

## 2단 적재차량의 컨테이너 이송능력 분석

하태영\* · 최용석\*\*

\*, \*\*한국해양수산개발원 해운물류항만연구센터

### Performance evaluation of double stack vehicle at 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 수직블록배치형의 자동화 컨테이너 터미널을 대상으로 컨테이너 운반작업을 담당하는 2가지 유형의 이송장비인 무인이송차량(AGV)과 2단 적재차량(DSV)에 대한 이송능력을 분석하였다. AGV와 DSV의 주요 차이점은 안벽과 야드간의 컨테이너 운반시 적재용량이다. 기존의 자동화 터미널에 적용되고 있는 AGV는 20피트 컨테이너 2개 또는 40피트 컨테이너 1개의 적재용량을 가지지만, DSV는 20피트 컨테이너 4개 또는 40피트 컨테이너 2개를 동시에 적재할 수 있어 터미널 하역시스템의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 이에, 본 연구에서는 컨테이너 터미널의 이송장비 대한 처리능력을 분석할 수 있는 시뮬레이션 분석도구를 개발하여 이를 토대로 2가지 유형의 장비인 AGV와 DSV의 이송능력을 분석하였다. 본 연구의 결과로 실험대상 예제와 장비 생산성값이 제시되었다.

**핵심용어** : 무인이송차량, 2단 적재차량, 자동화 컨테이너 터미널, 시뮬레이션

**ABSTRACT** : The purpose of this paper is to analyze transport ability of Automated Guided Vehicle(AGV) and Double Stack Vehicle(DSV) at Automated Container Terminal(ACT). Usually, the main difference of AGV and DSV is capacity of container that they can transport between apron and yard block at once. AGV can carry out two 20 feet or one 40 feet maritime containers, but DSV can carry out four 20 feet or two 40 feet maritime containers. Therefore, DSV may improve more efficiency of stevedoring system of container terminal. In this paper, a simulation model using a graphics simulation system is developed to compare the proposed DSV with the current AGV at automated container terminal. The paper includes examples, performance tests and a discussion of simulation results

**KEY WORDS** : Automated Guided Vehicle, Double Stack Vehicle, Automated Container Terminal, Simulation

### 1. 서 론

자동화 컨테이너 터미널의 하역작업은 크게 안벽·이송·야드작업의 3가지로 구분할 수 있다. 이들 작업은 각기 다른 형태의 장비에 의해 하역작업이 이루어진다. 안벽에서는 컨테이너 크레인(Container Crane, C/C)이 사용되며, 선박과 안벽간의 컨테이너 양하 및 적하작업을 담당한다. 이송에는 무인이송장비(Automated Guided Vehicle, AGV)가 사용되어, 안벽과 야드간의 터미널 내부운반작업을 수행한다. 야드에는 자동화된 트랜

스퍼 크레인(Automated Transfer Crane, ATC)이 블록별로 고정 배치되고, 해당 블록에서 발생하는 컨테이너 양·적하작업을 수행하는 형태를 가지고 있으며, 이러한 터미널 하역작업은 안벽⇔이송⇔야드 하역작업간의 연계구조를 가지고 이루어지는 특징을 가지고 있다.

기존의 자동화 컨테이너 터미널 하역시스템에서 안벽과 야드간의 컨테이너 운반을 담당하는 AGV는 20피트 컨테이너 2개 또는 40피트 컨테이너 1개를 적재할 수 있는 적재능력을 가지고 있어 주어진 작업시간 및 작업횟수에 비해 운반량의 효율이

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

\*\* 종신회원, drasto@kmi.re.kr, 02)2105-2886

그다지 크지 않으며, 안벽 및 야드 하역작업을 원활히 지원하기 위해서 일정 수 이상의 운행대수를 필요로 한다.

한편, 터미널의 또 다른 이송수단으로 20피트 컨테이너 4개 또는 40피트 컨테이너를 동시에 적재가능한 2단 적재 차량(Double Stack Vehicle, DSV)을 들 수 있다. 이는 기존의 터미널의 이송장비인 AGV와 동일한 주행레인에 적용하여 작업시간대비 운반량을 높일 수 있는 대체수단으로 운행대수 절감 및 작업생산성 향상을 기대할 수 있을 것으로 보이며, 일부 선진터미널(비자동화 터미널)에서 부분적으로 도입되어 있다.

이에, 본 연구에서는 자동화 컨테이너 터미널을 대상으로 기존의 AGV와 적재용량이 2배인 DSV를 적용한 이송시스템의 터미널 하역능력을 분석해 보았다.

## 2. 자동화 터미널 하역시스템

### 2.1 터미널 하역시스템

본 연구의 대상이 되는 자동화 컨테이너 터미널은 Fig. 1과 같이 수직배치형 야드블록구조를 가지고 있어 기존의 수평배치형 블록구조를 가지는 재래식 터미널과 대별되며, 이송장비와 외부트럭의 동선체계가 분리되는 특징이 있다.

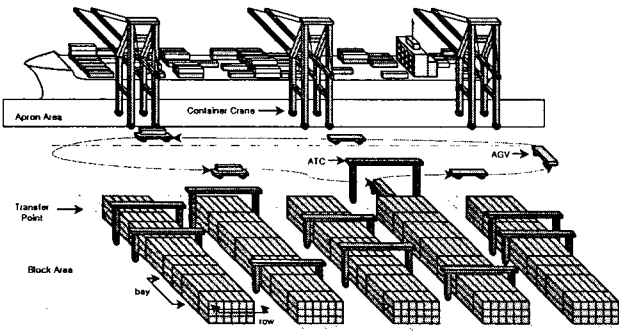


Fig. 1 Stevedoring system of target container terminal

3가지 하역장비로 구성된 하역시스템은 C/C의 양하 및 적하 작업에 따른 이송작업과 야드작업이 연쇄적으로 발생하는 하역 형태를 취하고 있으며 특히, 이송장비는 안벽의 C/C와 야드의 ATC의 하역작업을 연결해주는 중간매체로써 역할을 담당한다. 따라서, 전체 작업진행이 원활히 수행되기 위해서는 이송장비의 지원이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

이러한 터미널 하역시스템은 안벽에서의 시간당 C/C의 하역량(개/시간)으로 그 효율성을 평가하는 것이 일반적이다.

### 2.2 이송시스템

기존 자동화 터미널의 이송장비인 AGV는 안벽과 야드간 주행공간에서 선석단위로 타원을 그리는 운행패턴(Closed loop)을 가지며, 1회 운행시 1개의 컨테이너를 운반하게 된다. 운행

시 Fig. 2에서와 같이 Changeable Lane Area(CLA)에서는 안벽 및 야드의 작업지점으로 진입하기 위한 차선변경이 이루어지고, 안벽 진입시에는 C/C별 지정레인으로, 야드 진입시에는 블록진입레인으로 주행하게 된다.

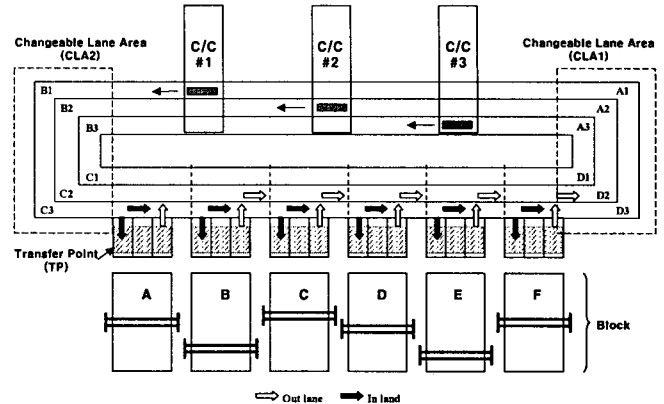


Fig. 2 Close loop operation of transport vehicle at apron

### 2.3 이송장비 특성 분석

본 연구의 대상이 되는 2가지 이송장비인 AGV와 DSV는 장비의 기계적 제한에 있어서는 Table 1과 같이 적재용량에서 2배의 차이가 있을 뿐, 그 외 주행속도 및 기능에서는 큰 차이점이 없음을 알 수 있다.

Table 1 Comparative table of AGV and DSV Specification

	AGV	DSV
적재량	20피트 2개 or 40피트 1개	20피트 4개 or 40피트 2개
주행속도	터미널 규정속도 or 제한 속도(20km/hr)	
하역기능	C/C 및 ATC에 의한 이적작업	
운행방식	선석 단위의 타원주행(Closed loop)	

따라서, DSV의 경우 기계적 제한에 있어서는 AGV보다는 적재능력이 높으나, 적재량의 2배 차이가 이송능력으로 평가되지는 않는다.

AGV와 DSV의 이송능력은 터미널 이송작업의 특성을 고려하여 분석할 필요가 있는데, 그 이유는 이들 이송장비가 단독작업이 아닌 C/C와 ATC간의 연계작업을 수행하기 때문이다. 즉, DSV의 경우 다음과 같은 작업특성을 고려하여 이송능력을 평가해야 한다.

- ① DSV는 안벽의 C/C와 야드의 ATC의 기계적 성능에 따라 각각 안벽지점과 야드지점에서의 2번째 컨테이너의 하역시간이 매우 유동적일 수 있다.
- ② 하나의 TP에서 동시에 여러 대의 이송장비가 대기할 경우 AGV보다 DSV의 전체 평균대기시간이 길어질 수 있다.

첫 번째 경우는 DSV가 AGV에 비해 2배의 C/C 작업이 요구된다는 점으로, 안벽과 야드지점에서 컨테이너 양·적하작업에 소요되는 시간이 길어지며 이는 단순한 2배의 시간이 아닌 C/C와 ATC의 작업성능에 의존한다는 것이다. 특히, 2번째 컨테이너를 적재하는 과정에서 DSV는 최소한 C/C와 ATC에 대해 1회 이상의 작업을 추가로 요구하기 때문이다.

두 번째 경우 컨테이너의 야드적재 블록의 위치로 인하여 야기되는 것으로 DSV의 TP 서비스 소요시간이 AGV에 비해 2배 이상 크기 때문이다. 이는 이송장비의 TP내 전체 평균대기시간이 AGV보다 길어질 수 있다는 것을 의미한다.

상위의 2가지 이유로 DSV는 AGV보다 터미널의 하역여건에 따라 이송능력에 많은 영향을 받게 되므로, 이를 고려한 두 장비간의 이송능력을 측정해야 할 것이다. 첫 번째 경우는 작업특성상 고정적으로 발생하기 때문에 C/C장비의 사이클 타임을 고려한 수리적 분석이 유효하게 적용될 수 있다. 그러나, 두 번째 경우는 작업할당의 불확정적인 요소가 많으므로 수리적 분석을 적용하기에 다소 무리가 있다.

따라서, 본 연구에서는 터미널 하역여건을 고려하여 두 이송장비에 대한 이송능력의 격차를 가능해보고 시뮬레이션 분석을 통하여 그 결과를 검토해 보았다.

### 3. 수리적 분석

AGV와 DSV의 작업사이클 분석을 통하여 두 장비간 이송능력의 격차를 가능해 볼 수 있다. 분석에 앞서, 본 연구에서는 1회의 이송작업시 AGV는 1개의 컨테이너를, DSV는 2개의 컨테이너를 일괄 운반한다고 가정한다.

#### 3.1 AGV 작업사이클 분석

AGV 하역작업과정의 전체적인 흐름을 도식화하면 Fig. 3과 같다.

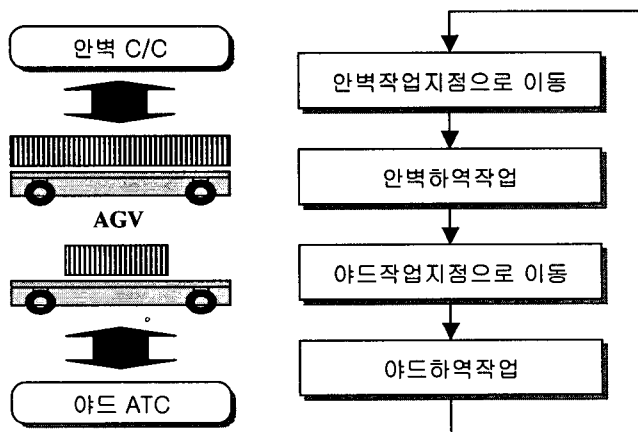


Fig. 3 AGV operation process

Fig. 3에서 AGV는 안벽과 야드에서 C/C와 ATC로부터 1회의 하역작업을 받는 과정을 반복적으로 수행한다. 이 과정에서 1회 적재량을 운반하게 되며 C/C와 ATC의 하역시간을 포함하여 1회 작업사이클에 소요되는 시간은 이동시간을 포함하여 다음과 같이 계산할 수 있다.

[변수 정의]

- $t_{m_1}$  : 안벽에서 야드간 이동시간
- $t_{m_2}$  : 야드에서 안벽간 이동시간
- $t_{s_1}$  : 안벽에서 C/C 하역서비스시간
- $t_{s_2}$  : 야드에서 ATC 하역서비스시간

AGV의 사이클 타임계산에서  $t_{m_1}$ 과  $t_{m_2}$ 은 운행거리이나 운행시간에는 다소 차이가 있을 수 있어 구분한 것이며,  $t_{s_1}$ 과  $t_{s_2}$ 에는 각각 C/C와 ATC의 작업상황에 따라 달라질 수 있다. 이것은, C/C와 ATC가 작업준비된 상태에서 AGV를 대기할 경우에는 AGV 도착과 동시에 최단 시간내에 하역이 가능하지만, 그 외에는 상황에 따라 값이 매우 유동적일 수 있다. 상위의 4가지 시간의 합으로 AGV 사이클 타임이 계산된다.

[AGV 사이클 타임]

- $Cycle_{AGV} = t_{m_1} + t_{m_2} + t_{s_1} + t_{s_2}$
- 1회 작업처리량: 20피트 또는 40피트 컨테이너 1개

#### 3.2 DSV 작업사이클 분석

DSV 하역작업과정의 전체적인 흐름을 도식화하면 Fig. 4와 같다.

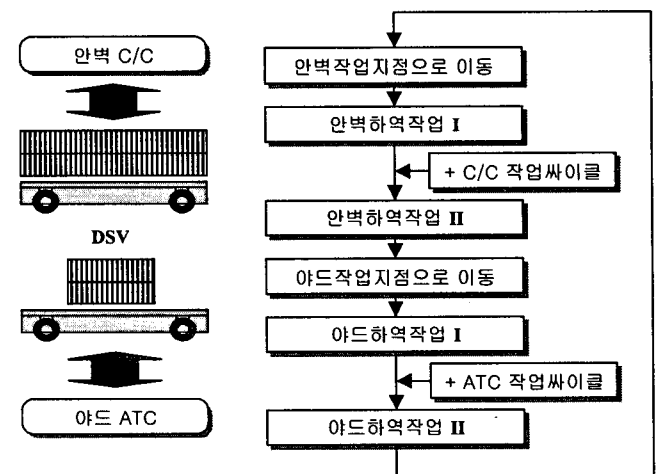


Fig. 4 DSV operation process

Fig. 4에서 DSV는 AGV와 동일한 작업흐름을 지나 안벽과 야드지점에서는 1회의 하역작업이 추가로 이루어진다. 이때, 추가 하역작업은 각각 C/C와 ATC의 1회 작업사이클을 요구하므로, 작업사이클에 소요되는 시간은 AGV에 비해 C/C와 ATC의 작업사이클 타임이 더해져 계산된다.

[변수 정의]

- $t_{C/C}$  : C/C의 1회 작업사이클 타임
- $t_{ATC}$  : ATC의 1회 작업사이클 타임

[DSV 사이클 타임]

- $Cycle_{DSV} = t_{m_1} + t_{m_2} + t_{s_1} + t_{s_2} + t_{C/C} + t_{ATC}$
- 1회 작업처리량: 20피트 또는 40피트 컨테이너 2개

여기서, DSV의 경우  $t_{C/C}$  와  $t_{ATC}$  는 각각  $t_{s_1}$  와  $t_{s_2}$  를 포함한 사이클 타임으로,  $t_{C/C} + t_{ATC} \leq t_{m_1} + t_{m_2} + t_{s_1} + t_{s_2}$  인 관계가 성립되면 장비 사이클 타임 기준에서 DSV가 AGV보다 이송능력이 높다고 할 수 있다.

그러나, 이 관계식은 단순 수치로 분석하기 어려운 점이 많다. 그 이유는 ATC의 경우 블록 이동이 빈번할 뿐만 아니라, 양하작업과 적하작업시에 현격한 이동거리 차이가 발생할 수 있고 또한, 블록별 작업균등 정도에 따라서도 작업사이클 타임이 달라질 수 있기 때문이다.

그러나, 한편으로 상위의 이송장비 작업사이클 타임 기준에서 AGV와 DSV는 다음과 같은 장단점을 가지고 있음을 알 수 있다.

- 동일한 C/C와 ATC 작업하에서 안벽과 야드간 주행거리가 멀어질수록 DSV가, 가까워질수록 AGV가 이송능력에서 유리할 수 있다.
- 동일한 안벽과 야드간 주행거리하에서 C/C 및 ATC의 작업 성능이 높을수록 DSV가, 작업 성능이 낮을수록 AGV가 이송 능력에서 유리할 수 있다.

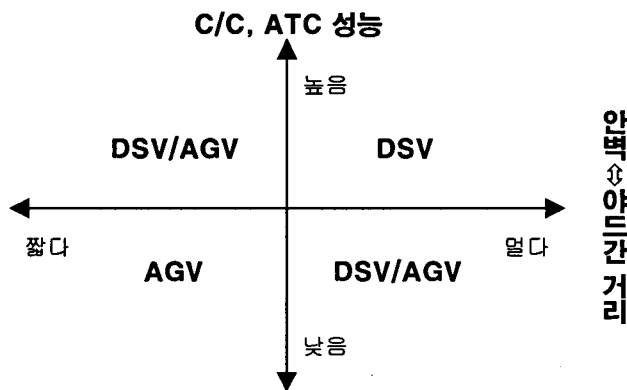


Fig. 5 Operations Strategy of transport vehicle

상위의 이송장비 장단점을 이송장비의 터미널 운영전략으로 적용할 수 있으며, 도식화하면 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서는 안벽과 야드간거리 멀고 C/C 및 ATC의 작업 성능이 우수할 경우 DSV를, 그 반대의 경우에는 AGV가 터미널 이송장비로써 유리할 수 있음을 보여주고 있다. 그러나, 이것은 장비 사이클 타임에 기준한 것으로 강약점으로 실제 터미널 하역생산성 측면에서는 추가적인 분석이 필요하다.

이에, 2 가지 장비에 대한 시뮬레이션 분석을 수행하여, AGV와 DSV의 이송능력을 분석해 보았다.

#### 4. 시뮬레이션 분석

AGV와 DSV의 이송능력 시뮬레이션 분석은 안벽과 야드간 거리 및 C/C, ATC의 장비성능에 따른 2가지 측면에서 분석이 필요하지만, 일반적으로 안벽과 야드간 거리는 터미널 레이아웃 배치상 일정 거리이내에서 설계가 이루어지므로 본 연구에서는 C/C 및 ATC의 장비성능에 따른 시뮬레이션 분석을 수행 하되 이송장비의 운행대수를 추가로 고려하였다.

##### 4.1 터미널 설정 및 시나리오 구성

시뮬레이션 분석에 사용될 수직배치형 자동화 터미널의 기본 설정사항은 Fig. 6과 Table 2와 같다.

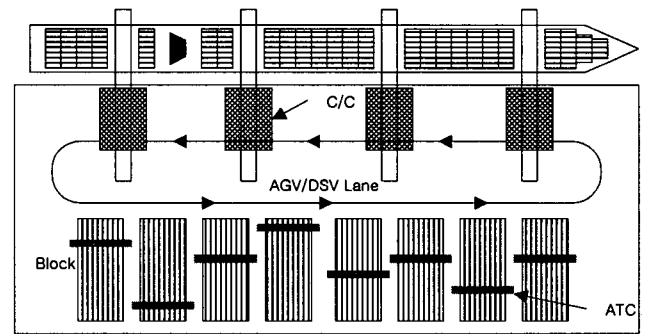


Fig. 6 Layout Configuration of target terminal for simulation

Table 2 Operation system on target terminal

구분	설정	
Layout	블록 8개, 블록당 41베이, 수직배치형 1개 선석(400m), 안벽↔야드거리(120m)	
C/C	작업대수	Single Trolley형 C/C 4대
	작업성능	기계적생산성(MP): 40~55lifts/hr
AGV/DSV	주행속도	직선 및 회전구간 등을 고려한 평균속도 3.45m/sec를 적용
	운행방식	선석단위의 Closed loop 운행
	할당방식	C/C당 3대~6대 고정할당
ATC	주행속도	부하/무부하 평균: 165m/min
	작업대수	블록당 1대, 선박양하작업
	이동거리	TP지점에서 블록의 1/3이내의 베이
작업성능	기계적생산성: 20~40lifts/hr	

대상 터미널은 1개 선석으로 안벽에 4대의 C/C가 배치되고 야드는 총 8개의 수직블록에 총 8대의 ATC를 블록별로 1대씩 배치한 형태로 구성하였다. AGV와 DSV의 안벽운행방식은 Close loop이며, C/C당 일정수의 이송장비를 고정배치하는 조별운행을 기본으로 한다. 이송장비의 운행속도는 직선구간(최대: 6m/sec)과 회전구간(2m/sec) 및 운행거리를 고려하여 평균 속도 3.45m/sec를 적용하며, 야드에서 ATC의 양하작업시 블록 내 작업지점은 블록 총 길이의 1/3이내에서 임의(random) 발생시키는 방법을 사용하였다.

또한, 이송장비 작업사이클 타임분석에서 C/C 및 ATC의 작업성능에 따라 이송능력의 변화를 분석하기 위해 C/C, ATC의 순작업생산성값을 달리는 시나리오를 구성하였으며, 안벽과 야드간 거리는 터미널 레이아웃 배치상 운영가능한 최단 설계거리(약 120m)를 적용하였다.

이상의 내용을 기준으로 한 시뮬레이션 분석 시나리오는 Table 3과 같다.

Table 3 Scenario List for target terminal

구분	시나리오	비고
C/C	Case: 40, 45, 50, 55	lifts/hr
ATC	Case: 20, 25, 30, 35, 40	lifts/hr
Vehicle	Case: 3, 4, 5, 6	No./C/C
기타	$C/C(4) \times ATC(5) \times Vehicle(4) \times AGV/DSV(2) = 160$	조합수

상위의 160개 시나리오에 대한 이송장비 시뮬레이션 분석결과는 다음과 같다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과

C/C 성능(C), ATC 성능(T), AGV/DSV(V) 운행대수에 기준 한 이송장비별로 각각 80가지 조합에 대한 양하작업 시뮬레이션을 수행한 결과의 전체 내용은 Table 4와 Fig 7과 같다.

Table 4는 2가지 이송장비 조합에 대한 C/C 순작업생산성을 산출한 것으로, Fig.7에서 보듯이 적재용량이 큰 DSV가 AGV에 비해 안벽 C/C의 순작업생산성이 전반적으로 높게 나타나는 현상을 보여주고 있다.

본 시뮬레이션 결과에 대해 적정운행대수와 이송능력 변화의 2가지 측면에서 살펴보면 다음과 같다.

##### ① 이송장비의 적정운행대수

이송장비의 C/C당 적정운행대수는 투입대비 생산성의 향상치를 기준으로 삼을 수 있는데, 본 연구에서는 이송장비 투입대수 대비 C/C의 생산성 향상치가 5%이내에서 적정대수로 산정해 보았으며, 그 결과는 Table 5와 같다.

Table 5 Optimal number of transport vehicle

C/C성능	ATC성능	No. of AGV	No. of DSV
40lifts	20lifts	4대	3대
	25lifts	4대	4대
	30lifts	4대	4대
	35lifts	4대	4대
	40lifts	4대	4대
45lifts	20lifts	4대	3대
	25lifts	4대	4대
	30lifts	4대	4대
	35lifts	5대	4대
	40lifts	5대	4대
50lifts	20lifts	4대	3대
	25lifts	4대	4대
	30lifts	4대	4대
	35lifts	5대	4대
	40lifts	5대	4대
55lifts	20lifts	4대	3대
	25lifts	4대	4대
	30lifts	4대	4대
	35lifts	5대	4대
	40lifts	5대	4대

각 장비조합 시나리오별 이송장비의 적정운행대수를 C/C의 생산성 향상이 5% 이내로 감소하는 지점에서 산정한 Table 4의 결과에서, C/C 및 ATC의 기계적 성능이 상대적으로 낮은 경우에는 2가지 이송장비의 적정운행대수에 큰 차이가 없으나, C/C의 기계적 성능이 높아짐에 따라 DSV의 경우 적은 운행대수에서도 AGV와 동일한 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 실제 C/C와 ATC의 현재 성능(C/C=50~55lifts/hr, ATC=35~40lifts/hr)을 고려하면 적정운행대수 기준에서 20%의 이송장비 대수절감효과가 있다고 볼 수 있다.

Table 6 Optimal number of AGV/DSV in present condition

구분	기계적성능	AGV 적정대수	DSV 적정대수	절감효과
C/C	50~55lifts/hr	5대	4대	20%
ATC	35~40lifts/hr			

##### ② C/C 및 ATC 장비성능에 따른 이송능력의 변화

C/C 및 ATC 장비성능에 따른 이송능력의 변화에 있어서는 이송장비의 C/C당 운행대수가 적을 수록 두 이송장비가 능력 차이가 분명히 나타나는 것을 알 수 있다.

그 예로, 동일한 C/C 및 ATC 장비성능 기준에서 C/C당 이송장비대수가 3대일 경우 두 장비간 이송능력의 차이가 가장 크게 나타나고, C/C 및 ATC 장비성능이 높아질 수록 더 심화되는 경향을 보이고 있다. 결국, DSV가 AGV에 비해 고성능의 C/C 및 ATC에 더 적합한 이송수단이라 판단된다.

Table 4 Simulation results for target terminal

ID	조합	AGV	DSV	생산성향상율	ID	조합	AGV	DSV	생산성향상율
1	40-20-3	28.37	29.07	2.48%	41	50-20-3	28.35	29.32	3.08%
2	40-20-4	29.98	30.14	0.52%	42	50-20-4	30.07	30.16	0.30%
3	40-20-5	30.31	30.34	0.07%	43	50-20-5	30.31	30.37	0.20%
4	40-20-6	30.31	30.41	0.01%	44	50-20-6	30.37	30.42	0.15%
5	40-25-3	31.02	32.70	5.41%	45	50-25-3	31.00	33.18	7.03%
6	40-25-4	34.76	35.14	1.10%	46	50-25-4	34.95	35.33	1.09%
7	40-25-5	35.48	35.60	0.32%	47	50-25-5	35.63	35.67	0.11%
8	40-25-6	35.66	35.84	0.51%	48	50-25-6	35.76	35.86	0.27%
9	40-30-3	32.42	35.04	8.07%	49	50-30-3	32.42	35.99	11.00%
10	40-30-4	38.24	39.02	2.05%	50	50-30-4	38.50	39.66	3.02%
11	40-30-5	39.77	40.05	0.72%	51	50-30-5	40.12	40.37	0.63%
12	40-30-6	40.13	40.14	0.03%	52	50-30-6	40.47	40.73	0.64%
13	40-35-3	33.24	36.58	10.05%	53	50-35-3	33.24	37.80	13.73%
14	40-35-4	40.07	40.39	0.81%	54	50-35-4	40.93	42.92	4.87%
15	40-35-5	40.45	40.45	0.00%	55	50-35-5	43.57	44.22	1.51%
16	40-35-6	40.45	40.45	0.01%	56	50-35-6	44.19	44.42	0.53%
17	40-40-3	33.97	37.85	11.40%	57	50-40-3	33.97	39.47	16.20%
18	40-40-4	40.44	40.45	0.00%	58	50-40-4	43.05	46.03	6.93%
19	40-40-5	40.45	40.45	0.00%	59	50-40-5	46.74	47.75	2.16%
20	40-40-6	40.45	40.45	0.00%	60	50-40-6	48.15	48.39	0.51%
21	45-20-3	28.39	29.13	2.58%	61	55-20-3	28.34	29.31	3.41%
22	45-20-4	30.07	30.18	0.34%	62	55-20-4	30.08	30.20	0.40%
23	45-20-5	30.36	30.37	0.02%	63	55-20-5	30.28	30.30	0.07%
24	45-20-6	30.38	30.44	0.19%	64	55-20-6	30.41	30.46	0.19%
25	45-25-3	31.01	33.04	6.53%	65	55-25-3	31.00	33.37	7.64%
26	45-25-4	34.87	35.21	0.96%	66	55-25-4	34.92	35.42	1.43%
27	45-25-5	35.54	35.64	0.28%	67	55-25-5	35.65	35.71	0.16%
28	45-25-6	35.73	35.80	0.19%	68	55-25-6	35.72	35.95	0.64%
29	45-30-3	32.42	35.61	9.84%	69	55-30-3	32.42	36.23	11.76%
30	45-30-4	38.44	39.47	2.69%	70	55-30-4	38.60	39.75	2.99%
31	45-30-5	39.95	40.28	0.85%	71	55-30-5	40.05	40.38	0.80%
32	45-30-6	40.43	40.45	0.06%	72	55-30-6	40.47	40.55	0.19%
33	45-35-3	33.24	37.28	12.16%	73	55-35-3	33.24	38.16	14.82%
34	45-35-4	40.87	42.69	4.45%	74	55-35-4	41.03	43.21	5.30%
35	45-35-5	43.31	43.89	1.32%	75	55-35-5	43.51	44.09	1.35%
36	45-35-6	44.13	44.28	0.35%	76	55-35-6	44.31	44.50	0.43%
37	45-40-3	33.97	38.80	14.21%	77	55-40-3	33.97	39.92	17.50%
38	45-40-4	42.98	44.88	4.42%	78	55-40-4	43.10	46.45	7.78%
39	45-40-5	45.36	45.56	0.43%	79	55-40-5	46.91	49.75	2.23%
40	45-40-6	45.56	45.57	0.01%	80	55-40-6	48.35	48.45	0.21%

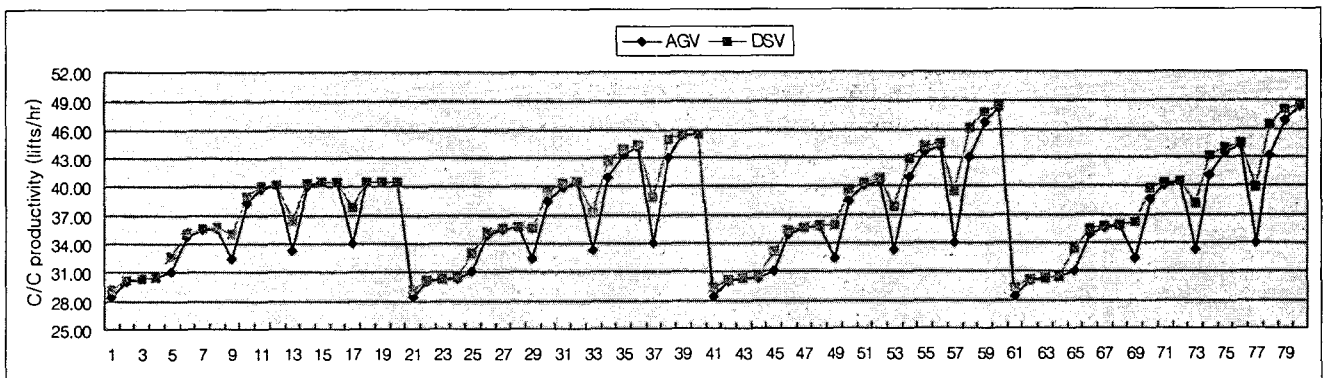


Fig. 7 C/C Productivity graph by transport vehicle(AGV/DSV)

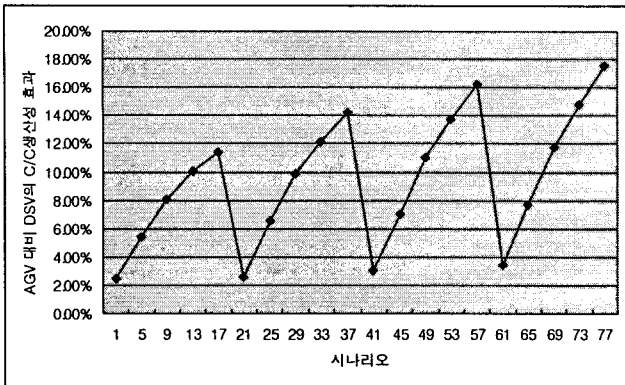


Fig. 8 Change of C/C productivity by high efficiency equipment

Fig. 8은 C/C당 이송장비가 3대 투입될 경우의 예로, AGV에 대한 DSV의 C/C 생산성 향상율을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 보듯이, DSV가 AGV보다 높은 C/C 생산성 값을 가지며 이는, C/C와 ATC의 장비성능이 높아짐에 따라 더욱 증대되는 현상을 보이고 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 수직블록배치형의 자동화 컨테이너 터미널을 대상으로 안벽 크레인과 야드 크레인간의 컨테이너 운반작업을 담당하는 이송장비의 이송능력에 대해 분석해 보았다. 기존의 컨테이너 터미널에서는 1단 적재만 가능한 이송장비만이 사용되고 있으나, 본 연구에는 2단적재가 가능한 이송장비를 대상으로 하역능력을 분석해 보았다. 2단적재 이송장비의 주된 특징으로는 기존의 터미널 주행레일구조에 큰 변화를 주지 않으면서 하역작업을 원활히 수행할 수 있고, 하역작업에 요구되는 차량운행회수를 상당히 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

이에, 본 연구에서는 시뮬레이션 분석을 통하여 동일한 수준의 하역능력을 유지하면서 AGV에 비해 DSV가 운행대수를 추가로 절감(20%)할 수 있음을 확인하였으며 또한, 고성능의 C/C 및 ATC 장비에서 AGV보다 DSV가 안벽의 C/C 생산성 향상에 더 기여하는 것으로 나타났다.

현재, 컨테이너 터미널은 선박의 대형화에 대비한 고속하역 시스템을 요구가 증대되고 있으며, 고성능의 안벽 및 야드하역 장비가 도입되고 있는 추세이다. 이러한 측면에서 안벽과 야드간의 컨테이너 이송을 담당하는 이송장비의 고성능화도 동시에 병행할 필요가 있다고 본다.

## 참 고 문 헌

- [1] 민상규, 정귀훈, 하승진, 김형식, 변성태, 이영석(2002), "철단 자동화 컨테이너 터미널의 AGV 이동경로 평가 및 적정 운영 대수 산정을 위한 시뮬레이터 개발", 대한산업공학회/한국경영과학회 2002 춘계공동학술대회.
- [2] 최용석, 김우선, 하태영(2004), "컨테이너터미널의 야드 트랙터 소요대수 추정", 한국항해항만학회지 제28권 제6호, pp. 549~555.
- [3] 하태영, 최용석, 김우선(2004), "시뮬레이션을 이용한 자동화 컨테이너 터미널의 AGV 운영평가", 한국항해항만학회지 제28권 제10호, pp.891~897.
- [4] Chin-I. Liu, Hossein Jula, Katarine Vukadinovic, Petros Ioannou, Automated guided vehicle system for two container yard layouts, Transportation Research Part C 12, 349-368, 2004.
- [5] Kim, K.H., Kim, K.Y., Routing straddle carriers for the loading operation of container using a beam search algorithm, Computers and Industrial Engineering 36, 108-136, 1999c.
- [6] Etsuko Nishimura, Akio Imai, Stratos Papadimitriou, Yard trailer routing at a maritime container terminal, Transportation Research Part E 41, 53-76, 2005.