

컨테이너터미널의 하역시스템 장비조합에 대한 분석

양창호* · 최용석** · 하태영***

*한국해양수산개발원 연구위원, **한국해양수산개발원 책임연구원, ***한국해양수산개발원 연구원

A Study on Analysis of the Equipment Combination of Stevedoring System in Port Container Terminal

Chang-Ho Yang* · Yong-Seok Choi** · Tae-Young Ha***

Shipping, Logistics and Port Research Center, Korea Maritime Institute, Seoul, Korea

요 약 : 본 연구의 목적은 컨테이너터미널의 하역시스템 장비조합을 분석하는 것이다. 일반적으로 컨테이너터미널의 생산성은 안벽에서 컨테이너크레인의 생산성에 의해 평가되고 있으나 이송차량과 야드크레인과 같은 다른 장비도 있다. 그러므로 컨테이너터미널에서 하역시스템의 최적장비조합을 추정할 수 있는 방법이 요구된다. 다양한 시뮬레이션 실험을 수행하고 생산성 향상을 위한 장비조합을 분석한다. 사례연구의 적용으로부터 장비조합에 따른 평균대기시간비율을 사용하여 절감효과를 설명하였다.

핵심용어 : 하역시스템, 생산성, 장비조합, 시뮬레이션

ABSTRACT : *The objective of this paper is to analyze the equipment combination of stevedoring system at port container terminal. In general, the productivity of container terminal is evaluated by productivity of container cranes at apron, but there are other equipment such as transport vehicles and yard cranes. Therefore, a method that can estimate the optimal equipment combination of stevedoring system in container terminal is required. We perform various simulation experiment and analyze equipment combination to improve the productivity. From the application of the case study, we demonstrated the savings effect using mean waiting time rates by the equipment combination.*

KEY WORDS : *stevedoring system, productivity, equipment combination, simulation*

1. 서 론

국내의 부산항과 광양항의 컨테이너터미널은 생산성에 직접적인 영향을 미치는 장비 보유대수 측면에서 안벽크레인인 CC(Container Crane) 대비 야드크레인(TC: Transfer Crane)의 보유율이 평균 2.37대(부산항 2.52대)로 홍콩항의 평균 3.84대와 싱가포르항의 평균 3.25에 비해 상대적으로 낮은 수준이며, CC도 선석당 평균 2.59대(부산항 2.89대), CC당 YT(Yard Tractor)대수도 평균 5.54대(부산항 5.62대)로 보유수준이 낮으며, 야드장치면적도 상대적으로 부족한 실정이다. 컨테이너터미널의 생산성은 안벽시스템, 이송시스템, 적재시스템 등에 사용되는 CC,

YT, TC의 장비 생산성에 영향을 받으므로 이들 장비 각각을 어떠한 조합으로 보충을 하여야 하역시스템이 전체 터미널의 생산성을 효율적으로 향상시키는데 대한 진단과 분석방법이 필요하다.

또한 컨테이너터미널의 생산성을 분석하기 위한 다양한 평가지표들이 사용되고 있으나 이는 결과 분석을 위한 도구의 역할을 하며, 하역시스템에 내재된 애로공정의 원인규명을 통한 문제해결에는 적극적이지 못하며, 항만하역시스템을 구성하는 장비들간의 생산성에 상호 영향을 주며, 이러한 생산성에서의 트레이드-오프 관계를 규명하여 애로공정이 발생하는 장비의 생산성을 조정하여 취급능력을 향상시키는 하역시스템 장

*yang@kmi.re.kr 02)2105-2881

**중신회원, drasto@kmi.re.kr 02)2105-2886

***정회원, haty@kmi.re.kr 02)2105-2887

비조합에 따른 결합생산성(Combined Productivity) 개념과 분석기술이 필요하다.

항만 생산성을 위한 평가지표에 대한 연구는 컨테이너를 싣고 내리는 선박의 작업을 위주로 이루어졌으며, 방법론은 시뮬레이션을 많이 이용하고 있다. 또한 생산성에 크게 영향을 미치는 고장현상을 반영한 연구도 진행되었다(윤원영 외, 2001). 생산성에 대한 평가지표는 계획단계와 운영단계를 구분하여 적용되어야 한다는 관점도 있으며(양창호 & 최용석, 2002)(Hanland, 2003)(Watanabe, 2001), 사용하는 운영시스템에 따라 다양한 평가방법이 사용되고 있다(양창호 외, 2003)(Robinson, 1999).

기존의 하역시스템 분석시에 적용하는 방법은 Fig. 1과 같이 항만에서의 작업흐름이 연속적인 흐름을 가짐에도 불구하고 CC, YT, TC의 생산성을 동시에 분석하여 최적화하는 방식이 아니라 단계적으로 생산성을 분석하였으며, CC 생산성을 대표적인 평가지표로 사용하고 있다.

따라서 본 연구에서는 컨테이너터미널의 하역시스템의 생산성이 컨테이너 취급에 직접 사용되는 장비인 CC, YT, TC의 개별적인 생산성이 결합된 형태로 나타나며, 이들간의 결합으로 인한 애로공정 및 시간지연이 발생하고 있으므로 애로공정을 최소화하여 결합생산성을 최대화하도록 컨테이너터미널의 하역시스템의 장비조합에 대한 효과를 분석하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

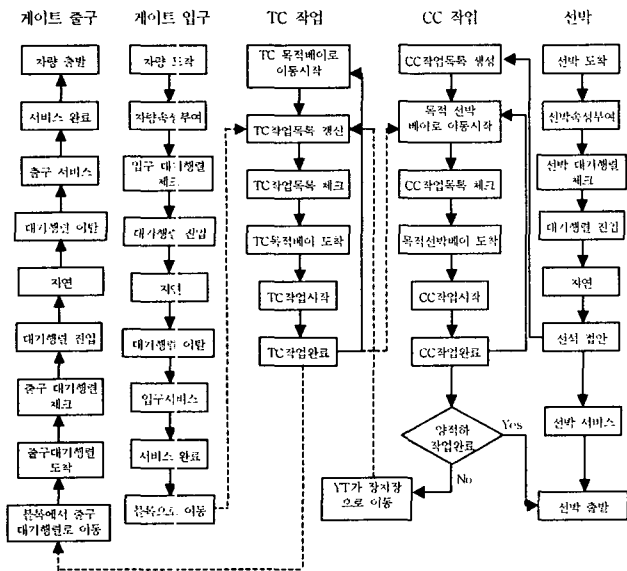


Fig. 1 Operation flow of container terminal

2. 항만의 생산성 개념

2.1 부산항 장비보유율 현황

국내의 부산항과 광양항의 컨테이너터미널은 생산성에 직접적인 영향을 미치는 장비 보유대수 측면에서 CC 대비 TC의 보유율이 평균 2.37대(부산항 2.52대)로 경쟁항만인 홍콩항의 평균 3.84대와 싱가포르항의 평균 3.25에 비해 상대적으로 낮은 수준이며, CC도 선석당 2.59대(부산항 2.89대), CC당 YT대수도 5.54대(부산항 5.62)로 장비여유율을 감안할 때 보유수준이 낮으며, 야드 장치면적도 상대적으로 부족한 실정이다.1)

Table 1 부산항 컨테이너터미널 장비보유율

구분	자성대 (1, 2단계)	신선대 (3단계)	감만부두 (4단계)	신감만 부두	우암 터미널	감천항	평균
집안능력	5만톤급 4척 1만톤급 1척	5만톤급 4척	5만톤급 4척	5만톤급 2척 5천톤급 1척	2만톤급 1척 5천톤급 2척	5만톤급 2척	-
안벽길이	1,474m	1,200m	1,400m	826m	500m	600m	-
하역능력 (만TEU)	120	120	120	65	35	34	-
C/C 보유대수 (a)	13	12	14	7	5	4	9.17
선석 수 (b)	4	4	4	3	2	2	3.17
C/C 당 안벽길이 (m)	120.6	109.1	100.0	118.1	125.0	150.0	120.5
TC 보유대수 (c)	31	31	39	16	13	10	23.33
TC 당 작업면적 (m)	12.7	21.0	9.1	10.2	15.6	10.5	13.18
YT 보유대수 (d)	63	91	80	36	20	19	51.50
CC 보유율 (a/b)	3.25	3.0	3.5	2.33	2.5	2	2.76
TC 보유율 (c/a)	2.38	2.58	2.79	2.29	2.60	2.50	2.52
YT 보유율 (d/a)	4.85	7.58	5.71	5.14	4.00	4.75	5.34

국내 부산항 컨테이너터미널의 CC 보유대수를 분석해 보면, CC 당 담당 안벽길이에서 신선대, 우암터미널, 감만터미널이 100m로 가장 많은 CC가 투입되고 있으며, 감천항이 150m로 가장 적은 CC가 투입되고 있다. 터미널의 규모에 따라 살펴보면 자성대, 신선대, 감만부두가 4개 선석을 운영하고 있으나 각각 113.4m, 100m, 100m 등으로 차이를 보이며, 2개 선석으로 운영하고 있는 우암터미널과 감천항은 각각 100m와 150m로 차이를 보이고 있다. 한편 광양항 1단계는 155.6m, 광양항 2단계가 191.7m로 광양항이 부산항보다 CC당 안벽길이가 긴 것으로 나타났다.

1) 부산항공사의 자료(2004.4.21, 국제신문)에 의하면 홍콩항을 기준 값 100으로 환산하면, 부산항의 생산성 지수는 77로 싱가포르 96, 가오슝 93보다 낮은 수준임. 동 공사는 그 원인을 크레인 보유대수 부족으로 판단하고 크레인 확충 등으로 생산성 향상대책을 추진 중이라고 밝히고 있음

따라서 터미널 규모가 비슷한 경우에는 CC당 담당하는 안벽 길이가 큰 차이를 보이지 않으며, 부산항의 4개 이상의 선석을 보유한 대형 터미널들이 상대적으로 CC 보유대수가 높은 것을 알 수 있다. TC 보유율은 CC 대비 2.38 ~ 2.79의 값을 가지며, 실제 작업에서는 전체 보유대수 중 평균 20% 정도는 정비, 주차 등으로 투입하지 않고 있다. YT 보유율은 CC 대비 4.00 이상의 값을 가지며, 평균적으로는 C/C 당 4대가 투입되어 조별 작업을 한다. 또한 CC 작업이 없을 경우 구내이적(Remarshaling)을 하며, 구내이적에 투입되는 비율은 50% 정도이다. 또한 본선작업 및 구내이적작업에 투입되지 않는 YT는 유지보수작업 및 예방정비작업을 수행하거나 휴식시간을 가진다.

2.2 국내 항만의 생산성 현황

국내에서 가장 일반적으로 적용하는 CC의 생산성은 총작업 시간당 처리한 컨테이너처리개수로 표현되는 총작업생산성으로 표현되며, Fig. 2와 같이 해마다 일정한 성장률로 성장하고 있으며, 선형적인 추세를 가지고 있다. 지난 10년간의 생산성 추세를 분석해보면 시간당 약20개에서 약25개로 시간당 5개 정도의 취급 생산성이 성장한 것을 알 수 있으며, 순작업생산성의 경우도 10년 동안 약5개 정도 성장한 것을 볼 수 있다.

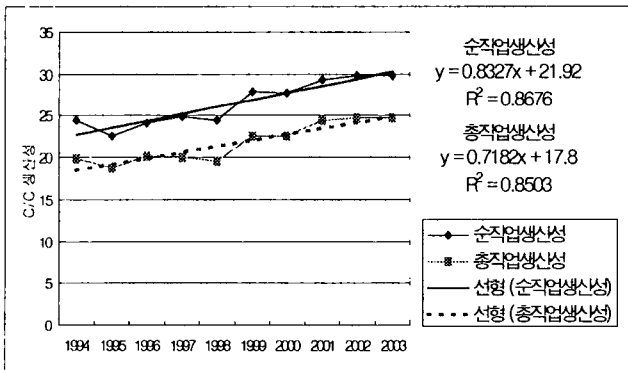


Fig. 2 Trends of CC productivity

Table 2 Stevedoring system and CC productivity in Pusan port

구분	하역시스템 구성(CC:YT:TC)			CC 생산성		
	CC 1대	CC당 YT수	CC당 TC수	2001년	2002년	2003년
자성대	1	4.8	2.4	22.7	19.6	21.1
신선대	1	7.6*	2.6	22.4	21.1	22.5
우암부두	1	4.0	2.6	21.1	19.3	19.4
감만부두	1	5.7	2.8*	26.4*	25.1*	24.6
감천부두	1	4.8	2.5	24.3	22.9	21.9
신감만	1	5.1	2.3	-	21.8	25.4*
평균	1	5.3	2.5	23.4	21.6	22.5

부산항 컨테이너터미널의 하역시스템 구성과 CC 생산성간의 관계는 Table 2에서와 같이 파악되었다. 부산항 컨테이너터미

널 전체의 CC:YT:TC의 비율은 1:5.3:2.5이었으며, CC당 YT수는 신선대가 7.6대로 가장 높았으며, 하역시스템 구성은 1:7.6:2.6이다. 또한 CC당 TC수는 감만부두가 2.8대로 가장 높았으며, 하역시스템 구성은 1:5.7:2.8이다.

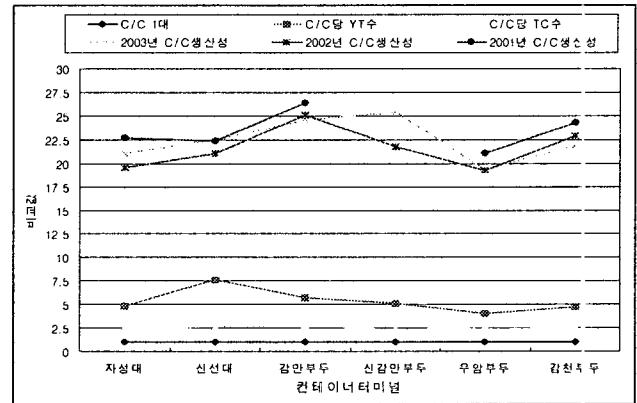


Fig. 3 equipment ratio and CC productivity by container terminals

Fig. 3에서와 같이 평균적인 CC 생산성이 가장 높은 감만부두가 CC당 TC수는 가장 높았지만 CC당 YT수는 신선대가 가장 높았다. 그렇지만 하역시스템을 구성하는 장비의 보유율이 높다고 해서 CC 생산성이 비례적으로 높은 것은 아니다. 따라서 현재의 장비 보유수량으로 CC 생산성을 최대한 발휘하고 있다고 판단하기 어려우며, 안벽시스템, 이송시스템, 적재시스템에 사용되는 CC, YT, TC의 하역시스템이 최적 조합으로 구성되어 보유하고 있지 않다고 판단할 수 있으며, 생산성을 최대한 발휘할 수 있도록 하역시스템 구성 장비들의 생산성을 평가할 평가지표가 요구된다.

3. 평가함수

CC의 생산성에 영향을 미치는 대기시간의 경우도 YT의 대기시간과 합산하여 최소화하는 방법을 적용하며, 대기시간합을 최소로 하는 YT대수를 사용하는 방법도 제안되었다(최용석 외, 2004).

그러나 본 연구에서 컨테이너터미널의 결합생산성 분석을 위한 개념 모형은 CC, YT, TC가 결합되어 나타나는 생산성으로 정의하며, 여기에 안벽의 양적하작업과 외부트럭에 의한 반출입이 조화를 이루는 시스템으로 가정하였다. 따라서 장비간의 보유율이 비교를 위한 대안 또는 의사결정을 위한 변수의 역할을 한다.

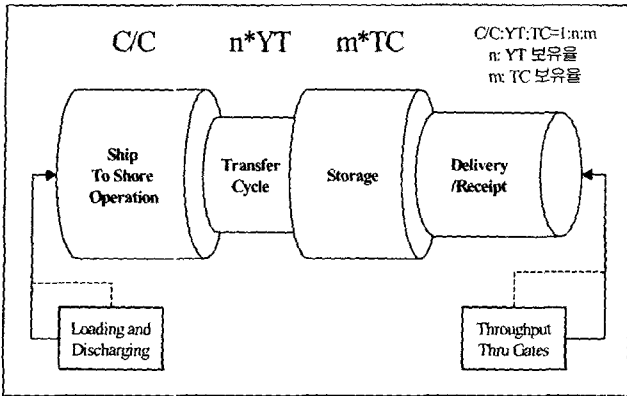


Fig. 4 Concept model for analysis of combined productivity

시뮬레이션 실험 결과값으로 각 장비별 통계량을 산출한 후 이를 분석하기 위한 평가함수를 정의하며, 장비조합에 의한 생산성의 평가함수의 목적값은 각 장비작업에서 발생하는 안벽에서의 대기값과 야드에서의 대기값의 조합에 의한 값을 최소화하는 것을 의미한다. 이를 산정하기 위한 변수를 다음과 같이 정의하였다.

$W_r(CC)$: CC의 YT 평균대기시간비율

$W_r(TC)$: TC의 YT 평균대기시간비율

$W_r(YT+CC)$: YT의 CC앞 평균대기시간비율

$W_r(YT+TC)$: YT의 TC앞 평균대기시간비율

A_w : CC와 YT의 안벽에서의 평균대기값

Y_w : TC와 YT의 야드에서의 평균대기값

w_1 : 안벽대기 가중치($w_1 > w_2 + M$)

w_2 : 야드대기 가중치($w_2 > 0$)

P : 결합생산성 평가함수

정의된 기호를 이용하여 평가함수를 모형화하면 다음과 같다.

[대기시간비율 산출방식]

$$A_w = W_r(CC) + W_r(YT+CC) \quad (1)$$

$$Y_w = W_r(TC) + W_r(YT+TC) \quad (2)$$

$$P = w_1 * A_w + w_2 * Y_w \quad (3)$$

평가함수 P 에 대한 값을 비교하여 최소값을 구하는 문제로 간주하여 시나리오를 수립하면, 각 장비의 대수에 대한 시나리오는 $S(N_{CC}, N_{TC}, N_{YT})$ 로 정의하여 CC, TC, YT 각 장비의 대수에 대한 장비조합으로 시나리오를 설정하였으며, N_{CC} 는 CC 할당대수, N_{TC} 는 TC 할당대수, N_{YT} 는 N_{CC} 당 YT 할당대수를 의미

한다.

4. 시뮬레이션 분석

4.1 실험 환경

컨테이너터미널에서 자원의 사용중 가장 중요한 의사결정은 컨테이너선 입항시 CC를 몇 대 할당할 것인지를 결정하는 것이며, CC 대수에 따라 YT대수 및 TC대수가 결정되는 그룹(Gang)단위의 작업을 하게 된다. 특히 안벽에서 CC 1대가 더 추가될 경우에는 작업인원수는 40명이나 추가되는 만큼 중요한 의사결정으로 간주한다.

5,000TEU급 선박의 경우 보통 작업 물량이 1,500VAN 이상 이므로 4대를 할당하게 된다. 부산항의 경우 CC의 총작업시간 당 생산성이 25개를 밀붙여 4대를 할당할 경우 95lifts/h 정도의 생산성을 가지기 때문에 선박에 대한 서비스를 맞추기 위해서 100lifts/h를 목표로 하여 작업을 한다.

선박당 물량이 2,000VAN을 초과할 경우는 5,000TEU급 이상의 선박이며, 이 경우는 CC 4대를 할당하여야 재항시간 24시간을 만족시킬 수 있다. 부산항 컨테이너터미널의 경험적 수치에서도 선박당 4대의 CC를 할당할 경우 100lifts/h를 달성하는 정도의 수준이다. 향후 8,000TEU급의 선박을 가정할 경우 최소 4대 이상을 할당하여야 하며, 이 경우 양하작업시에는 5대를 할당하더라도 적하작업시에는 4대를 할당하는 패턴을 따르게 된다.

따라서 CC 4대를 할당하여 작업을 하는 부산항 감만부두의 (주)대한통운의 한 선석을 대상으로 하여 실증분석을 하였다.

시뮬레이션 실험을 위해 필요한 물동량 자료, 장비성능 및 수량, 터미널 운영을 위한 정책, 시설물에 사양 등의 다양한 입력자료들을 수집하여 시뮬레이션 프로그램에 적합하도록 가공을 하여 사용하였다.

실험을 위해서 대상으로 선정한 컨테이너터미널의 물동량 자료는 아래와 같이 연간 컨테이너 처리물량을 가정하였다.

- 수출 컨테이너 물동량 : 268,594 TEU
- 수입 컨테이너 물동량 : 259,862 TEU
- 환적 컨테이너 물동량 : 217,212 TEU
- TEU/VAN 비율 : 1.5

이상의 컨테이너 물동량에 대해서 예비실험을 수행하여 초기장비 수량을 예측하였으며, 컨테이너 터미널에서 사용되는 장비에 대해서는 Table 3과 같이 장비성능을 고려하였다. 그리고 컨테이너터미널의 운영에 대한 기본값은 Table 4와 같이 설정하고, 시설물을 구성하기 위한 기본 입력 자료는 Table 5와 같이 설정하였다.

Table 3 Input data of equipment

속성 \ 장비구분	CC	TC	YT	외부 차량
기본 장비대수	4	10	24	-
작업시간(초)	N(112.8, 31.2)	N(87, 19.3)	-	-
이동속도(km/h)	3	8	20	20

Table 4 Input data of operation policy

운영 정책	
반입허용 시작시간	24시간 운영
반입허용 마감시간	24시간 운영
무료장치기간	수입(3일), 수출(4일), 환적(7일)
선석당 CC수	4대
CC당 YT수	6대
CC작업성능	25lifts/h
선박도착시간 간격	평균 2시간
선박의 선석 접안시간	40분
선박의 선석 이안시간	20분

Table 5 Input data of gate and yard

게이트 사양		장치장 사양	
입구 수	3	수출 블록수	13
출구 수	2	수입 블록수	9
서비스시간 (초)	UN(20,30)	블록 베이수	20
		블록 열수	6
		블록 단적수	5

4.2 실험 결과 분석

실험에서 결과값은 $S(N_{CC}, N_{TC}, N_{YT})$ 에 대해서 CC대수를 4대로 고정하고, TC대수변화, YT대수변화에 대해서 각각 분석하였다. 여기서는 안벽 및 야드의 가중치는 각각 $w_1=1, w_2=1$ 의 경우를 가정하였다.

Table 6에서 $W_r(CC)$ 는 YT대수가 늘어날수록 감소하고 TC대수가 늘어갈수록 감소함을 볼 수 있다.

Table 6 Mean waiting time rate of CC($W_r(CC)$)

TC대수 \ YT대수	6	8	10	12	14
2	68.14	63.78	60.07	59.81	59.02
3	58.86	50.24	43.53	42.31	39.83
4	52.95	38.90	29.72	26.71	23.80
5	50.26	33.50	19.25	13.99	10.31
6	46.00	29.57	12.10	5.76	1.31*

$W_r(TC)$ 는 YT대수가 늘어나면 감소하고 TC대수가 늘어나면 증가한다.

Table 7 Mean waiting time rate of TC($W_r(TC)$)

TC대수 \ YT대수	6	8	10	12	14
2	19.67	27.85	35.31	40.59	44.28
3	15.24	23.38	31.99	37.59	45.41
4	11.57	19.31	26.91	34.54	41.32
5	9.73	14.53	22.15	30.39	37.36
6	6.76*	11.65	18.53	26.44	36.70

$W_r(YT+CC)$ 는 YT 5대 이상, TC 10대 이상일 때 급격히 증가한다.

Table 8 Mean waiting time rate of YT in front of CC ($W_r(YT+CC)$)

TC대수 \ YT대수	6	8	10	12	14
2	1.05*	1.30	1.61	1.62	1.30
3	1.81	2.62	3.41	3.51	3.59
4	2.26	3.97	5.45	5.81	6.20
5	2.37	4.73	7.79	8.81	9.50
6	2.63	5.38	10.78	13.61	17.51

Table 9 Mean waiting time rate of YT in front of TC ($W_r(YT+TC)$)

TC대수 \ YT대수	6	8	10	12	14
2	27.47	17.88	12.24	8.74	6.85*
3	36.68	23.34	15.39	11.49	7.37
4	44.94	28.04	18.73	12.74	3.79
5	52.97	35.91	22.51	14.66	10.04
6	56.98	42.21	25.95	16.61	9.19

$W_r(YT+TC)$ 는 YT 대수와 TC 대수가 늘어날수록 감소한다.

Table 10 Waiting value of apron(A_w)

TC대수 \ YT대수	6	8	10	12	14
2	69.19	65.08	61.69	61.43	60.61
3	60.68	52.86	46.94	45.82	43.42
4	55.21	42.87	35.17	32.53	29.80
5	52.63	38.23	27.05	22.81	19.76
6	48.64	34.95	22.88	19.38	13.83*

Table 10에서 A_w 는 YT가 5대 이상이고 TC가 12대 이상이면 감소세가 안정화되며, Table 11에서 Y_w 는 YT 4대 이상이

면 TC가 10대 이상에서 감소세를 보인다.

Table 11 Waiting value of yard(Y_w)

TC대수 \ YT대수	6	8	10	12	14
2	47.14	45.73	47.55	49.33	51.13
3	51.93	46.72	47.39	49.09	52.79
4	56.51	47.35	45.64	47.29	50.11
5	62.70	50.44	44.65	45.05	47.10
6	63.73	53.87	44.48	43.05*	45.90

Table 12 Values of evaluation function(P)

TC대수 \ YT대수	6	8	10	12	14
2	116.33	110.82	109.24	110.76	111.75
3	112.61	99.59	94.32	94.91	96.21
4	111.72	90.22	80.81	79.82	79.92
5	115.33	88.67	71.70	67.85	66.87
6	112.37	88.82	67.36	62.43*	64.73

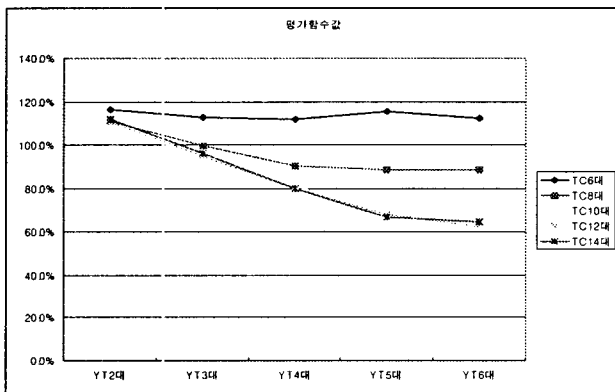


Fig. 5 Graph of evaluation function(P)

Table 13 relatively savings effect

TC대수 \ YT대수	3	8	10	12	14
2	0.54	0.48	0.47	0.48	0.49
3	0.50	0.37	0.32	0.32	0.34
4	0.49	0.28	0.18	0.17	0.17
5	0.53	0.26	0.09	0.05	0.04
6	0.50	0.26	0.05	0.00*	0.02

Table 13에서 TC 10대 이상에서 상대적 절감효과(savings effect)가 급격히 감소하며, YT는 5대 이상이 되면 감소세가 많이 발생한다. 따라서 YT 6대, TC 12대에서 가장 결합생산성이 좋은 장비조합이다.

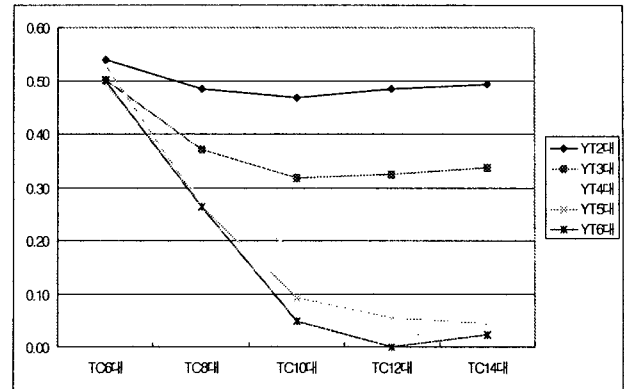


Fig. 6 Graph of savings effect

Fig. 6에서 보는바와 같이 시나리오 중에서 상대적 낭비효과를 도시하여 보면 절감효과가 0인 YT 6대, TC 12대가 하역시스템의 대기현상을 가장 최소화하는 대안이며, 이때 장비조합은 S(4,12,6)이다.

따라서 기존에 보유하고 있는 TC 대수 10대를 12대로 변경할 경우 결합생산성의 목적함수인 대기현상을 최소화하면서, 또한 장비보유에 따른 상대적 낭비효과가 최저 수준이 될 수 있음을 의미한다. 이때 CC:YT:TC의 구성비율은 1:6:3이다.

그러나 위의 실험 결과는 선박이 접안한 상태에서 특정 물동량을 처리하는 작업조건을 부여하여 실험하였고, 한 선박에 고정된 4대의 CC로 인하여 시나리오의 수를 줄일 수 있었지만 YT의 보유수준이 높아 이송장비에 대한 범위가 크다.

현재의 장비보유수준에서 YT는 최대한 활용하는 것이 생산성 측면에서는 유리하나 TC는 현재의 10대에서 12대로 늘리는 것이 결합생산성 측면에서 하역시스템 낭비효과를 가장 최소화할 수 있는 방안으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 먼저 항만 컨테이너터미널에 대한 생산성을 하역장비의 결합으로 인한 결합생산성 측면에서 살펴보고, 결합생산성 분석을 위한 모형을 수립한 후 CC, YT, TC의 대기시간과 관련된 통계량을 이용한 평가함수를 설정하였다. 설정된 평가함수는 CC, YT, TC 장비조합에 대한 시나리오에 따라 시뮬레이션 실험을 수행하였다. 각 장비의 대수변화에 따른 결합생산성을 분석하여 장비대수 변화에 대한 평가를 통해서 애로공정인 대기현상을 가장 최소화하는 장비대안을 산출하였다.

개발된 평가함수와 결합생산성 모형은 항만 개발시 장비소요규모 산출을 위해서 적용가능하며, 컨테이너터미널의 성능을 반영하는 다양한 생산성 평가방안을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 양창호, 최용석(2002), “컨테이너터미널 계획 시뮬레이션 모델링 개발방향 연구”, 해양정책연구, 17(4), 67-110.
- [2] 양창호, 최용석, 하태영(2003), “컨테이너터미널의 운영정보 시스템 신기술 개발방향”, 로지스틱스 연구, 11(2), 73-94.
- [3] 윤원영, 최용석, 송진영, 양창호(2001), “컨테이너터미널에서 컨테이너 크레인의 하역능력 추정에 관한 시뮬레이션 연구”, IE Interface, 14(1), 67-78.
- [4] 최용석, 김우선, 하태영(2004), “컨테이너터미널의 야드 트랙터 소요대수 추정”, 한국항해항만학회지, 28(6), 549-555.
- [5] Dolly Robinson(1999), “Measurements of Port Productivity and Container Terminal Design”, Cargo Systems.
- [6] Eleanor Hanland(2003), “Measuring Productivity”, Drewry Shipping Consultants.
- [7] Itsuro Watanabe(2001), “Container Terminal Planning - A Theoretical Approach”, World Cargo News.