한국항해항만학회지 제29권 제6호, pp. 547~553, 2005 (ISSN-1598-5725)
Journal of Korean Navigation and Port Research

고성능 안벽크레인의 터미널 하역 생산성 비교분석

하태영* · 최용석**

*, ** 한국해양수산개발원, 해운물류항만연구센터

A Comparative Study on Productivity of High Performance Quay Crane in Container Terminal

*Tae-Young Ha** · *Yong-Seok Choi***

*, ** *Shipping, Logistics and Port Research Center, Korea Maritime Institute, Seoul, 137-851 Korea*

요 약 : 본 연구에서는 수직배치형 장치장 블록형태의 자동화 컨테이너 터미널을 대상으로 안벽에서 컨테이너의 양·적하 작업을 수행하는 안벽크레인(Q/C)에 대한 하역생산성을 평가해 보았다. 분석 대상이 되는 안벽크레인의 유형으로 기존의 싱글트롤리 타입외에 차세대 안벽크레인으로 인식되고 있는 듀얼트롤리, 더블트롤리, 수직순환식의 하역방식을 가지는 네 가지 장비이다. 이들은 각기 다른 방식으로 선박의 컨테이너를 하역하며, 이들 각각에 대해 기계적 생산성과 순작업 생산성을 산출해 보았다. 특히, 안벽크레인의 순작업 생산성을 산출하기 위해 각 장비에 대한 시뮬레이션 모델을 수립하고 이를 적용한 시뮬레이션 시스템을 개발하였으며, 개발된 시뮬레이션 시스템을 통해 네 가지 안벽크레인에 대한 다양한 시뮬레이션이 수행되었다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널, 수직배치형 블록, 싱글트롤리, 듀얼트롤리, 더블트롤리, 슈퍼테이너

Abstract : *The purpose of this paper is to evaluate the quay crane productivity in automated container terminal with perpendicular yard layout. In particular, four quay crane (single trolley/dual trolley/double trolley/supertainer) are considered to evaluate the productivity on the terminal performance. Each quay crane load or unload containers by a different process. For each quay crane, two productivities are considered and compared: mechanical productivity, net productivity. As the net productivity of quay crane is significant, in this paper, an application of simulation model to simulate automated container terminal is developed and a wide variety of computational experiments were conducted.*

Key words : *Container terminal, Perpendicular layout, Single trolley, Dual trolley, Double trolley, Supertainer*

1. 서 론

컨테이너 터미널의 하역생산성을 결정하는 주요 지표로 안벽크레인(Quay Crane, Q/C)의 하역생산성인 시간당 처리량(개수/시간)이 주로 사용되고 있다. 안벽크레인의 생산성은 크게 3가지 기준에서 각각 기계적 생산성, 순작업 생산성, 총작업생산성으로 구분되어 산정되는 것이 일반적이다. 이들 생산성은 장비의 기계적 제원에 따른 1회 작업 싸이클(1 cycle)정보만을 기준으로 한 기계적 생산성값이 수치상으로 가장 높으며, 다음으로 순작업 생산성, 총작업 생산성의 순으로 큰 값을 가진다. 순작업 생산성의 경우는 기본적인 이송 및 야드작업이 원활히 지원되는 상태에서 하역생산성을 의미하지만, 총작업 생산성은 순작업 생산성에 크레인의 고장, 수리, 작업자 교대 등을 추가로 고려하여 산출되므로 터미널의 작업환경에 따라 상이한 값을 가질 수 있다.

현재 국내의 컨테이너 터미널에서 사용되고 있는 안벽크레인은 모두 싱글트롤리(Single Trolley) 유형의 장비로 기계적 생산성은 45(개/시간) 수준이며, 순작업 생산성과 총작업 생산성은 각각 평균 29.8(개/시간), 24.7(개/시간)로 집계되고 있다(2003년도 컨테이너화물 유통추이 및 분석, 한국컨테이너부두공단). 이런 싱글트롤리 유형의 크레인은 1개의 트롤리가 2개의 작업지점을 단독으로 순회하는 작업방식으로 선박의 대형화에 취약한 하역생산성을 나타내고 있기 때문에 생산성 향상에 이미 한계를 보이고 있다.

이에 대한 관련문헌을 살펴보면, C. Davis(2001)은 현재의 선박대형화에 싱글형 크레인의 한계점 및 취약점을 지적하였다. 항만설계 전문기업의 Michael A. Jordan(1997, 2002)은 3가지 유형의 차세대 안벽크레인의 기계적 생산성을 분석하였으며, 선박의 재항시간을 단축하기 위한 다양한 작업방식의 차세대 안벽크레인의 개발 방향에 대해 소개하였다. 한편, 안벽크레인의 순작업 생산성은 이송장비와의 연계작업이 고려되어야 함으로, 이에 관한 연구로 최용석 외(2004)는 재래식 컨테이너 터미널에서 야드트럭의 적정 소요대수를 시뮬레이션 기법을 사용하여 산출하였으며, 하태영 외(2004)는 자동화 터미널의

* 대표저자 : 하태영(정회원), haty@kmi.re.kr 02)2105-2887
** 종신회원, drasto@kmi.re.kr 02)2105-2886

이송장비인 AGV에 대해 두 가지 운영방식(closed loop, cross lane)에 대한 이송능력을 평가한 연구를 수행하였다.

현재, 안벽크레인 하역생산성을 더욱 향상시킬 수 있는 다양한 작업방식의 차세대 안벽크레인의 개념 및 기술개발이 이루어지고 있는 상황에서, 본 연구는 차세대 안벽크레인으로 부각되고 있는 듀얼트롤리, 더블트롤리, 수직순환식 크레인의 하역 생산성을 기계적 생산성 및 순작업 생산성 측면에서 기존의 싱글트롤리와 비교분석해 보았다. 본 연구의 결과를 통해 기존의 터미널 하역생산성을 향상시킬 수 있는 차세대 안벽크레인의 개발방향을 수립할 수 있을 것으로 본다.

2. 터미널 하역작업

2.1 양하 및 적하

안벽크레인과 관련된 터미널의 하역작업은 크게 2가지로 구분되는데, 선박으로부터 컨테이너를 터미널 내부로 내리는 양하작업과 터미널 내부 장치장의 컨테이너를 선박에 적재하는 적하작업이 있다. 양하 및 적하작업시에는 이송장비가 안벽과 장치장간의 운반작업을 수행하고 장치장내 컨테이너 하역작업은 야드크레인이 담당한다.

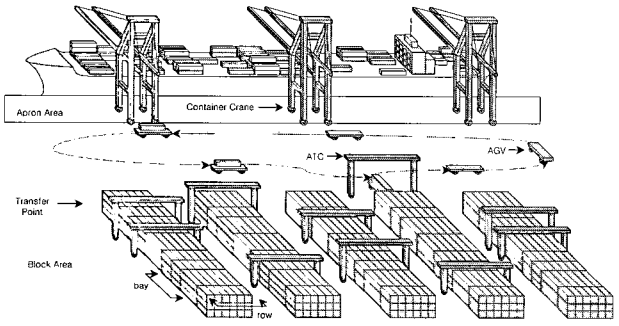


Fig. 1 Stevedoring system in container terminal

Fig. 1은 수직배치형 터미널에서 안벽, 이송, 야드장비간의 하역작업관계를 나타낸 것이다. 보통 1대의 안벽크레인에 다수의 이송장비와 야드장비가 한개의 조를 이루어 작업이 진행되고, 터미널 상황에 따라 장비간의 대기현상으로 작업지연이 발생하기도 한다. 이러한 장비간 대기현상으로 장비의 순작업 생산성은 기계적 생산성보다 낮아지게 되며, 기계적 생산성이 높은 안벽크레인이라해도 이송 및 야드작업의 지원수준에 따라 순작업 생산성 값은 매우 유동적인 값을 가질 수 있다.

2.2 안벽크레인 유형

현재 국내에서는 싱글트롤리 유형의 안벽크레인 한가지 유형만이 사용되고 있는데, 먼 작업거리를 1개의 트롤리가 순회하기 때문에 하역생산성이 높지 않고 선박의 대형화에도 취약한 점을 가지고 있다. 이러한 이유로 다양한 작업방식의 차세대 안벽크레인이 개발되고 있는 추세이다. 본 연구의 대상이 되는 안벽크레인 유형에 대해 살펴보면 다음과 같다.

① 싱글트롤리(Single Trolley)

하나의 트롤리가 부착된 안벽크레인으로 1회의 선회작업시 1개의 컨테이너를 양·적하할 수 있다. 기존의 대부분 터미널에서 이 유형의 장비를 사용하고 있는데, 싱글트롤리 크레인의 동작원리는 다음과 같다.

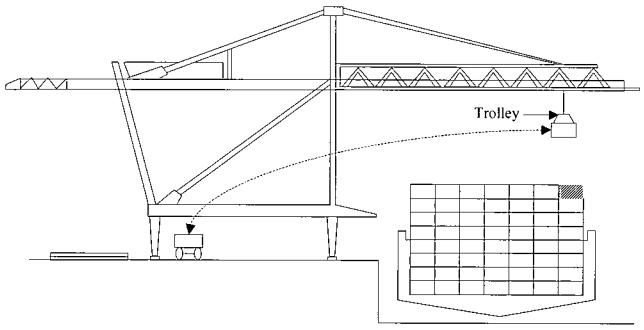


Fig. 2 Single trolley operation

② 듀얼트롤리(Dual Trolley)

이 크레인은 중앙부분에 버퍼공간을 두고 두개의 트롤리가 작업거리를 분담하는 형식이다. 버퍼공간을 사용하기 때문에 추가로 버퍼하역작업이 발생하며, 버퍼의 크기에 따라 두 트롤리의 간섭이 예상되나 2개 이상일 경우 작업간섭을 배제할 수 있는 구조이다.

③ 더블트롤리(Double Trolley)

두개의 트롤리가 부착된 점은 듀얼과 동일하나 작업거리를 분할하지 않고 각 트롤리가 독립적으로 하역을 한다는 점에서 듀얼과 차이가 있다. 그러나, 두 트롤리간의 작업간섭이 해측과 육측작업지점에서 발생하는 특징을 가지고 있다.

④ 수직순환식 트롤리(Supertainer)

두개의 트롤리와 한개의 트래버서가 부착된 크레인으로 두 트롤리는 해측과 육측에서 각각 양·적하작업만을 수행한다. 중앙의 트래버서는 해측과 육측간 수평이송작업을 전담하는 형식으로 컨테이너 이적작업이 해측과 육측 2지점에서 발생하는 특징이 있다.

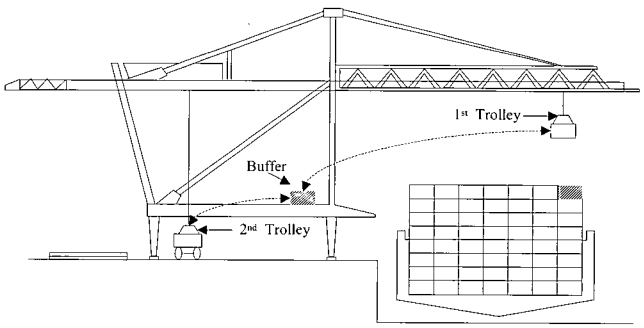


Fig. 3 Dual trolley operation

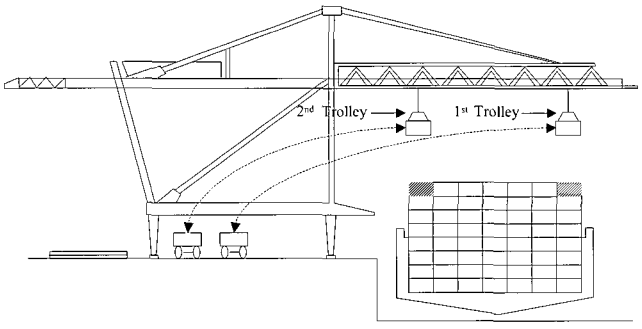


Fig. 4 Double trolley operation

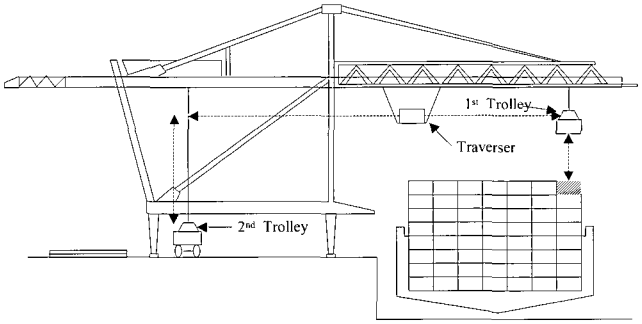


Fig. 5 Supertainer operation

3. 크레인 생산성

3.1 산출기준

안벽크레인의 생산성은 시간당 컨테이너 양 · 적하개수로, 크게 다음과 같은 3가지 기준의 생산성이 사용된다.

Table 1 Q/C productivity

구분	산출근거
기계적 생산성	기계적 성능에 기준한 이론적인 생산성
순작업 생산성	장비간 대기시간을 고려하여 산출된 생산성
총작업 생산성	크레인의 고장, 작업자교대 등 터미널 환경등을 고려하여 산출된 생산성

일반적으로 기계적 생산성은 크레인의 제원을 토대로 1회 작업싸이클을 계산함으로써 쉽게 산출이 가능하다. 그러나, 순작업 생산성과 총작업 생산성은 안벽크레인 단독작업이 아니므로 산술적인 계산이 용이하지 않다. 특히, 총작업생산성은 터미널의 환경적인 요소를 추가로 고려해야 한다는 점에서 객관적인 산출에 어려움이 많다.

따라서, 본 연구에서는 안벽크레인의 기계적 생산성과 순작업 생산성을 비교평가 대상으로 하며 기계적 생산성은 작업싸이클에 기준한 수치계산으로, 순작업 생산성은 수립된 모형에 의한 시뮬레이션 분석을 통하여 산출하도록 한다.

3.2 기계적 생산성

안벽크레인의 기계적 생산성은 1회 작업싸이클을 시간단위로 환산것으로, 하역작업시 트롤리의 이동거리와 기계적 성능에 기초하여 비교적 용이하게 계산할 수 있다.

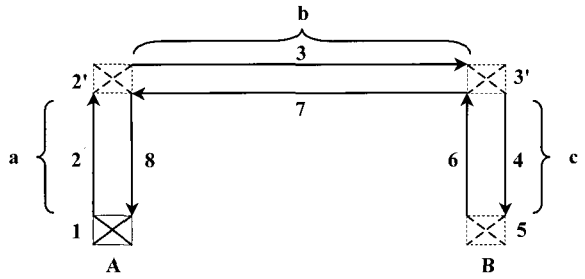


Fig. 6 Cycle path of trolley

앞서 제시된 4가지 유형에서 각 장비의 트롤리와 트래버서의 이동거리는 다소 차이는 있으나, 기본적으로 수직 및 수평이동의 반복작업이며, Fig. 6와 같은 작업과정을 거친다.

Fig. 6에 표시된 A지점은 싱글트롤리/더블트롤리/수직순환식의 경우 안벽의 차량위치가 되고 B지점은 선박적재위치가 된다. 또한, 싱글트롤리의 경우 1개의 트롤리가, 더블트롤리의 경우 2개의 트롤리가 각각 순회작업을 하며, 수직순환식의 경우에는 a구간은 2nd트롤리, b구간은 트래버서, c구간은 1st 트롤리가 각각 분담하는 형식이다. 듀얼트롤리의 경우는 1st 트롤리를 기준으로 할때 A지점이, 2nd트롤리를 기준으로 할때 B지점이 크레인의 버퍼지점으로 간주될 수 있다.

각 크레인성능과 주작업경로(Critical Path)를 토대로 4가지 유형의 기계적 생산성을 산출하면 다음과 같다.

Table 2 Q/C specification

구분	부하시	무부하시
호이스트속도	240m/sec	240m/sec
트롤리속도	90m/min	180m/min
안착/탈착시간	2sec	2sec
Distance a	듀얼 1st: 14m, 그 외: 18m	
Distance b	듀얼 1st: 43m, 그 외: 74m	
Distance c	17m	

Table 2는 각 크레인의 제원과 작업싸이클을 산정하기 위한 이동거리를 정리한 것이며, Table 3은 각 크레인의 작업싸이클을 산출하기 위한 이동지점을 순차적으로 나타낸 것이다.

Table 3 Critical path of each Q/C

구분	적용대상	주작업경로
싱글	트롤리	1(apron)→2→3→4→5→6→7→8
듀얼	1st 트롤리	1(buffer)→2→3→4→5→6→7→8
더블	1st, 2nd 트롤리	1(apron)→2→3→4→5→6→7→8
수직순환	트래버서	2'→3→3'→7

Table 2와 Table 3을 토대로 각 안벽크레인의 기계적 생산성을 계산하면 Table 4와 같이된다.

Table 4 Q/C productivity by cycle time

구분	싸이클타임	기계적 생산성
싱글	75.00sec	48.00lifts/hr
듀얼	56.50sec	63.72lifts/hr
더블	76.00sec	94.74lifts/hr
수직순환	41.00sec	87.80lifts/hr

더블트롤리의 경우 2개의 트롤리가 작업하므로 산술적으로 싱글트롤리의 2배에 해당하는 값으로 계산되어질 수 있다.

3.3 순작업 생산성

순작업 생산성의 경우는 장비간의 대기시간을 고려해야 하며, 이는 하역작업시 이송, 야드장비와의 연계상황에서 발생하므로 수리적인 분석에 매우 어려움이 있다. 따라서, 본 연구에서는 시뮬레이션을 통해 안벽크레인의 순작업 생산성을 산출하였다.

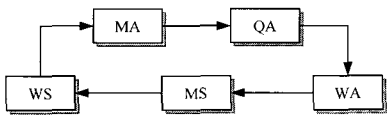
4. 모델 설계

본 연구에서는 안벽크레인의 하역작업 과정을 묘사할 수 있는 시뮬레이션 모델을 수립하였다. 모델의 설계는 정의된 작업상태와 상태전이도를 토대로 크레인의 하역작업을 작업상태의 반복적인 과정으로 표현한 것으로, 이러한 상태정의와 상태전이도는 분석의 목적에 따라 작업상태와 상태전이도를 재구성하여 사용할 수 있는 이점을 가지고 있다. 상태정의와 상태전이도의 설계대상은 크레인에 부착된 트롤리가 된다.

4.1 싱글트롤리 모델

1개의 트롤리에 대해 총 5가지 상태정의와 전이도로 구성된 시뮬레이션 모델을 설계하였다.

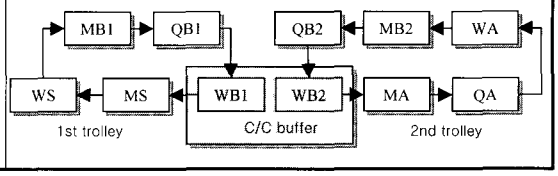
Table 5 Definition of states for single trolley

상태	작업내용
WS	선박작업지점에서 양·적하
MA	선박작업지점에서 안벽작업지점으로 이동
QA	안벽작업지점에서 이송장비를 대기
WA	안벽작업지점에서 양·적하
MS	안벽작업지점에서 선박작업지점으로 이동
전이도	

4.2 듀얼트롤리 모델

2개의 트롤리에 대해 총 11가지 상태로 정의하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

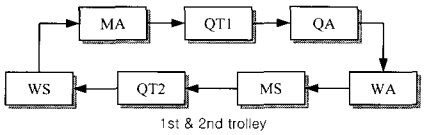
Table 6 Definition of states for dual trolley

상태	작업내용
WS	선박작업지점에서 1st가 양·적하
MB1	선박작업지점에서 1st가 버퍼지점으로 이동
QB1	버퍼지점에서 1st가 대기
WB1	버퍼지점에서 1st가 양·적하
MS	버퍼지점에서 1st가 선박작업지점으로 이동
WA	안벽작업지점에서 2nd가 양·적하
MB2	안벽작업지점에서 2nd가 선박작업지점으로 이동
QB2	버퍼지점에서 2nd가 대기
WB2	버퍼지점에서 2nd가 양·적하
MA	버퍼지점에서 2nd가 안벽작업지점으로 이동
QA	안벽작업지점에서 2nd가 이송장비를 대기
전이도	

4.3 더블트롤리 모델

2개의 트롤리에 대해 총 7가지 상태로 정의하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

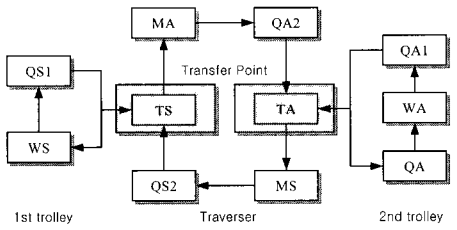
Table 7 Definition of states for double trolley

상태	작업내용
WS	선박작업지점에서 양·적하
MA	선박작업지점에서 안벽작업지점으로 이동
QT1	안벽작업지점에서 트롤리간 작업간섭으로 대기
QA	안벽작업지점에서 이송장비를 대기
WA	안벽작업지점에서 양·적하
MS	안벽작업지점에서 선박작업지점으로 이동
QT2	선박작업지점에서 트롤리간 작업간섭으로 대기
전이도	

4.4 수직순환식 트롤리 모델

2개의 트롤리와 1개의 트래버서에 대해 총 11가지 상태로 정의하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

Table 8 Definition of states for supertainer

상태	작업내용
WS	선측에서 양 · 적하
QS1	해측에서 해측트롤리가 중앙트래버서를 대기
QS2	해측에서 중앙트래버서가 해측트롤리를 대기
TS	해측에서 컨테이너 이적작업
MA	중앙트래버서가 해측에서 육측으로 이동
QA1	육측에서 육측트롤리가 중앙트래버서를 대기
QA2	육측에서 중앙트래버서가 육측트롤리를 대기
TA	육측에서 컨테이너 이적작업
MS	중앙트래버서가 육측에서 해측으로 이동
QA	육측트롤리가 이송장비를 대기
WA	안벽에서 양 · 적하
전이도	

5. 생산성 비교분석

5.1 시뮬레이션 수행방법

시뮬레이션 분석은 1개 선석(350m)에 수직배치형태의 장치장 구조(7개 블록)를 가지는 자동화 터미널을 대상으로 하였으며, 이송장비와 야드장비의 연계성을 고려하여 분석하였다.

Table 9 Terminal Configuration for simulation

구 분	설 정
장 치 장	수직배치형, 블록당 41베이, 9열 5단
안벽장비	1개 선석(350m), 4대
이송장비	close loop운행방식, 조별 작업
야드장비	블록당 2대 배치, 교행가능

야드 장비의 작업설정은 블록당 2대가 본선작업에 투입되는 경우(14대)를 대상으로 하였으며, 이송장비의 작업설정은 Q/C와 조별작업을 수행하므로 Q/C당 2~7대를 투입하여 운행속도(2.0m/s~6.0m/s)에 따라 Q/C의 생산성 변화를 분석하였다.

5.2 시뮬레이션 결과

이송장비의 주행속도와 조별 투입대수에 따른 QC의 생산성 분석 시나리오는 총 25개로 그 결과는 다음과 같다.

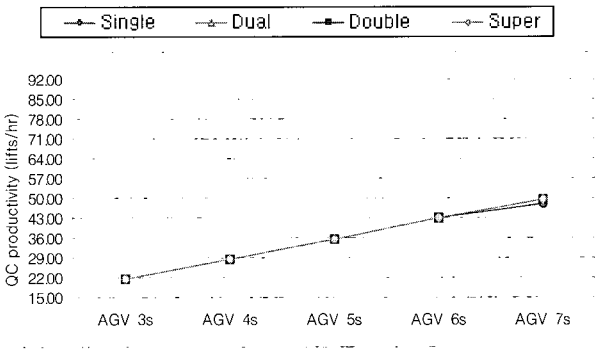


Fig. 7 Q/C productivity by vehicle fleets(2.0m/sec)

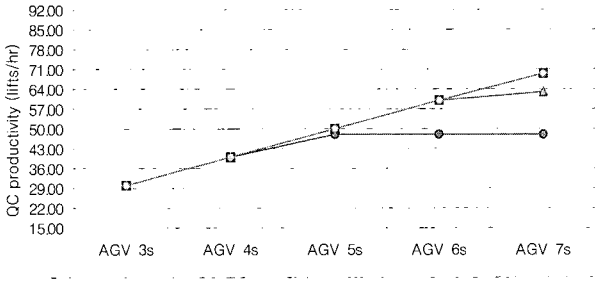


Fig. 8 Q/C productivity by vehicle fleets(3.0m/sec)

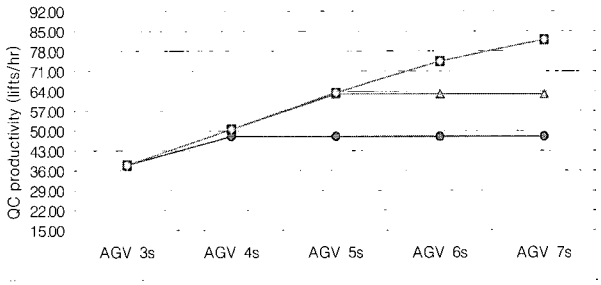


Fig. 9 Q/C productivity by vehicle fleets(4.0m/sec)

평균주행속도 2.0m/s 운행시에는 4가지 유형의 Q/C가 기계적 생산성에 상관없이 Q/C의 순작업 생산성은 거의 차이가 없는 것으로 분석되었다. 평균주행속도 3.0m/s이상부터는 AGV의 운행대수에 따라 각 Q/C의 순작업 생산성에 분명한 차이를 보였다.

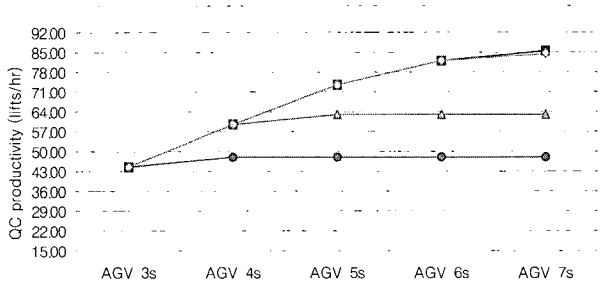


Fig. 10 Q/C productivity by vehicle fleets(5.0m/sec)

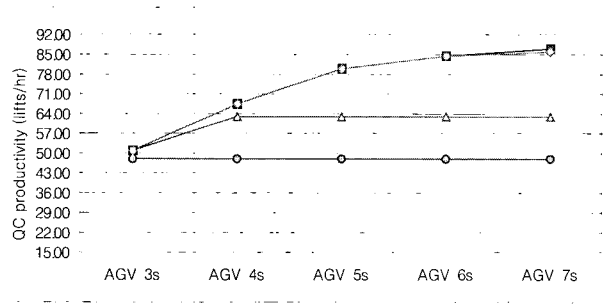


Fig. 11 Q/C productivity by vehicle fleets(6.0m/sec)

생산성에서 차이를 보인 Q/C에 대해 살펴보면, 싱글 Q/C의 경우 3.0m/s(5대), 4.0m/s(4대), 5.0m/s(3대), 6.0m/s(2대)지점, 듀얼 Q/C의 경우 3.0m/s(6대), 4.0m/s(5대), 5.0m/s(4대)지점을 기점으로 각각 상대적으로 기계적 생산성이 높은 Q/C와 차이를 보이기 시작했으며, 이는 AGV의 운행속도가 증가할수도 더욱 커지는 현상을 보였다.

한편, 기계적 생산성이 상대적으로 높은 더블과 수직순환식 Q/C의 경우는 AGV의 주행속도와 운행대수에 무관하게 거의 동일한 생산성을 나타내는 것으로 분석되었다. 이것은 현재의 이송장비의 주행속도(최대 6.0m/s)와 운행대수(Q/C당 7대)가 이들 Q/C의 기계적 싸이클 타임을 충족시킬 수 없었음을 의미하고 있다. 따라서 작업시 Q/C의 대기시간비율이 많이 발생한 결과라 할 수 있다.

Table 10~14는 각 시나리오 별로 Q/C의 대기시간비율을 산출한 것으로, 회색으로 표시된 부분은 AGV 운행대수를 기준으로 각 Q/C간의 생산성이 10%미만의 차이를 보이는 경우에 대기시간비율이 상대적으로 낮은 것을 표시한 것이다. 이것은 기계적 생산성에 비해 순작업 생산성이 상대적으로 높은 것으로 효율적인 하역시스템 구성으로 볼 수 있다.

Table 10 Waiting rates of Q/C by vehicle fleets(2.0m/sec)

구분	AGV 3s	AGV 4s	AGV 5s	AGV 6s	AGV 7s
Single	55.39%	40.54%	25.68%	10.81%	0.00%
Dual	66.40%	55.20%	44.01%	32.82%	22.35%
Super	75.62%	67.49%	59.36%	51.24%	43.60%
Double	78.10%	70.79%	63.50%	56.20%	49.34%

Table 11 Waiting rates of Q/C by vehicle fleets(3.0m/sec)

구분	AGV 3s	AGV 4s	AGV 5s	AGV 6s	AGV 7s
Single	37.23%	16.33%	0.00%	0.00%	0.00%
Dual	52.72%	36.97%	21.24%	5.58%	0.91%
Super	65.68%	54.25%	42.83%	31.45%	21.12%
Double	69.17%	58.90%	48.64%	38.42%	29.06%

Table 12 Waiting rates of Q/C by vehicle fleets(4.0m/sec)

구분	AGV 3s	AGV 4s	AGV 5s	AGV 6s	AGV 7s
Single	20.78%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dual	40.32%	20.44%	0.91%	0.91%	0.91%
Super	56.68%	42.25%	27.91%	15.38%	6.72%
Double	61.09%	48.13%	35.25%	23.98%	16.16%

Table 13 Waiting rates of Q/C by vehicle fleets(5.0m/sec)

구분	AGV 3s	AGV 4s	AGV 5s	AGV 6s	AGV 7s
Single	6.79%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dual	29.79%	6.47%	0.91%	0.91%	0.91%
Super	49.04%	32.09%	16.55%	6.87%	3.82%
Double	54.22%	39.00%	25.00%	15.89%	12.37%

Table 14 Waiting rates of Q/C by vehicle fleets(6.0m/sec)

구분	AGV 3s	AGV 4s	AGV 5s	AGV 6s	AGV 7s
Single	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Dual	20.26%	0.91%	0.91%	0.91%	0.91%
Super	42.11%	23.05%	9.16%	3.99%	1.88%
Double	48.00%	30.88%	18.37%	13.45%	11.20%

이상의 내용에서 Q/C의 하역생산성은 터미널의 하역시스템 구성(이송장비, 야드장비 연계)에 따라, 기계적 생산성과 순작업 생산성에서 많은 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이것은 높은 기계적 생산성이 반드시 높은 순작업 생산성을 가지지는 않은 다는 것을 의미하는 것으로 따라서, 현재, 터미널의 하역시스템여건에 가장 적합한 안벽크레인 유형을 선택할 필요가 있다고 판단된다.

이에, 본 연구에서는 이송장비의 주행속도와 운행대수를 고려한 현재의 터미널 하역시스템 구성에서 다음과 같은 Q/C의 유형별 운영전략지표를 작성해 보았다.

Table 15 Operation Strategy of Quay crane

구분	AGV 3s	AGV 4s	AGV 5s	AGV 6s	AGV 7s
2.0m/s					
2.5m/s					
3.0m/s	Single				
3.5m/s					
4.0m/s		Dual			
4.5m/s					
5.0m/s			Super		
5.5m/s					
6.0m/s					

Table 15의 Q/C 운영전략지표는 이송장비의 평균주행속도와 운행대수를 고려할 때, 현재의 자동화 터미널의 하역시스템에 가장 적합한 성능의 안벽크레인 유형을 보여주고 있다. 전략지표에서 나타나듯이, 자동화 컨테이너 터미널에서 고성능의 컨테이너 크레인(수직순환 또는 더블트롤리)을 사용하여 효과적인 생산성 향상을 얻기 위해서는 우선, 고속 이송시스템(평균주행속도 4.0m/s 이상)이 갖추어져야 함을 알 수 있으며, 이로 인해 이송장비의 소요대수의 절감도 기대할 수 있을 것으로 본다.

6. 결 론

본 연구에서는 컨테이너 터미널에서 서로 상이한 작업방식과 싸이클타임을 가지는 4가지 유형(싱글, 듀얼, 더블, 수직순

환식)의 안벽크레인에 대해 기계적 · 순작업 생산성으로 구분하여 생산성을 비교분석하였다. 비교분석에서는 작업 싸이클타임과 작업방식을 고려한 수치적 계산 방법으로 기계적 생산성을 산출했으며, 이송장비와 야드장비로 구성된 시뮬레이션 방법을 적용하여 순작업 생산성을 산출하였다. 분석결과에서 기계적 생산성에서는 더블트롤리, 수직순환식, 듀얼, 싱글순으로 생산성이 우수하였고, 순작업 생산성에서는 장비 효율성과 하역시스템 측면에서 더블트롤리와 수직순환식이 동일한 수치를 보였다. 마지막으로 분석 결과를 정리하여 안벽크레인의 유형별 운영전략지표를 작성하였다.

본 연구에서 제시된 Q/C의 운영전략지표는 자동화 터미널의 설계에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 본다.

참 고 문 헌

[1] 최용석, 김우선, 하태영(2004), "컨테이너터미널의 야드 트랙터 소요대수 추정", 한국항해항만학회지, 제28권, 제6호, 549-555.

[2] 하태영, 최용석, 김우선(2004), "자동화 컨테이너 터미널의 이송장비 운영평가를 위한 시뮬레이션 모델", 한국항해항만학회 2004년 춘계학술대회 논문집, pp. 443-449.

[3] C. Davis Rudolft III(2001), "Container-crane Productivity: Can it Keep up with Container Ship Size Increase?", Port Technology International 14th Edition.

[4] Michael A. Jordan, SE.(1997), "Super Productive Cranes", presented at TOC Europe, Marcelona, June 3-5.

[5] Michael A. Jordan, S.E.(2002), "Quay Crane Productivity", presented at TOC Americas, Miami, November.

원고접수일 : 2005년 4월 28일
원고채택일 : 2005년 7월 18일