

광양항 컨테이너터미널의 장비 작업계획 우선순위 분석

윤동하* · 최용석**

A Priority Analysis of Equipment Operation Plan for Container Terminal in Gwangyang Port

Dongha Yeun · Yongseok Choi

Abstract : This paper is concerned about applying the AHP(Analytic Hierarchy Process) for a priority analysis of equipment operation plan to improve productivity of the container terminal in Gwangyang port. In this study, main elements of container terminal are assumed as into yard equipment area, transport equipment area, berth equipment area and C/Center area. A questionnaire is used to collect the opinions of equipment operating department and operational planning department. On the whole, the result of the analyses reveals that the most important area is yard equipment area. Examining each department is responses, equipment operating department preferred the C/Center area to other areas, on the other hand, operational planning department preferred yard equipment area. The result of this study suggests some guidelines for deciding priority of operation plan in the container terminal.

Key Words : AHP, Priority Analysis, Equipment Operation Plan, Container Terminal, Gwangyang Port

▷ 논문접수: 2011.01.31 ▷ 심사완료: 2011.03.10 ▷ 게재확정: 2011.03.24

* 순천대학교 물류학과 박사과정, yupk1031@yahoo.co.kr, 061)798-1865, 대표집필

** 순천대학교 물류학과 부교수, drasto@sunchon.ac.kr 061)750-5115, 교신저자

I. 서론

국가 간의 교역량 증가에 따라 해운산업은 급속하게 성장하고 있으며, 컨테이너 물동량도 향후 10년 동안 5~6%씩 증가될 것으로 예측되고 있다. 특히 경제성장이 급속하게 진행되는 동북아 지역은 향후 전 세계 교역량의 32% 이상을 차지할 것으로 전망되고 있다(최 등, 2009). 최근 컨테이너선이 대형화, 고속화 되어감에 따라 선사를 유치하기 위한 항만간의 경쟁도 보다 치열해 지고 있다. 지리적 입지, 대형선박 수용능력, 항만 인프라 등을 갖추면서 동시에 양질의 서비스를 제공하는 항만만이 중심항만의 경쟁에서 살아남을 수 있을 것이다(원 등, 2008). 컨테이너터미널의 서비스는 가장 중요한 고객인 선사를 중심으로 하는 서비스가 대부분을 차지하여 왔으나 최근에는 컨테이너터미널과 관련된 다양한 고객인 검역업체, 운송사, 화주 등에게 다양한 서비스 제공에도 많은 노력을 해야 하는 상황에 직면하고 있다.¹⁾

이러한 환경변화에도 기존의 컨테이너터미널들은 여전히 안벽크레인 또는 개별 장비 중심의 생산성 관리에 중점을 두고 있다. 컨테이너터미널의 생산성은 안벽시스템, 이송시스템, 적재시스템에 사용되는 C/C(Container Crane), YT(Yard Tractor), TC(Transfer Crane) 등의 하역장비 생산성에 의해 직접적으로 영향을 받으므로 이들 장비 각각을 어떠한 조합으로 보충을 하여야 하역시스템이 전체 컨테이너터미널의 생산성을 효율적으로 향상시키는지에 대한 진단과 분석방법이 필요하다.²⁾

본 연구는 컨테이너터미널의 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위를 분석하기 위하여 첫째, 각 하역장비 부분과 컨트롤 센터의 애로 공정 및 개선 사항을 분류, 선정하였으며, 둘째, 여러 기준 하에서 의사결정을 하여야 하므로 다기준의사결정법으로 많이 사용되고 있는 AHP(Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP라 칭함) 분석기법을 이용하여 컨테이너터미널 분야에 종사하고 있는 현장 전문가 및 실무자들의 의견을 종합하여 분석하고 이를 통하여 컨테이너터미널 작업조건의 애로 공정 및 개선 사항의 우선순위를 분석하였다.

본 연구에서는 기존의 컨테이너터미널에서 생산성 향상을 위해 고려하는 추가적인 장비 구입 또는 새로운 운영시스템으로의 전환과 같은 투자위주의 전략보다는 현재의 시스템 및 작업 조건 하에서 터미널 구성원들이 중점을 두고 있는 장비 영역별 생산성 영향 요인들을 조사하고 이러한 요인들의 작업계획 우선순위를 분석하여 생산성 향상

-
- 1) 유동호, “컨테이너터미널 작업의 인과관계를 고려한 생산성 측정모델 개발”, 동아대학교 박사학위 논문, 2007.
 - 2) 양창호, 최용석, 최상희, 최종희, “결합생산성 분석방법을 통한 항만시스템 취급능력 향상방안”, 한국해양수산개발원, 2004.

을 위한 목표를 설정하고자 하는데 의의가 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 컨테이너터미널 생산성에 관한 선행 연구를 살펴보았으며, 제3장에서는 분석 대상인 광양항 컨테이너터미널의 현황분석을 통하여 개발현황과 운영현황을 살펴보았다. 제4장에서는 현재 광양항 컨테이너터미널에서 이루어지고 있는 하역작업의 과정 및 상호작용에 대하여 작업조건을 분석하였다. 제5장에서는 AHP기법을 이용하여 장비 작업계획의 우선순위를 분석하였으며, 제6장에서는 결론과 연구의 한계점 및 향후 추가적 고려사항을 제시하였다.

II. 선행 연구

생산성은 일반적으로 투입자원에 대한 산출량을 의미하는 것으로 모든 기업과 조직에 있어 생산 활동이 건설하게 진행되고 있는지에 대한 척도라고 할 수 있다. 생산성의 측정을 통해 조직의 생산 활동 측정, 현황과약, 개선방향의 제시, 지속적인 모니터링 및 피드백을 가능하게 할 수 있다. 생산성 관련 선행 연구에서 컨테이너터미널의 생산성의 개념을 살펴보면 “각 컨테이너터미널의 주어진 주변여건 및 운영원칙에 따른 연간 최대처리 가능물동량”³⁾ 또는 “노동, 장비 및 토지의 효율적인 이용 정도를 말하는데 이 세 가지 요소의 이용 정도를 계량화 한 것”⁴⁾으로 정의하고 있다. 그동안 컨테이너터미널 생산성과 관련하여 많은 선행 연구가 진행되어 왔다. 기존 연구들을 살펴보면 생산성 향상 방안에 관한 연구, 항만의 효율성에 관한 연구, 항만의 생산성 측정 모델에 관한 연구로 크게 구분할 수 있다.

1. 국내 문헌

오성동 등(2001)은 컨테이너항만의 국제경쟁력분석방법(DEA 이용)⁵⁾ 접근에서 컨테이너항만의 생산효율성에 중점을 두고 DEA 기법을 활용하여 선행 연구의 범위를 부분적으로 확장시키고자 하였고 항만운영 정책입안 시 참고가 될 수 있도록 이론적, 실증적 근거를 제시하고자 하였다. 이석용 등(2006)은 항만유형분류를 통한 국내 컨테이너터미널 효율성 평가에 관한 연구에서 컨테이너터미널의 경쟁력을 선박의 재항시간 최소화에 맞추고 기존 연구들과 달리 안벽과 장치장을 함께 고려한 효율성을 평가하였다.

3) 한국해양수산개발원, “우리나라 컨테이너부두 생산성 향상방안 연구”, 2002.

4) Thomas J. Dowd & Thomas M. Leschin, “Productivity Measurement and Factors Affecting Productivity : A Prospective”, Ports & Harbors, 1991.

5) DEA : 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)으로 상대적 효율성을 측정하는 방법.

임종섭 등(2002)은 항목별 부분 생산성에 AHP 분석 방법을 활용하여 요소별 가중치 산정을 통해서 총 생산성을 측정할 수 있다고 말하고 있다. 그리고 박길영 등(2005)은 컨테이너항만의 경쟁력 측정 방법(AHP와 DEA 접근에서 AHP법의 가중치를 DEA에 적용)을 이용하여 중국과 한국의 대표항만들의 효율성과 국가 경쟁력을 분석하였다.

2. 국외 문헌

Thomas J. Dowd & Thomas M. Leschin(1991)은 컨테이너터미널에서의 일반적인 생산성 척도와 영향인자를 제시하였으며, 이 연구에서 발표된 생산성 모델을 살펴보면 컨테이너터미널에서 생산성에 영향을 미치는 요소들이 선석, 컨테이너 야드, 게이트, 하역장비, 노동력 등 크게 5가지로 나누어진다. 이들 5가지 요소는 상호간에 밀접한 연관성을 가지고 있어, 어느 한 가지만의 능력향상만으로 컨테이너터미널 전체의 생산성에 대한 급격한 증가를 기대하기는 매우 어렵다.

Jordan Woodman & Dobson(JWD)(1999)은 항만생산성을 측정하는 지표가 컨테이너터미널, 연구자별로 상이하여 컨테이너터미널 간 상대비교가 곤란하기 때문에 통일된 항만 생산성의 측정지표 및 측정방법으로 단기 생산성 측정 지표를 하역, 게이트 순환, 복합운송순환 및 야드 운영 등으로 구분하고, 장기 생산성 측정 지표를 총 물동량, 터미널생산성, 선석 당 생산성, 컨테이너 장치장의 처리능력 등을 설정하였으며, 컨테이너터미널의 생산성에 중대한 영향을 미치지만 항만당국이 통제할 수 없는 요인으로 계절적 변동 요인(Seasonal Variations), 상업적 요인(Commercial Cycle), 요율구조(Tariff Structures) 등의 문제점을 제시하였다.

Leonardo Ramos Rios & Antonio Carlos Gastaud(2006)는 메프코수르(Mercosur) 시장⁶⁾을 중심으로 23개 컨테이너터미널을 크기별로 구분하고 DEA 기법(BCC)⁷⁾을 활용하여 각 컨테이너터미널의 상대적인 효율성을 비교 분석하였다. 이 연구는 항만의 면적 대비 효율성을 측정한 연구이지만 기준을 면적에만 국한시키고 있어 다양한 측면에서의 비교 분석이 미흡하다. 따라서 각 생산성 단위요소별 능력향상과 더불어 단위요소 간의 적절한 배분을 통해 전체적인 생산성 증가를 목표로 하는 것이 가장 합리적이라 판단된다.

6) 브라질, 아르헨티나, 우루과이, 파라과이 등 중남미 4개국이 출범시킨 공동시장(자유무역지대)

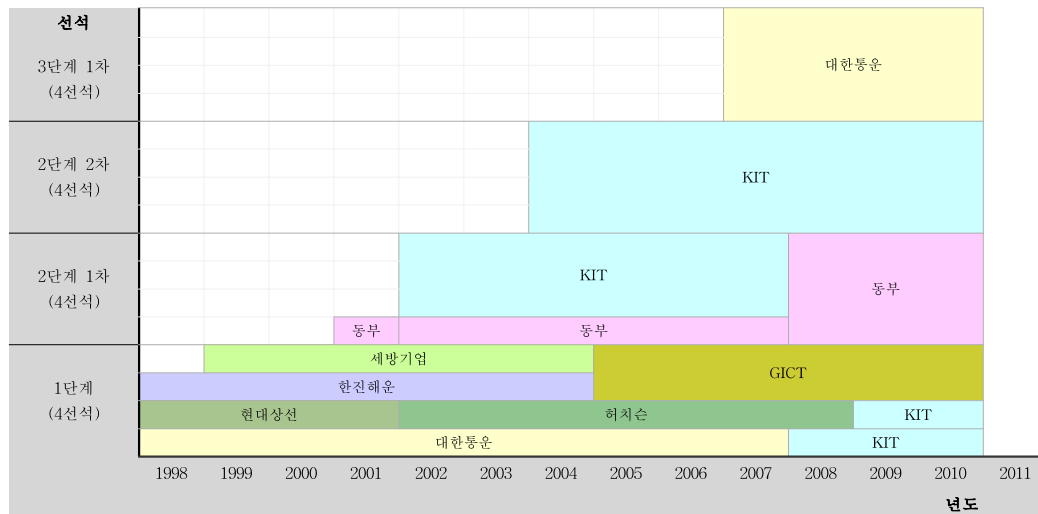
7) Banker, Charnes, and Cooper(1984)의 BCC 모형으로 DEA를 이용하여 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출요소를 생산하는 DMU에 대한 기술적 효율성과 규모의 효과를 투입요소의 절약측면과 산출요소의 증가측면이라는 두 가지관점에서 선형계획모형을 설정하여 그 효율성 정도를 평가하고 나아가 최적생산규모를 추정 함.

Ⅲ. 광양항 컨테이너터미널 현황

1. 광양항 컨테이너터미널 운영 현황

광양항 컨테이너터미널은 광양항을 동북아 물류중심 기지로 육성하기 위하여 개발을 시작하였다. <그림 1>과 같이 1단계 터미널을 1998년에, 2단계 1차 터미널을 2002년에, 2단계 2차 터미널을 2004년에, 3단계 1차 터미널을 2007년에 개장하였다. 현재는 5만 톤급 12개 선석과 2만 톤급 4개 선석을 운영하고 있다. 광양항 컨테이너터미널의 운영사 변천과정을 살펴보면, 1998년 3개의 운영사로 출발하여, 1999년 세방기업의 운영으로 1단계 4선석 전체 운영이 시작되었다. 2002년 2단계 1차 개장으로 6개의 운영사가 8선석을 운영하였으며, 2005년 세방기업과 한진해운의 통합으로 GICT가 1단계 2개의 선석을 사용하게 되었다. 허치슨은 2002년 현대상선이 운영 중인 1단계 1선석을 확보하여 2008년까지 운영하였으며, 2011년 현재, 광양항 컨테이너터미널은 GICT, 동부, KIT, 대한통운 4개 운영사가 16개 선석을 운영하고 있다.

<그림 1> 광양항 컨테이너터미널 운영사 변천과정



2. 광양항 컨테이너터미널 시설 및 장비보유율

광양항 컨테이너터미널은 생산성에 직접적인 영향을 미치는 장비 보유 대수 측면에

서 안벽크레인(C/C) 대비 야드크레인(T/C)의 보유율이 2009년 평균 1.84대로 부산항의 평균 2.51대에 비해 상대적으로 낮은 수준이며, C/C당 YT 대수도 3.96대로 부산항의 4.85대보다 보유 수준이 낮은 상황이다.⁸⁾ <표 1>에서 광양항 컨테이너터미널 운영사 장비보유율을 살펴보면, C/C 보유율은 GICT, 대한통운 순으로, T/C 보유율은 GICT, KIT, 대한통운, 동부 순으로 나타났다. YT 보유율은 KIT, GICT, 대한통운, 동부 순으로 나타났다. 전반적으로 GICT의 장비 보유율이 높은 것으로 나타났고 반면에 동부터미널의 장비 보유율은 낮은 수치를 보였다.

장비 보유율과 안벽크레인 생산성(moves/h)⁹⁾의 관계를 <표 1>에서 살펴보면, GICT의 경우 장비 보유율은 타 운영사에 비해 높지만 안벽크레인 생산성은 가장 낮은 것으로 분석되었다. 안벽크레인 생산성이 저조한 이유는 터미널 장비 운전자의 숙련도, 작업조건, 처리물량 등 여러 가지 원인이 있는 것으로 예상된다. 광양항의 경우 장비 보유율에 따른 터미널 안벽크레인 생산성은 전반적으로 비례하는 상관관계는 아닌 것으로 분석된다.

<표 1> 광양항 컨테이너터미널 시설 및 장비보유율(2009년도)

구분	GICT	동부	KIT	대한통운
접안능력	5만톤급 2선석	5만톤급 2선석 2만톤급 2선석	5만톤급 2선석 2만톤급 2선석	5만톤급 4선석
안벽길이(m)	700	1,150	1,150	1,400
하역능력	80만TEU	114만TEU	114만TEU	160만TEU
C/C 보유대수(a)	5	6	6	8
선석수(b)	2	4	4	4
C/C 당 담당 안벽길이(m)	140.0	191.7	191.7	175.0
T/C 보유대수(c)	12	5	13	16
R/S 보유대수	5	2	3	4
T/C 당 작업면적(m ²)	20,833	51,800	24,692	46,437
YT 보유대수(d)	23	15	29	32
C/C 보유율(a/b)	2.5(1)	1.5(3)	1.5(3)	2.0(2)
T/C 보유율(c/a)	2.4(1)	0.8(4)	2.2(2)	2.0(3)
YT 보유율(d/a)	4.6(2)	2.5(4)	4.8(1)	4.0(3)
C/C 총작업시간 생산성(moves/h)	25.00	28.70	29.50	32.20

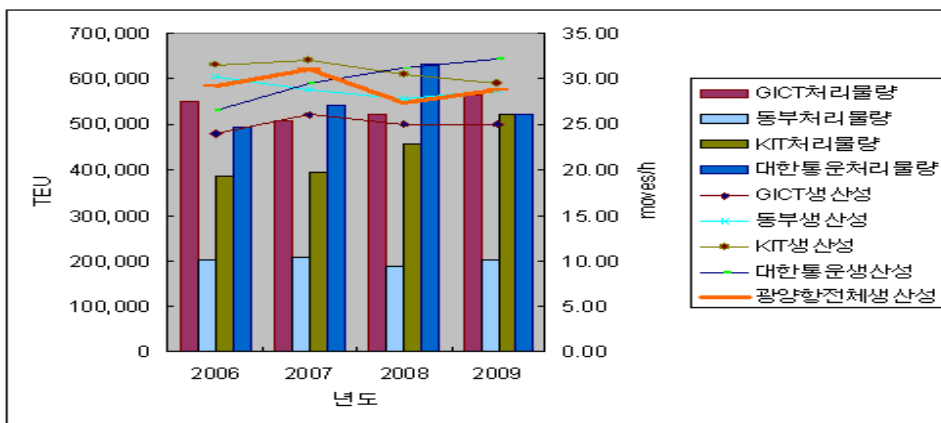
8) 광양항 컨테이너터미널 운영사 내부 자료, 2009.

9) 국내에서 가장 일반적으로 적용하는 안벽크레인(C/C)의 생산성은 총작업시간 생산성과 순작업시간(장비고장, 식사 등 중단시간을 제외함) 생산성으로 나타냄.

3. 광양항 컨테이너터미널의 안벽크레인 생산성

<그림 2>는 현재 광양항 컨테이너터미널 운영사별 처리물량과 안벽크레인의 생산성을 분석한 것이다. KIT와 대한통운의 생산성 변화를 살펴보면, KIT는 2006년 이후 지속적으로 물량이 증가한 반면 안벽크레인 생산성은 감소하고 있다. 대한통운은 물량 증가와 함께 생산성도 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 처리물량과 생산성 또한 일정한 상관관계보다는 내부적인 원인을 가지고 있음을 예상 할 수 있다.

<그림 2> 광양항 컨테이너터미널의 처리물량과 안벽크레인 생산성



광양항 컨테이너터미널의 총작업시간 생산성은 <표 2>와 같이 1999년 25.4moves/h, 2001년부터 2007년까지는 29~31moves/h 정도의 생산성을 기록했으나 2006년 이후 처리물량의 큰 변화는 없으나 2008년 이후 29.0moves/h 미만으로 감소된 상황을 보이고 있다. 2004년 2단계 2차와 2007년 3단계 1차 운영으로 안벽크레인의 트윈 스프레더 적용 등 장비의 하드웨어적인 측면에서 생산성을 향상시킬 수 있는 여건이 조성되었으나 생산성이 감소되고 있다는 사실은 다각적인 측면에서 원인을 파악할 필요성이 제기되고 있다.

<표 2> 광양항 컨테이너터미널의 안벽크레인 생산성

년도	처리물량 (TEU)	순작업 시간	총작업 시간	순작업시간 생산성(moves/h)	총작업시간 생산성(moves/h)
1999년	417,344	9,089	10,645	29.0	25.4
2000년	642,230	13,795	15,594	31.6	27.9
2001년	855,310	17,087	19,360	34.2	30.2
2002년	1,080,333	20,689	23,340	33.5	29.0
2003년	1,184,842	22,874	26,221	36.4	31.4
2004년	1,321,865	25,920	30,038	35.2	30.2
2005년	1,441,259	29,731	34,779	34.6	29.5
2006년	1,755,813	36,206	42,643	34.9	29.2
2007년	1,722,676	35,028	41,656	36.0	31.0
2008년	1,810,048	37,911	44,566	32.2	27.5
2009년	1,810,438	37,310	44,940	34.7	28.9

따라서 내부적으로 컨테이너터미널의 생산성을 향상시킬 수 있는 방안으로 현 작업 조건 하에서 각 장비 작업 영역의 상호작용적인 측면의 이해와 문제점 파악을 터미널 구성원으로부터 조사하고 우선적으로 해결해야 할 사항들을 합리적인 방법을 통하여 도출해 내는 것이 중요하다고 할 수 있다.

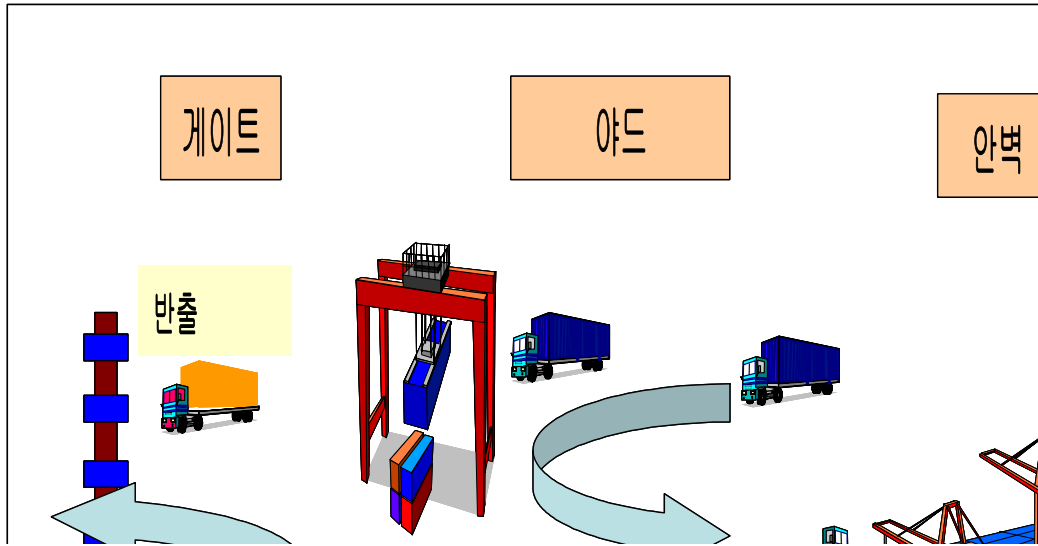
IV. 컨테이너터미널 작업과정과 영역별 상호작용

1. 컨테이너터미널의 작업 과정

컨테이너터미널은 <그림 3>과 같이 게이트영역, 야드영역, 안벽영역으로 구성되어 있다. 컨테이너터미널에서 작업은 크게 반·출입 작업, 야드 작업, 본선 양·적하 작업으로 구분 할 수 있다.

컨테이너 반입 절차는 터미널의 선박 접안계획에 따라 반입이 진행된다. 운송사(화주)는 선박의 접안 날짜와 시간을 확인하고 반입 컨테이너와 차량정보를 터미널 서버로 전송한다. 터미널 게이트에 도착한 컨테이너는 손상여부 및 봉인 등을 확인 후 터미널 내 지정된 야드 위치로 진입한 후 야드장비에 의해 하차 작업이 진행되고 장치 완료와 전산 입력 작업이 이루어진다.

<그림 3> 컨테이너터미널의 작업 과정

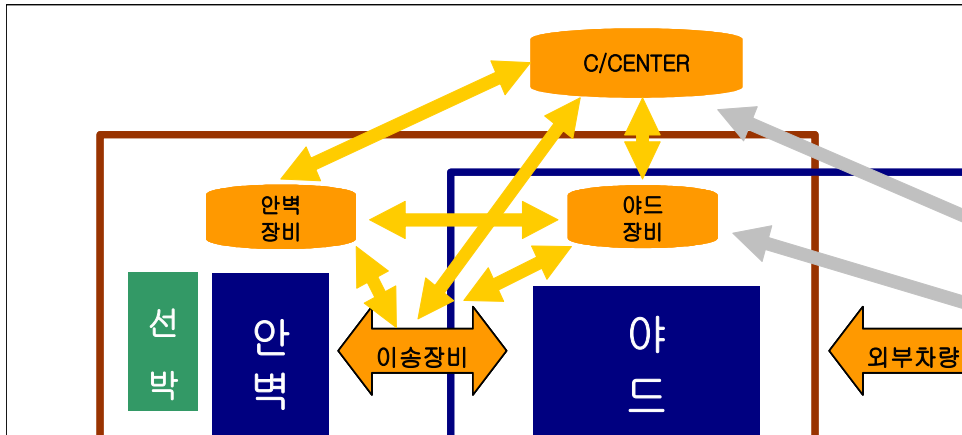


외부 차량은 게이트를 통과하거나 대부분 반출 작업을 위해 지정된 야드 위치로 이동한다. 반출 절차는 선사의 사전 승인을 획득한 후 운송사(화주)는 터미널로 반출 컨테이너에 대한 사전 정보를 전송한다. 게이트에 도착한 외부차량은 컨테이너가 장치된 위치로 이동한 후 대기한다. 야드장비는 외부차량 번호 및 컨테이너번호를 확인 한 후 상차 작업을 진행한다. 반출 게이트에 도착한 외부차량은 컨테이너의 손상여부 등을 확인하고 게이트를 통과한다. 양하 절차는 본선 입항 전 선사로부터 양하 리스트를 접수하고 본선 계획에 따라 양하 순서(Sequence)를 생성한다. 본선 접안에 따라 안벽장비를 투입하여 컨테이너를 이송장비에 상차하고, 이송장비는 계획된 야드 위치로 이동하여 야드장비에 의하여 장치작업을 완료한다. 적하 절차는 선사로부터 적하 리스트를 접수하여 수량 등을 확인하고 적하 블록이 분산되어 있는 경우 양하항 별로 구분하여 이적을 실시한다. 본선 계획에 따라 컨테이너의 양하항, 무게, 종류 등을 구분하여 적하 순서를 생성한다. 본선 접안에 따라 야드장비는 지정된 컨테이너를 이송장비에 상차하고 이송장비는 본선의 위치로 이동하여 안벽장비에 의하여 적하 작업을 완료한다. 이러한 작업을 수행하기 위해서 터미널은 선석 계획, 야드 장치 계획, 본선 양·적하 계획, 이적 작업 계획, 야드 작업 모니터링 시스템을 가동하고 있다.

2. 장비영역별 상호작용에 의한 생산성 영향 요인

컨테이너터미널에서의 생산성은 크게 본선 양·적하 작업 생산성과 반·출입 작업 생산성으로 나누어 볼 수 있다. <그림 4>와 같이 컨테이너 흐름에 따른 상호작용적인 측면에서 터미널은 3가지의 장비영역과 C/Center(통제센터)¹⁰ 영역으로 구분할 수 있다. 이들 영역은 1차적으로 야드장비 영역(야드장비↔이송장비/야드장비↔외부차량), 이송장비 영역(안벽장비↔이송장비↔야드장비), 안벽장비 영역(선박↔안벽장비↔이송장비), C/Center 영역(C/C↔야드장비, C/C↔이송장비, C/C↔안벽장비)에서 부분적으로 상호작용이 발생되고 있음을 알 수 있다. 최종적으로 이러한 부분적인 상호작용은 각각의 장비영역과 C/Center 영역까지 확대되어 선박, 안벽장비, 이송장비, 야드장비, 외부차량까지의 생산성에 영향을 미치는 결과를 낳게 된다.

<그림 4> 컨테이너 흐름에 따른 상호작용



10) C/Center : 컨테이너터미널의 오퍼레이션을 총괄하는 사무실로서 컨테이너 야드 내의 장비 배치, 본선 양·적하작업에 대한 계획, 지시, 감독을 실시하고, 사무실과 야드장비, 이송장비, 안벽장비와는 무선 및 문자 전송으로 연락하며 콘트롤 센터는 컨테이너터미널 전체를 볼 수 있는 높은 위치에 설치되어 있음.

<표 3> 컨테이너터미널의 생산성 영향 요인

영역	생산성 영향 요인
야드장비 영역	양하 작업시 블록 집중으로 이송장비, 안벽장비 대기시간 발생 수출분 POD MIX 반입 장치로 인한 안벽장비 대기시간 발생 손상 컨테이너와 정상 컨테이너 혼합 적재로 추가 이적 작업 발생 반출입 물량 증가에 따른 본선작업 생산성 감소
이송장비 영역	양적하시 안벽장비 생산성 차이로 인한 YT 대기시간 발생 YT 위치 실시간 미확인으로 인한 야드장비, 안벽장비 대기시간 발생
안벽장비 영역	적하 컨테이너 야드장비 재조작으로 인한 안벽장비 대기시간 발생 양하 블록 사전 정리 작업 유무에 따른 야드장비 작업 시간 증가 발생 YT 정위치 확보 시간 소요에 따른 안벽장비 대기시간 발생 C/C 이동 시간 소요에 따른 이송장비, 야드장비 대기시간 발생
C/Center 영역	각 장비영역의 오퍼레이터 생산성 수준에 따른 반출입, 본선 작업 생산성 영향 안전사항 미준수로 인한 사고 발생 시 대기시간 발생 야드장비, 안벽장비 작업시 컨테이너 번호와 작업 위치 확인 필요 C/Center와 각 장비영역의 유기적인 협조와 조치 사항 이행 필요

<표 3>과 같이 영역별 생산성 영향 요인을 살펴보면, 각각의 요인에 따라 생산성에 영향을 미치는 범위와 결과는 다양하고 상호의존적인 관계임을 알 수 있다.

V. 실증분석 결과

1. 문제의 계층구조 개발

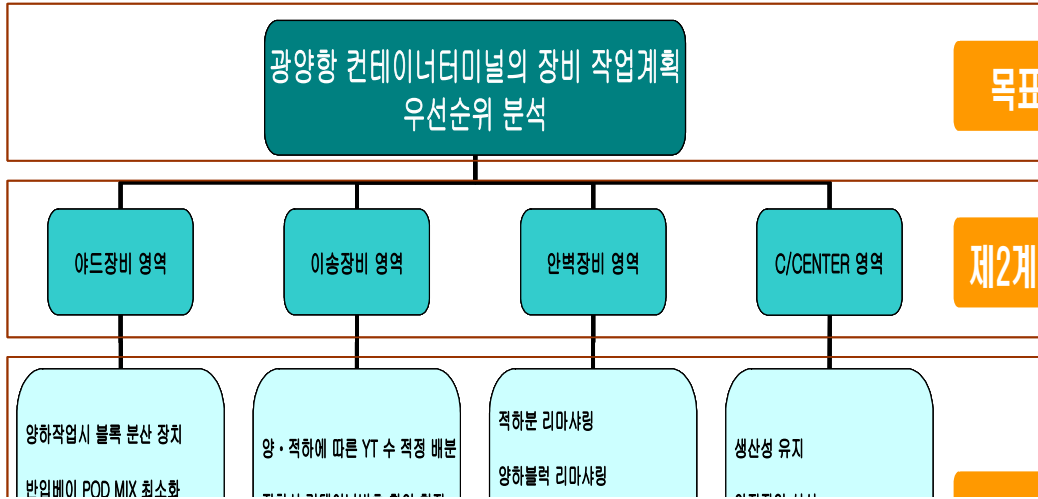
본 연구에서는 광양항 컨테이너터미널의 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위 분석을 목표로 설정하기 위하여 컨테이너터미널 관련 문헌조사와 실무전문가를 대상으로 측정영역과 측정지표에 대한 의견을 수집하고 선정하였다. 선정된 측정영역과 측정지표를 기초로 하여 <그림 5>와 같이 계층화 하였다. 평가 기준에 대한 설명은 <표 4> 및 <표 5>와 같이 설명 하였다. 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위 분석을 목표로 설정하고, 그 다음 제2계층에는 이러한 의사결정의 목표를 실현하기 위한 측정영역으로 터미널 운영 장비의 3대 요소인 야드장비 영역, 이송장비 영역, 안벽장비 영역과 터미널의 모든 작업을 통제하고 조절하는 기능을 하고 있는 C/Center 영역을 배치하였다.

그리고 제3계층으로 측정지표들을 배치하였다. 즉, 야드장비 영역 평가를 위해서 양하작업 시 블록 분산 장치, 반입베이 POD MIX¹¹⁾ 최소화, Damage 컨테이너 구분 장치를 측

11) 컨테이너터미널에 수출로 반입되는 컨테이너는 각각의 양하항(Port of Discharging)을 기준으로 특정

정지표로 정의하였고, 이송장비 영역에서는 양적하에 따른 YT 수 적정 배분, 적하시 컨테이너번호 확인 철저, YT 위치 실시간 확인을 기준으로 평가하였다. 또한 안벽장비 영역의 측정지표 평가항목으로는 적하분 리마샤링, 양하블럭 리마샤링, YT 정위치 준수(Apron), C/C 이동 최소화로 구분하였다. 마지막으로 C/Center 영역은 생산성 유지, 안전작업 실시, 양·적하위치 준수로 구분하여 평가하였다.

<그림 5> 광양항 컨테이너터미널의 장비 작업계획 우선순위 분석 계층도



<표 4> 제2계층 측정영역 설명

목표	제2계층	제2계층 설명
광양항 컨테이너터미널의 장비 작업계획 우선순위 분석	야드장비 영역	야드장비는 컨테이너 반·출입과 본선 양·적하를 위한 상·하차 작업을 진행하는 부분으로, 게이트 및 선박작업이 동시에 실시되는 경우 많은 정체가 일어나는 영역
	이송장비 영역	이송장비는 야드장비와 안벽장비의 연결부분으로 상·하차를 진행하는 장비의 작업량에 따라 대기시간이 변화하는 영역
	안벽장비 영역	안벽장비는 야드장비와 이송장비의 작업량 및 조건에 따라 생산성의 영향을 받는 부분으로, 선박의 재항시간과 밀접한 관계가 있는 영역
	C/Center 영역	C/Center는 터미널의 야드작업과 본선작업 등 모든 작업을 통제하고 조절하는 영역

한 블록에 장치된다. 그러나 터미널의 장치공간 부족 및 장비 부족으로 인하여 POD가 혼재되어 장치되는 경우가 있으며, 이는 본선작업 시 베이 내 이적작업으로 이송장비와 안벽장비의 대기시간 증가를 초래함.

광양항 컨테이너터미널의 장비 작업계획 우선순위 분석

<표 5> 제3계층 측정지표 설명

제2계층	제3계층	제3계층 설명	효과
야드장비 영역	양하작업시 블록 분산 장치	양하작업시 YT의 대기시간을 감소시키기 위하여 블록을 분산하여 야드 장치 작업	이송/안벽장비 대기시간 감소
	반입베이 POD MIX 최소화	적하작업시 생산성 향상을 위하여 반입시 POD를 구분하여 야드 장치 작업	이송/안벽장비 대기시간 감소
	Damage 컨테이너 구분 장치	반입, 양하 작업시 손상컨테이너와 정상 컨테이너를 구분하여 장치 작업	야드장비 생산성 향상
이송장비 영역	양·적하에 따른 YT 수 적정 배분	양하와 적하 작업시 안벽장비의 생산성이 차이가 있기 때문에 YT 수 적정 배분필요	안벽장비 대기시간 감소
	적하시 컨테이너번호 확인 철저	야드장비가 적하 상차작업을 하는 경우 컨테이너 번호 확인 필요	야드/안벽장비 재작업 시간 감소
	YT 위치 실시간 확인	YT 위치를 실시간으로 확인함으로써 최단거리의 이송장비를 배차할 수 있음	야드/안벽장비 대기시간 감소
안벽장비 영역	적하분 리마사팅	적하작업시 야드장비의 재조작 작업 시간이 발생되므로 사전에 이적작업을 실시함	이송/안벽장비 대기시간 감소
	양하블록 리마사팅	양하블록의 공간을 본선작업 전에 확보하여 장치 작업시 시간을 단축할 수 있음	이송/안벽장비 대기시간 감소
	YT 정위치 준수(Apron)	양적하 작업시 APRON에서 YT가 정위치에 정착함으로써 안벽장비의 작업 시간을 단축할 수 있음	안벽장비 상하차 시간 단축
	C/C 이동 최소화	본선 양·적하 계획시 안벽장비의 주행거리를 최소화하도록 작업 계획 필요	이송/안벽장비 대기시간 감소
C/Center 영역	생산성 유지	각 장비영역의 오퍼레이터는 적정한 생산성을 상회할 수 있는 기술과 노력 필요	이송/야드/안벽장비 대기시간 감소
	안적작업 실시	각 장비영역은 컨테이너 작업시 안전작업에 신중을 기하여 사고가 발생되지 않도록 노력 필요	사고로 인한 대기시간 감소
	양·적하 위치 준수	양·적하 작업시 컨테이너 번호와 양적하 위치를 정확히 인지하여 오작업이 되지 않도록 노력 필요	야드/안벽장비의 재작업 시간 감소

2. 측정영역 및 측정지표 항목에 대한 설문조사

측정영역 및 측정지표 항목의 상대적 중요도 산정을 위해 광양항의 운영사 중 한곳인 A터미널¹²⁾을 기준으로 하여 관련 전문가를 대상으로 설문 및 면담 조사를 2010년 9월 1일부터 9월 15일까지 실시하였다. 터미널 운영과 밀접한 관계가 있는 장비운영¹³⁾

12) A터미널 시설현황 : 5만톤급 2선석과 2만톤급 2선석 총 4선석을 운영하고 있으며, 선석 길이는 1,150m, 연간 114만TEU를 처리할 수 있는 하역능력을 보유하고 있음.

13) 컨테이너터미널의 장비 운영을 관리하는 부서로 장비 운전 인원 및 장비대수를 작업 물량에 따라 배차하며, 운영기획 부서와 밀접한 관계를 가지고 업무를 진행하고 있음.

과 운영기획¹⁴⁾ 부서를 대상으로 각각 15부를 배부하여 회수는 22부(장비운영:12부, 운영기획:10부)를 하였으며, 일관성 검증 확인 결과 최종 15부를 분석에 사용하였다. 설문조사 현황은 <표 6>과 같다.

<표 6> AHP 설문 회수 및 일관성 검증 결과

부서	현황	배부	회수(율)	일관성 검증 확인 (CI<0.1)
장비운영		15부	12부(80%)	7부(58%)
운영기획		15부	10부(67%)	8부(80%)
합계		30부	22부(73%)	15부(68%)

3. 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위 분석

1) 측정영역 간 중요도 분석

측정영역 간의 상대적 중요도는 <표 7>과 같이 전체적으로 살펴보면 야드장비 영역이 30.6%로 가장 높고, 안벽장비 영역과 C/Center 영역이 각각 28.7%, 27.5%로 비슷한 수준이며 이송장비 영역은 13.2%로 분석되었다. 운영기획 부서는 전체적인 결과와 비슷하였으나, 장비운영 부서는 C/Center 영역이 가장 중요한 영역으로 나타났으며, 이어서 안벽장비, 야드장비, 이송장비 영역 순으로 중요도가 나타났다. 장비운영 부서 측면에서는 생산성 향상을 위해서는 컨테이너터미널의 전체적인 작업을 통제하고 조절하는 C/Center 영역이 가장 중요한 것으로 나타났다.

<표 7> 측정영역 간 중요도 분석 결과

광양항 컨테이너터미널의 장비 작업계획 우선순위 분석	전체		장비운영		운영기획	
	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위
야드장비 영역	0.306	1	0.266	3	0.336	1
이송장비 영역	0.132	4	0.136	4	0.127	4
안벽장비 영역	0.287	2	0.289	2	0.285	2
C/Center 영역	0.275	3	0.309	1	0.252	3
합계	1.000	-	1.000	-	1.000	-

14) 컨테이너터미널의 전체적인 운영을 기획하는 부서로 선사, 운송사, 행정기관 등 대외 관련 업무와 터미널 운영의 통계, 선석 계획, 야드 장치 계획, 본선 양·적하 계획, 예산 계획, 터미널 개발 등에 관한 중요한 업무를 진행하고 있음.

광양항 컨테이너터미널의 장비 작업계획 우선순위 분석

2) 측정지표 간 중요도 분석

영역별 측정지표에 관한 상대적 중요도를 전체적으로 살펴보면, 야드장비 영역에서는 <표 8>과 같이 양하작업시 블록 분산장치(49.43%), 반입 베이 POD MIX 최소화(33.3%), Damage 컨테이너 구분 장치(17.4%)의 순서로 나타났다. 이러한 결과는 장비운영과 운영기획 부서에서도 유사하였다. 즉 양하작업시 야드장비 부분에서 이송장비의 대기시간이 발생되어 생산성이 저하되고 있다고 판단하고 있다.

<표 8> 야드장비 영역의 측정지표 간 중요도 비교

야드장비 영역	전체		장비운영		운영기획	
	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위
양하작업시 블록 분산 장치	0.493	1	0.504	1	0.478	1
반입 베이 POD MIX 최소화	0.333	2	0.342	2	0.322	2
Damage 컨테이너 구분 장치	0.174	3	0.154	3	0.200	3
합계	1.000	-	1.000	-	1.000	-

이송장비 영역에서는 <표 9>와 같이 전체적으로 중요도를 살펴보면, 양·적하에 따른 YT수 적정 배분(55.7%), 적하시 컨테이너번호 확인 철저(25.5%), YT 위치 실시간 확인(18.8%) 순으로 나타났다. 이러한 결과는 장비운영과 운영기획 부서에서도 유사하게 나타났다. 양·적하시 안벽장비의 작업 소요 시간이 다르기 때문에 YT수가 적정하게 배분되어야만 이송장비의 대기시간을 감소시킬 수 있는 것으로 판단되고 있음을 알 수 있다.

<표 9> 이송장비 영역의 측정지표 간 중요도 비교

이송장비 영역	전체		장비운영		운영기획	
	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위
양·적하에 따른 YT수 적정 배분	0.557	1	0.546	1	0.565	1
적하시 컨테이너번호 확인 철저	0.255	2	0.270	2	0.244	2
YT 위치 실시간 확인	0.188	3	0.184	3	0.191	3
합계	1.000	-	1.000	-	1.000	-

안벽장비 영역에서는 <표 10>과 같이 전체적으로 중요도를 살펴보면, 적하분 리마샤링(39.5%), C/C 이동 최소화(23.4%), 양하블럭 리마샤링(21.4%), YT 정위치 준수(15.7%)의 순서로 나타났다. 장비운영 부서의 중요도 순서는 C/C 이동 최소화, 적하분

리마샤링, 양하블록 리마샤링, YT 정위치(Apron) 준수로 나타났다.

<표 10> 안벽장비 영역의 측정지표 간 중요도 비교

안벽장비 영역	전체		장비운영		운영기획	
	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위
적하분 리마샤링	0.395	1	0.287	2	0.504	1
양하블록 리마샤링	0.214	3	0.193	3	0.219	2
YT 정위치(Apron) 준수	0.157	4	0.179	4	0.128	4
C/C 이동 최소화	0.234	2	0.341	1	0.149	3
합계	1.000	-	1.000	-	1.000	-

반면에 운영기획 부서는 적하분 리마샤링, 양하블록 리마샤링이 중요도가 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 장비운영은 C/C 이동 최소화로 생산성 향상을 이룰 수 있는 것으로 판단하고 있으며, 운영기획은 야드에서 적하 컨테이너 상차 시간을 줄이기 위하여 본선 작업 전에 리마샤링을 함으로써 이송장비와 안벽장비의 대기시간 감소 목표를 매우 중요시하고 있음을 알 수 있다.

C/Center 영역에서는 <표 11>과 같이 전체적으로 살펴보면, 생산성 유지(36.8%), 안전작업 실시(35.1%), 양·적하 위치 준수(28.1%) 순으로 나타났으며, 이러한 결과는 장비기사의 생산성을 중요시 하고 있는 장비운영 부서와 유사한 것으로 나타났다. 반면에 운영기획 부서는 안전작업 실시를 가장 중요한 것으로 응답하였으며 모든 작업시 안전규칙을 준수 하고 작업을 진행하는 것이 생산성 향상에 도움이 되는 것으로 판단하고 있음을 알 수 있다.

<표 11> C/Center 영역의 측정지표 간 중요도 비교

C/Center 영역	전체		장비운영		운영기획	
	중요도	순위	중요도	순위	중요도	순위
생산성 유지	0.368	1	0.433	1	0.325	2
안전작업 실시	0.351	2	0.303	2	0.385	1
양·적하 위치 준수	0.281	3	0.264	3	0.290	3
합계	1.000	-	1.000	-	1.000	-

광양항 컨테이너터미널의 장비 작업계획 우선순위 분석

3) 전체 항목 중요도 분석

이와 같이 각 계층별로 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위 분석을 위한 측정영역과 측정지표의 분석을 수행하였다. 이러한 결과를 종합하여 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위 분석 계층구조를 통해 각 측정지표의 중요도를 분석한 결과를 나타내면 <표 12>와 같다. <표 12>는 측정영역과 측정지표별 중요도를 정리한 것이다. 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위 분석 목표에 대한 측정지표별 세부항목의 환산 중요도와 우선순위를 전체적으로 살펴보면, 양하작업시 블록 분산 장치(15.1%), 적하분 리마샤링(11.3%), 반입 베이 POD MIX 최소화(10.2%), 생산성 유지(10.1%), 안전작업 실시(9.7%)의 측정지표가 가장 중요한 컨테이너터미널의 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위 5대 항목으로 분석되었다. 장비운영과 운영기획 부서 모두 야드장비 영역의 양하작업시 블록 분산 장치가 가장 중요한 지표로 인식되고 있음을 알 수 있다. 전체적인 우선순위와 운영기획 부서의 중요도 순위는 유사하게 나타났다. 그러나 장비운영 부서는 양하작업시 블록 분산 장치에 이어 생산성 유지, C/C 이동 최소화, 안전작업 실시, 반입 베이 POD MIX 최소화 순서로 우선순위가 나타났다. 이러한 결과는 장비운영 부서는 장비기사의 생산성 유지가 생산성 향상을 위한 중요한 우선순위로 인식되고 있음을 알 수 있다.

<표 12> 전체 항목 우선순위 분석 결과

측정영역 (중요도)	구분 측정지표	전체			장비운영			운영기획		
		중요도	환산 중요도	순위	중요도	환산 중요도	순위	중요도	환산 중요도	순위
야드장비 영역 (0.306)	양하작업시 블록 분산 장치	0.493	0.151	1	0.504	0.134	1	0.478	0.161	1
	반입 베이 POD MIX 최소화	0.333	0.102	3	0.342	0.091	5	0.322	0.108	3
	Damage 컨테이너 구분 장치	0.174	0.053	10	0.154	0.041	11	0.200	0.067	8
이송장비 영역 (0.132)	양·적하에 따른 YT수 적정 배분	0.557	0.074	7	0.546	0.074	8	0.565	0.072	7
	적하시 컨테이너번호 확인 철저	0.255	0.034	12	0.270	0.036	12	0.244	0.031	12
	YT 위치 실시간 확인	0.188	0.025	13	0.184	0.025	13	0.191	0.024	13
안벽장비 영역 (0.287)	적하분 리마샤링	0.395	0.113	2	0.287	0.083	6	0.504	0.144	2
	양하블럭 리마샤링	0.214	0.061	9	0.193	0.056	9	0.219	0.062	9
	YT 정위치 준수(Apron)	0.157	0.045	11	0.179	0.052	10	0.128	0.037	11
	C/C 이동 최소화	0.234	0.067	8	0.341	0.099	3	0.149	0.042	10
C/Center 영역 (0.275)	생산성 유지	0.368	0.101	4	0.433	0.133	2	0.325	0.082	5
	안전작업 실시	0.351	0.097	5	0.303	0.094	4	0.385	0.097	4
	양·적하 위치 준수	0.281	0.077	6	0.264	0.082	7	0.290	0.073	6

VI. 결론

본 연구는 다양한 장비들이 존재하고 있는 컨테이너터미널의 작업조건 하에서 컨테이너터미널의 생산성 향상을 위한 목표를 설정하고, 이에 대한 우선순위를 평가하는 AHP 의사결정 모델을 제시하였다. 생산성 향상을 위한 측정영역으로는 야드장비, 이송장비, 안벽장비, C/Center가 선정 되었고, 각 영역에 대한 측정지표는 야드장비 영역은 양하작업시 블록 분산 장치, 반입 베이 POD MIX 최소화, Damage 컨테이너 구분 장치, 이송장비 영역은 양·적하에 따른 YT수 적정배분, 적하시 컨테이너번호 확인 철저, YT 위치 실시간 확인, 안벽장비 영역은 적하분 리마샤링, 양하블럭 리마샤링, YT 정위치 준수(Apron), C/C 이동 최소화, C/Center 영역은 생산성 유지, 안전작업 실시, 양·적하 위치 준수로 선정되었다. 설문조사는 터미널 운영과 밀접한 관계가 있는 장비운영과 운영기획 부서 전문가를 대상으로 진행하였다.

측정영역에 대한 중요도 평가는 조금씩 차이가 있는 것으로 나타났다. 야드장비 영역이 가장 상대적으로 중요하다고 판단되는 것으로 나타났으며, 이송장비 영역이 가장 낮은 중요도를 보였다. 현재 많은 애로공정이 발생하는 영역이 야드장비 부분이라는 것을 보여주고 있다. 측정 지표에 대한 분석 결과에 따르면 야드장비 영역은 양하작업시 블록 분산 장치, 이송장비 영역은 양적하에 따른 YT수 적정 배분, 안벽장비 영역은 적하분 리마샤링, C/Center 영역에서는 생산성 유지가 상대적으로 중요도가 높은 것으로 나타났다. 환산가중치를 반영한 전체 우선순위에서는 양하작업시 블록 분산 장치가 가장 중요한 것으로 판단되었다.

본 연구는 광양항 컨테이너터미널 중 1개의 운영사를 대상으로 실증분석을 수행하였다. 따라서 본 연구결과에서 제시된 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위가 광양항을 대표할 수는 없다는 한계를 가지고 있으므로 더 정확한 분석을 위해서는 보다 다양한 표본을 대상으로 하는 연구가 필요하다. 또한 우선순위로 확정된 안을 시행할 경우 터미널 내에서 효과를 평가할 수 있는 방법에 대한 향후 연구가 요구된다. 그러나 본 연구에서 제안한 AHP 기법은 다수의 대안에 대하여 다기준 평가와 다수의 주체에 의한 의사결정을 지원하고 평가자의 선호체계를 정량화하여 일관성 있는 판단으로 정확성을 높였다고 할 수 있다. 따라서 컨테이너터미널 내에서 우선순위 분석에 신뢰성 있는 결과를 제공할 수 있는 의사결정 모델을 제시하는데 그 의미를 부여할 수 있다.

참고문헌

- 고현정, “Fuzzy-AHP를 활용한 인도 물류시장 진출사업 우선순위 결정에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제26집 제2호, 2010, 1-18.
- 박길영, “컨테이너항만의 경쟁력 측정방법 : AHP와 DEA접근”, 『한국항만경제학회지』, 제21집 제9호, 2005, 133-149.
- 오성동, 박노경, “컨테이너항만의 국제경쟁력분석방법 : DEA접근-생산효율성분석을 중심으로-”, 『한국항만경제학회지』, 제17집 제1호, 2001, 27-51.
- 원승환, 최상희, “컨테이너터미널 크레인 개발자를 위한 대안 선정 절차”, 『한국항해항만학회지』, 제32집 제8호, 2008, 621-628.
- 유동호, “컨테이너터미널 작업의 인과관계를 고려한 생산성 측정모델 개발”, 『동아대학교 박사학위논문』, 2007.
- 이석용, 서창갑, “항만유형분류를 통한 국내 컨테이너터미널 효율성 평가에 관한 연구”, 『대한경영학회지』, 제19권 제6호, 2006, 2237-2260.
- 임종섭, “컨테이너터미널의 생산성 측정에 관한 연구”, 『창업정보학회지』, 제5권 제1호, 2002, 195-211.
- 최용석, 원승환, “듀얼트롤리형 컨테이너 크레인의 버퍼공간 분석을 위한 시뮬레이션 연구”, 『한국항해항만학회지』, 제33집 제5호, 2009, 331-337.
- 한국해양수산개발원, “우리나라 컨테이너부두 생산성 향상방안 연구”, 2005.
- 한국컨테이너부두공단 홈페이지.
- Jordan Woodman & Dobson(JWD), “Design Criteria Manual-Pusan Newport Container Terminal Planning Study-”, *Pusan Newport Co., Ltd. Final Report*, 1999.
- Leonardo Ramos Rios & Antonio Carlos Gastaud, “Analysing the Relative Efficiency of Container Terminals of Mercosur Using DEA”, *Maritime Economics & Logistics*, Vol.8, No.4, 2006, 331-346.
- Thomas J. Dowd & Thomas M. Leschin, “Productivity Measurement and Factors Affecting Productivity : A Prospective”, *Ports & Harbors*, 1991.
- Cargo System : <http://www.cargosystems.net>

국문 요약

광양항 컨테이너터미널의 장비 작업계획 우선순위 분석

윤동하 · 최용석

최근 컨테이너 선박의 대형화, 고속화에 따라서 선사를 유치하기 위한 항만간의 경쟁이 치열해 지고 있다. 또한 컨테이너터미널의 가장 중요한 고객인 선사뿐만 아니라 다양한 고객인 운송사, 화주 등을 위한 서비스 제공에도 많은 노력을 해야 하는 상황에 직면하고 있다. 본 연구는 광양항 컨테이너터미널에서 추가적인 장비 구입과 새로운 운영시스템으로 전환 보다는 현 작업 조건하에서 터미널 구성원들이 중점을 두고 있는 장비 영역별 생산성 영향 요인들을 조사하고 이러한 요인들의 장비 작업계획 우선순위를 분석하여 생산성 향상을 위한 목표에 의의가 있다. 본 연구는 광양항 컨테이너터미널의 생산성 향상을 위하여 장비 작업계획 우선순위를 분석하기 위하여 각 하역장비 영역과 컨트롤 센터의 애로 공정 및 개선 사항을 분류, 선정하였으며, 여러 기준 하에서 의사결정을 하여야 하므로 다기준의사결정법으로 많이 사용되고 있는 AHP 분석기법을 이용하여 컨테이너터미널 분야에 종사하고 있는 현장 전문가 및 실무자들의 의견을 종합하여 분석하였다. 분석 결과, 측정 영역에 대한 중요도 평가는 조금씩 차이가 있는 것으로 나타났다. 야드장비 영역이 상대적으로 가장 중요하다고 판단되는 것으로 나타났으며, 이송장비 영역이 가장 낮은 중요도를 보였다. 현재 많은 애로공정이 발생하는 영역이 야드장비 부분이라는 것을 보여 주고 있다. 측정 지표에 대한 분석 결과에 따르면 야드 장비 영역은 양하작업시 블록 분산 장치, 이송장비 영역은 양·적하에 따른 YT수 적정 배분, 안벽장비 영역은 적하분 리마샤링, 컨트롤센터 영역은 생산성 유지가 상대적으로 중요도가 높은 것으로 나타났다. 환산가중치를 반영한 전체 우선순위에서는 양하작업시 블록 분산 장치가 가장 중요한 것으로 분석되었다.

본 연구는 광양항 컨테이너터미널 중 1개의 운영사를 대상으로 실증분석을 수행하였다. 따라서 본 연구결과에서 제시된 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위가 광양항을 대표할 수 없다는 한계를 가지고 있으므로 더 정확한 분석을 위해서는 보다 다양한 표본을 대상으로 하는 연구가 필요하다. 또한 우선순위로 확정된 안을 시행할 경우 터미널 내에서 효과를 평가할 수 있는 방법에 대한 향후 연구가 요구된다.

핵심 주제어: AHP, 우선순위 분석, 장비 작업계획, 컨테이너터미널, 광양항