽의 고속 생산성은 한정된 규모의 장치장 점유율에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 OHBC, RMGC, RTTC 등의 장비제원과 배치에 따른 장치장 점유율을 산정한다.

핵심용어 : 초대형선, TGS, 장치장, 점유율, OHBC, 무료장치기간, 부산신항만

ABSTRACT : The scale of ship's cargo transport is getting larger, more economics of scale are gained. The speed is higher and the size of quay handling equipment in container terminal is larger. The productivity of the quay affects occupation for limited scale of yard. This paper aims to calculate the yard occupations by handling systems, such as OHBC, RMGC, RTTC, etc, and lay-out.

KEY WORDS : Mega Ship, TEU Ground Slot, Yard, Occupy rate, OHBC, Free Time, Pusan New Port

1. 서 론

세계 경제 불리의 형성에 따른 무역량의 증가와 컨테이너화의 진전은 지난 20년 동안 컨테이너 화물의 급속한 증가를 가져왔으며, 이러한 컨테이너 화물의 증가세는 향후 지속될 것으로 전망되고 있다.

컨테이너 물동량의 지속적인 증가는 해상운송에서 해운선사 및 선박의 변화와 화물을 원활히 처리할 수 있는 항만시설의 확장, 정비 및 관리운영의 효율화 등 다양한 전략의 전환을 요구하고 있다. 이러한 환경변화들은 국제물류환경에서 주도권을 선점하기 위한 각 국가와 터미널운영업체간의 경쟁을 가중시키고 있고, 특히 중심항의 위상을 선점하기 위한 컨테이너터미널간의 경쟁이 더욱 심화되고 있다. 이에 대한 대응방안으로 항만

의 시설 확장 및 화주에 대한 서비스 향상 등을 중점적으로 추진하고 있으며, 특히, 화물의 지속적 증가, 대형 선박의 등장, 선사간 인수·합병 및 전략적 제휴 등과 같은 일련의 현상들 속에서 우리나라는 동북아 물류 중심 국가로 자리매김해야 하는 중요한 시기에 있다.

본 연구의 목적은 초대형 컨테이너 선박의 출현에 따른 터미널 여건 변화 및 초대형 컨테이너 선박의 운항 전망을 바탕으로 12,000TEU급 이상 초대형 컨테이너 선박의 하역 작업을 포함하여 선박 운항과 선박 규모별 하역량에 대한 시나리오를 설정하여 야드 장비의 제원에 따른 장치장 점유율을 산정하는 데 있다.

2. 컨테이너 선박 대형화 및 해운환경 변화

급속한 세계 무역량의 증가와 화물의 컨테이너화에 의해 선사들은 선박의 수와 선박의 크기를 증가시키고 있는 추세에 있다. 정기 선사들의 선박 대형화 이유는 규모의 경제를 이용하여

** 대표저자: 송용석(정회원), soyoso@hhu.ac.kr, 051)410-4912

* maritime824@hanmail.net, 051)410-4912

*** 중신회원, namchan@hhu.ac.kr, 051)410-4336

**** 중신회원, kswak@hhu.ac.kr, 051)410-4332

***** 중신회원, kmahn@hhu.ac.kr, 051)410-4385

운송물량 단위당(TEU당) 비용을 절감하고 수익성을 제고하기 위한 것으로 주로 기간항로의 주력선대는 1980년대의 3,000~4,000TEU급에서 1990년대에 들어서는 5,000~6,000TEU급으로 대형화 되고 있다. 현재 운항하고 있는 대형선박은 OOCL사의 8,000TEU급 2척이 있다

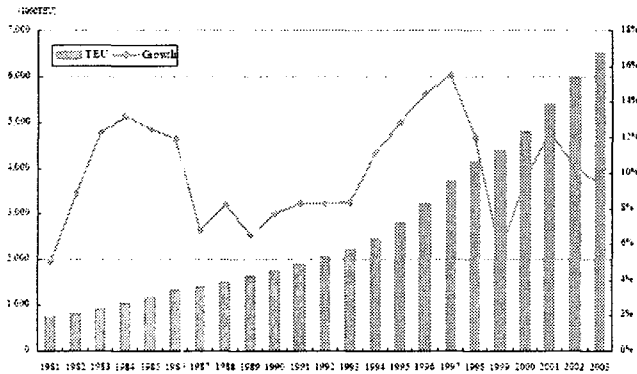


Fig.1 세계 컨테이너 선복과 증가율

컨테이너선의 대형화단계에서 현재 진행 중인 것으로 9,000TEU급 선박뿐 아니라 최대 18,000TEU급 선박까지 계획 중에 있다.(Table 1참조)

Table 1 대형 컨테이너선박의 제원 비교

선종	TEU	DWT(톤)	길이(m)	선폭(m)	흘수(m)
P&O Nodlloyd Southampton	6,674	87,900	300	42.8	14.0
Sovereign Maersk	6,600	98,000	347	42.8	14.5
Suez-Max Ship	11,989	157,935	400	50.0	17.0
15,000TEU Container Ship	15,000	220,000	400	66.0	15.0
Malacca-Max Container Ship	18,154	242,800	400	66.0	21.0

자료 : G. De Monic, Fermal Management, ITMMA(University of Antwerp)

Table 2 초대형 컨테이너선에 관한 이론적인 연구

분류	연구분야	연구자	연구 대상	초대형 선박에 대한 반응
선박 설계	엔진, 설계	Kraus(1998)	8000TEU	긍정
	엔진, 설계	Wijnolst(1999)	15000TEU	긍정
	엔진, 설계	Prayer(1999,2001)	8000TEU 이상	긍정
하역 시스템	Slip double roly	Jordan(1997)	660lifts/h	긍정
	High Quay	Mascini(1997)	320lifts/h	
	Slip	Ward(1998)	300lifts/h	
	Docking System	Rankine(1999)	?	
선박 운영	Mega Hub	Monic(1997)	15000TEU	긍정
	항만계약	McLellan(1997)	15000TEU	부정
	항만계약	Jeffery(1998)	Mega Ship	부정
	규모의 경제	Gullinane et al(1999)	8000TEU	긍정
	네트워크 효율성	Gilman(1999)	10000TEU	부정
	허브 스포크체계	Haralambides(2000)	Post-Panamax	부정

3. 장치장 점유율 분석

3.1 장치장 규모 산정시 시나리오

본 절에서는 장비의 제원에 따른 장치장 점유율을 산정한다. 장치장 점유율은 다음과 같은 단계로 산정할 수 있다.

1) 1단계

- ① 안벽 하역 물량을 수출입, 환적 물량으로 구분, Weekly Schedule Service로 가정
- ② 터미널 유입 - 수입, 타부두 환적(다른 터미널에서 반입) 터미널 유출 - 수출, 타부두 환적(다른 터미널로 반출)
- ③ 선박별 물량 가정, 1일당 입항 선박 수 가정
- ④ 1일당 반출입 물량 도출

2) 2단계

Free Time 설정 및 열, 적재 단수 설정

3) 3단계

1단계와 2단계를 기준으로 필요한 TGS 산정

위와 같은 단계를 거쳐 장치장 점유율을 산정하기 위하여 다음과 같은 시나리오를 가정하였다.

- ① 입항하는 대상선박은 초대형 선박과 5,000TEU급 선박
- ② 초대형선은 15,000 TEU급 선박을 기준으로 하며, 15,000 TEU 급 선박의 경우 2 Port Calling을 기준으로 1 Port당 15,000TEU를 양/적하
- ③ 현재 5,000TEU급 선박으로 수출입 : 환적 화물 비율은 약 60% : 40%이지만 현재 수출입화물량은 약간의 증가가 있다고 가정하고, 나머지는 환적화물이라고 가정하여 수출입 : 환적 비율은 25% : 75%을 적용
- ④ 15,000TEU급 선박은 서비스를 위해서 1주일에 한번씩 Calling하는 Weekly Service를 제공
- ⑤ 장치를 위한 공간 규모를 간략히 산정하기 위해 블록당 Bay 수 및 길이를 46Bay와 300m로 가정
- ⑥ 서비스 기간은 On-Dock Service 제공, Weekly Service를 하는 선박에 맞추어 Free Time은 7일
- ⑦ 장비는 RMGC, OHBC를 사용하며, 화물이 일시적으로 물리는 현상을 반영하기 위하여 Peak 계수는 1.3을 적용한다.

각 세부 요소별 기준은 Table 3과 같다.

Table 3 각 요소별 기준

구분		내용	비고	
15000 TEU급 양/적하량		적당 15,000TEU	수출입, 환적 포함	
5,000 TEU급 양/적하량		적당 3,500TEU	수출입, 환적 포함	
15,000 TEU급 서비스		Weekly Service	-	
수출입 및 환적 물량	15,000 TEU	수출입 : 환적 25% : 75%	자부두 : 타부두 50% : 50%	
	5,000 TEU	수출입 : 환적 60% : 40%	타부두 반입 : 반출 50% : 50%	
Free Time		7일	-	
장비	장비별 작업	RMGC	50m	9월, 4레인
		OHBC	38m	10월, 2레인
	소요 폭	OHBC	44m	12월, 2레인
		Bay 및 블럭당 길이	46bay, 약 300m	-
Peak 계수		1.3	-	
1일 장치장 목표 점유율		70%	현재 60% 수준이 적정	

그리고 게이트의 1일 반입 및 반출 비율은 현재 터미널의 모선당 컨테이너 평균 반입 비율을 적용하며, 단 반출 비율은 반입비율의 역순을 적용한다. 여기에서 컨테이너 터미널로 반입되는 컨테이너는 수출컨테이너, 타부두에서 반입되는 환적컨테이너 등이며, 반출 컨테이너는 수입컨테이너, 타부두로 반출되는 환적컨테이너 등이다.

Table 4 1일 컨테이너 반출입 비율

구분	반입 비율(%)	구분	반출 비율(%)
선박 입항 6일 전	5	선박 입항 1일 후	10
선박 입항 5일 전	5	선박 입항 2일 후	40
선박 입항 4일 전	10	선박 입항 3일 후	20
선박 입항 3일 전	10	선박 입항 4일 후	10
선박 입항 2일 전	20	선박 입항 5일 후	10
선박 입항 1일 전	40	선박 입항 6일 후	5
선박 입항 당일	10	선박 입항 7일 후	5

선박 입항 가상 시나리오는 초대형선박이 weekly service를 제공하기 위하여 입항하는 것을 기준으로 1일째에는 초대형선 1척과 대형선 4척, 2일부터 7일째까지는 대형선만 3척씩, 8일째에는 초대형선 1척과 대형선 4척이 입항하는 것으로 가정한다.

Table 5 선박 입항 가상 시나리오

입항	1일째	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일
입항 척수	초대형선 1척 대형선 4척	대형선 3척	대형선 3척	대형선 3척	대형선 3척	대형선 3척	대형선 3척	초대형선 1척 대형선 4척

이러한 시나리오를 바탕으로 적재 단수에 따라 필요한 TGS의 규모를 산정한 결과 초대형선 입항 당일 필요한 TCS 수는 2.5단을 적재할 때 25,004TGS, 3단일 때 20,836TGS가 필요하며 4단일 때는 15,627TGS, 5단일 때는 12,502TGS가 필요한 것으로 나타났다.

Table 6 시나리오별 필요한 TGS 규모

구분	2.5단	3단	3.5단	4단	4.5단	5단
입항 6일전	9,363	7,802	6,688	5,852	5,201	4,681
입항 5일전	11,915	9,929	8,511	7,447	6,619	5,957
입항 4일전	14,376	11,980	10,269	8,985	7,987	7,188
입항 3일전	16,541	13,784	11,815	10,338	9,189	8,270
입항 2일전	17,637	14,698	12,598	11,023	9,798	8,819
입항 1일전	19,834	16,528	14,167	12,396	11,019	9,917
입항 당일	25,004	20,836	17,860	15,627	13,891	12,502
입항후 1일	25,957	21,630	18,540	16,223	14,420	12,978
입항후 2일	19,790	16,491	14,136	12,369	10,994	9,895
입항후 3일	17,449	14,541	12,464	10,906	9,694	8,725

만약 피크율 130%를 반영하게 되면 필요한 TGS 규모는 TGS 수는 2.5단을 적재할 때 32,505TGS, 3단일 때 27,087TGS가 필요하며 4단일 때는 20,316TGS, 5단일 때는 16,252TGS가 필요한 것으로 나타났다.

Table 7 피크계수 1.3 반영시 시나리오별 필요한 TGS 규모

구분	2.5단	3단	3.5단	4단	4.5단	5단
입항 6일전	12,171	10,143	8,694	7,607	6,762	6,086
입항 5일전	15,489	12,908	11,064	9,681	8,605	7,745
입항 4일전	18,689	15,574	13,349	11,681	10,383	9,344
입항 3일전	21,508	17,919	15,359	13,439	11,946	10,751
입항 2일전	22,928	19,107	16,377	14,330	12,738	11,464
입항 1일전	25,784	21,486	18,417	16,115	14,324	12,892
입항 당일	32,505	27,087	23,218	20,316	18,058	16,252
입항후 1일	33,743	28,120	24,102	21,090	18,746	16,872
입항후 2일	25,727	21,439	18,376	16,079	14,293	12,863
입항후 3일	22,684	18,903	16,203	14,177	12,602	11,342

위와 같이 장치장에 2.5단 이상을 적재할 수 있는 장비는 RMGC, RTGC, S/C, OHBC, R/S, T/H 있으며, 이중 R/S와 T/H는 주로 공컨테이너를 취급할 때 사용되는 장비이고, S/C는 토지활용도가 매우 낮아 국내 주요 터미널들은 6열 RTGC를 많이 사용하고 있는 추세이다.

그리고 부산 신항만 1-1단계 운영사인 부산신항만주식회사는 야드 장비로 9열 RMGC를 계획하고 있다. 따라서 국내환경

을 반영할 때 Table 8의 적재 단수 중 3.5단 이상을 처리할 수 있는 장비는 RTGC, RMGC, OHBC 등이 있다.

Table 8 장치장 적재 단수에 따른 투입 가능 장비 대안

구분	장비 명
3.5단	RTGC, RMGC, OHBC
4단	RTGC, RMGC, OHBC
4.5단 이상	RMGC, OHBC

3.2. 장비 제원에 따른 TGS 확보

본 연구에서 장치장 점유율 산정의 기준이 되는 터미널로 부산 신항만의 서측 컨테이너 터미널을 대상으로 하였다. 이 터미널의 경우 개장 시기가 2011년으로 현재 부산신항 개발 계획 중 가장 늦게 개발되는 터미널로 초대형선을 위한 집안시설 건설 가능성이 있기 때문이다.

서측 컨테이너 터미널의 제원은 안벽 길이 1,750m, 터미널 폭 780m이다. 이 터미널에 대하여 안벽측의 크레인 작업을 위한 공간과 운영건물, 게이트 등 운영을 위한 공간을 제외한 나머지 공간에 대하여 수평배치와 수직배치 형태로 구분하여 장치장을 배치하였다. 수평배치(해측 안벽 기준)는 기본적으로 장치장 중심부에 도로가 있는 배치 형태를 기준으로 하였으며, 수직배치(해측 안벽 기준)는 장치장 중심부에 도로를 둔 배치 형태를 기준으로 하였다.

야드 장비는 9열 적재가 가능하고 야드 트랙터 이동을 위해 4레인을 갖춘 RMGC와 10열 적재가 가능하고, 야드 트랙터 이동을 위해 2개 레인을 두는 OHBC, 12열 적재가 가능하고 2개 레인을 두는 OHBC를 대상으로 하였으며, 각 장비의 제원은 각각 다르다고 가정한다. 그리고 수평배치인 12열 OHBC의 경우 터미널 중앙에 도로가 있는 경우와 없는 경우로 구분하여 보았다. 수직배치인 경우에는 유럽의 ECT 터미널과 같은 배치구조로 별도의 도로가 없다고 가정하였다. 또한 장치장 컨테이너 적재 블록 양쪽에는 30m의 차량 회전 반경 반영하였다.

Table 9 배치별 확인가능 TGS 대안

구분	적재 열, 확보 라인수	확보 블록수	블록당 Bay 수	확보 가능 TGS
수평배치시	9열, 4레인	50개	46bay	20,700
	10열, 2레인	70개	46bay	32,200
	12열, 2레인 (중앙도로 있음)	60개	46bay	33,120
	12열, 2레인 (중앙도로 없음)	65개	46bay	35,880
수직배치시	9열, 4레인	64개	30bay	17,200
	10열, 2레인	84개	30bay	25,200
	12열, 2레인	74개	30bay	26,640

그 결과 동일한 터미널 조건에서 장비의 제원에 따라 확보가 가능한 블록의 수와 TGS 수는 크게 차이가 남을 알 수 있었다.

특히 동일한 장비라고 할지라도 수평배치의 경우가 수직배치의 경우보다 약 20~34.7%의 TGS를 더 확보할 수 있는 것으로 나타났다. (Table 9 참조)

이는 수직배치 형태보다 수평배치의 형태가 토지활용도가 높다는 것을 의미한다.

장비 측면에서 볼 때는 중앙도로가 있는 평면배치일 때 12열 2레인의 OHBC가 9열 4레인 RMGC나 10열 2레인의 OHBC 보다 많은 TGS를 확보할 수 있는 것으로 분석되었다.

3.3. 장치장 점유율

터미널에서 선사에게 서비스 차원에서 무료 장치기간을 주고 있으며, 선사들은 이 무료장치기간내에 컨테이너를 게이트 밖으로 반출하거나, 선박에 선적하여야만 추가 비용 부담이 없다. 이러한 무료장치기간은 길면 길수록 선사와 화주에게는 추가 비용부담이 없기 때문에 이득이 되지만, 터미널 측면에서는 무료장치기간이 길수록 화주나 선사가 터미널에서 화물을 반출하거나 선적하는 기간이 길어지게 되어, 터미널 내 장치장에 장치되는 기간이 길어지게 되므로 그 만큼 장치장의 점유율은 높아지게 된다.

그리고 부산 북항의 경우 무료장치기간을 수입 4일, 수출 3일 등 짧게 서비스하고 있는데, 이는 터미널 내 장치장 부지가 부족한 점을 보완하기 위한 한 방편으로 볼 수 있다. 이러한 경우 선사나 화주들은 수입화물에 대해서는 이 무료장치기간내에 화물을 반출하여 인근에 있는 ODCY에 보관하며, 수출화물에 대해서는 인근 ODCY에 보관 후 선적일자에 맞추어 터미널에 반입하고 있다.

결국 화주나 선사는 ODCY 보관료와 터미널과 ODCY간 셔틀운송료 등 추가 비용이 발생하게 된다. 이와 같이 짧은 기간 내 반·출입되는 컨테이너와 관련된 요금 체계를 Off-Dock 요금이라고 한다.

그러나 신선대 터미널, HBCT 터미널 등 비교적 터미널 내 장치장 부지가 넓은 터미널들은 장치기간을 7일에서 10일 정도의 기간으로 늘리고 있는데, 이는 선사나 화주가 터미널 밖 ODCY를 활용하는 것보다 터미널 내 장치장을 이용하도록 유도하는 것이다. 이렇게 터미널 내에서 컨테이너의 하역 및 처리와 관련된 일련의 모든 행위를 하는 것과 관련된 요금 체계를 On-Dock 요금 체계라고 한다. 물론 On-Dock 요금은 앞서 언급된 Off-Dock 요금보다는 약 2배 정도 비싸다.

Off-Dock 서비스는 터미널 인근에 ODCY가 존재해야만 하는데 부산신항과 같은 위치에 있는 터미널을 이용하는 선사들은 Off-Dock 서비스를 이용하는 힘들며, 터미널 내 장치장을 이용하는 On-Dock 서비스만을 이용해야 한다.

따라서 이러한 현상을 반영하기 위하여 본 연구의 대상터미널의 무료장치기간을 각각 7일과 10일로 설정하여 장치장 점유율을 분석하였다.

서비스기간 및 장치열수, 라인수별로 장치장 점유율을 분석한 결과 서비스 기간을 7일로 설정할 때 9열 RMGC는 82%~163%로 매우 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 10열 OHBC를

사용할 경우 장치장 점유율은 52%에서 105%로 나타나며, 12월 OHBC를 사용할 경우 장치장 점유율은 51%에서 102%이다.

그리고 서비스 기간을 10일로 설정할 경우 9월 RMGC는 116%~233%로 매우 높으며, 10월 OHBC를 사용할 경우 장치장 점유율은 75%에서 150%, 12월 OHBC를 사용할 경우에는 73%~146%로 나타났다.

Table 10 서비스기간 및 장치열수, 라인수별 장치장 점유율
(단위 : %, 단 × 100)

구분	서비스 기간	열수, 라인수	25단	3단	35단	4단	45단	5단
피크율 반영시 (1.30%)	7일	9월, 4라인	1.63	1.36	1.16	1.02	0.91	0.82
		10월, 2라인	1.05	0.87	0.75	0.65	0.58	0.52
		12월, 2라인 (중앙도로있음)	1.02	0.85	0.73	0.64	0.57	0.51
		12월, 2라인 (중앙도로없음)	0.94	0.78	0.67	0.59	0.52	0.47
	10일	9월, 4라인	2.33	1.94	1.66	1.46	1.29	1.16
		10월, 2라인	1.50	1.25	1.07	0.94	0.83	0.75
		12월, 2라인 (중앙도로있음)	1.46	1.21	1.04	0.91	0.81	0.73
		12월, 2라인 (중앙도로없음)	1.34	1.12	0.96	0.84	0.75	0.67

서비스 기간을 10일로 설정하는 것은 서비스기간을 7일로 설정하는 것에 비하여 장치장 활용도, 즉 컨테이너 처리능력이 70%로 떨어지는 것을 의미한다.

본 연구 결과로 볼 때 사용되는 장비의 제원에 따라 다를 수는 있으나, 부산 신항만에 도입되는 RMGC보다는 OHBC를 사용하는 것이 토지 활용도를 높이고, 장치장 처리능력을 향상시킬 수 있는 방안으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 부산신항의 서측 컨테이너 터미널을 대상으로 장치장 점유율을 산정하였다. 장치장 점유율 산정에는 대형선 운항 시나리오와 양·적하 개수 및 비율, 게이트 반·출입 비율 등이 이용되었으며, 장비로는 9월 RMGC, 10월 OHBC, 12월 OHBC를 이용하였으며, 서비스 기간은 각각 7일과 10일로 설정하였다.

이러한 시나리오와 각 변수들의 값을 활용하여 장치장 점유율을 산정할 결과 전반적으로 OHBC가 RMGC보다 토지 이용 효율이 높은 것으로 분석되었다.

이러한 결과를 바탕으로 볼 때 국내 터미널에도 OHBC와 같이 토지 이용 효율을 최대한 높일 수 있는 야드 장비가 적극 도입되어야 할 것이다. 또한 무료장치기간과 같은 서비스 기간은 터미널의 처리능력을 좌우하는 중요한 요인이 되기 때문에 매우 신중하게 결정되어야 한다.

참고 문헌

- [1] 권능중(2000), "컨테이너터미널 개선전략에 관한 실증연구", 한국해양대학교 해사산업대학원.
- [2] 권해경(2002), "자동화 컨테이너터미널에서 운송장비의 효율적인 운영방안", 동아대학교 대학원.
- [3] 김우선(2003), "컨테이너터미널의 이송장비 유형과 블록배치형태 분석", 해양수산.
- [4] 김창곤(2001), "수리모형을 이용한 컨테이너터미널 장치장 재고수준 분석", 한국해양수산개발원.
- [5] 남기찬 외(1999), "컨테이너 터미널 중장기계획 수립을 위한 시뮬레이션 모형 개발 : 안벽과 장치장 중심", 대한교통학회지.
- [6] 배종욱(2001), "컨테이너터미널의 야드 재고량 분석에 대한 연구", 해양정책연구.
- [7] 왕승진(2002), "자동화 컨테이너 터미널에서의 장치장 운영 시뮬레이션 연구", 대한산업공학학회지.
- [8] 유명석(2000), "컨테이너터미널의 적정 운영규모 산정", 한국해양대학교 대학원.
- [9] 이상훈(2002), "ATC 작업 효율화를 위한 자동화 컨테이너 터미널의 장치장 할당 모형", 한국해양대학교 대학원.