

## 컨테이너 터미널의 고층 장치시스템 개발방안

하태영\* · 최상희\*\* · 김우선\*\*\* · 최용석\*\*\*\*

\*, \*\*, \*\*\*한국해양수산개발원 항만연구본부, \*\*\*\*순천대학교 물류학과 조교수

### A Study on High Stacking System Development at Container Terminal

Tae-Young Ha\* · Sang-Hei Choi\*\* · Woo-Sung Kim\* · Yong-Seok Choi\*\*

\*, \*\*, \*\*\*Port Research Department, Korea Maritime Institute, Seoul 137-851, Korea

\*\*\*\*Major of Logistics, Sunchon National University, Sunchon, 540-742, Korea

**요 약 :** 본 연구는 초대형컨테이너선 기항에 대비한 차세대 항만하역기술로 고층 장치시스템 개발을 다루고 있다. 고층 장치시스템은 한정된 부지내에서 처리능력을 극대화 시킬 수 있는 시스템으로 기존의 컨테이너 터미널이 안고 있는 장치장 부족문제를 일시에 해결할 수 있으며, 고성능 및 자동화가 가능하여 터미널의 하역생산성을 높일 수 있는 대안으로 평가된다. 이에 본 연구에서는 고층 장치시스템을 적용한 터미널의 설계개념도를 작성해 보았으며 시뮬레이션 기법을 이용하여 고층 장치시스템을 도입한 전용터미널의 하역능력을 분석해 보았다. 연구결과는 차후 실제 터미널 운영을 위한 기본 설계 및 상세설계의 기초자료로 활용될 수 있으며, 본 연구에서 제시하는 고층 장치시스템은 향후 기존 터미널 및 신규 터미널 개발에 적용하여 항만의 부가가치를 더욱 향상시키는 원동력이 될 것으로 본다.

**핵심용어 :** 컨테이너 터미널, 고층 장치시스템, 시뮬레이션

**ABSTRACT :** This paper deals with High Stacking System(HSS) development to develop a next generation port handling system for accommodating mega-sized container ships. It aims to develop the HSS that maximizes handling capacity within the limited space of the port. The system is expected to resolve the problem of yard space shortage as well as utilize innovative technology to ensure high-performance and automation at the terminal so as to enhance stevedoring productivity. The main objectives of this paper is suggesting the design concept drawing the HSS terminal and simulation analysis was undertaken taking into consideration performance of handling equipment, and port handling system. Design concept drawing of the HSS terminal and will be used as base data for basic design and detailed design in actual operations of the terminal in the future. The HSS, to be applied to both conventional and new terminals, is expected to act as a catalyst for enhancing the value-added at ports.

**KEY WORDS :** container terminal, high stacking system(HSS), simulation

### 1. 서 론

최근에 와서 국내 대부분의 컨테이너 터미널은 이전에 비해 더 많은 처리실적을 보이고 있으며, 이러한 추세는 향후에도 계속될 것으로 예상된다. 이러한 컨테이너 하역물량의 증가는 터미널로 하역금 기존보다 더 많은 장치공간을 요구하고 있다.

그러나, 기존의 터미널의 대부분은 장치공간의 확장이 용이하지 않는데다 장치량의 증가로 야드하역능력을 마저 저하되고 있

어 터미널의 하역생산성 향상에도 많은 장애요인으로 작용하고 있다.

현재, 국내 터미널의 야드시스템은 컨테이너 다단적재방식의 RTG/RMG 시스템으로 장치능력을 높이기 위해 블록의 단적수를 높이거나 장치면적을 확장하려는 시도가 있지만 여기에는 근본적으로 많은 한계점이 있다. 그 이유는 블록의 단적수를 높이면 재조작 작업의 증가로 야드하역생산성 저하가 우려되고, 장치면적을 확장하기 위한 추가공간 확보는 사실상 국내 터미

\* 대표저자 : 하태영(정회원), haty@kmi.re.kr, 02)2105-2887  
\*\* 정 회원, shchoi@kmi.re.kr, 02)2105-2888  
\*\*\* 정 회원, firstkim@kmi.re.kr, 02)2105-2889  
\*\*\*\* 중신회원, drasto@sunchon.ac.kr, 061)750-5115

널 여건상 매우 난해한 문제로 볼 수 있다.

이러한 이유로 기존의 저단적(5단이하) 야드시스템인 RTG/RMG 시스템의 한계점을 극복하고 터미널의 부지확장 부담을 줄일 수 방안으로 고층 장치시스템 개발이 시도되고 있다. 이에 관한 기존연구로는 자동창고시스템(Automated Storage and Retrieval System, ASRS)을 응용한 컨테이너 적재구조물을 터미널에 도입하려는 연구([1],[2])가 있었으며, ASRS의 랙 구조물 형태와 메카니즘을 소개하고 저장·회수시간 분석을 수행한 연구(Hu Y H, 2005) 등이 일부 수행되었다. 그러나, 아직까지 터미널에 고층 장치시스템을 도입한 사례는 없다.

이 고층 장치시스템은 고층 적재로 인한 장치면적의 절감효과를 가지기 때문에 기존의 터미널 야드시스템의 대체방안으로 충분히 고려해 볼 만한 시스템이라 할 수 있다. 다만, 이러한 고층 장치시스템이 터미널에 도입되기 위해서는 터미널의 환경에 적합하도록 하역생산성 측면이나 물류적 측면이 고려된 개념 수립이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 기존연구와 다른 새로운 시스템 구성을 갖는 고층 장치시스템을 소개하고 이를 적용한 터미널의 설계도를 작성해 보았다.

## 2. 터미널 하역시스템

컨테이너 터미널의 하역시스템은 크게 안벽, 야드, 이송 및 반출입시스템의 4가지로 이를 도식화하면 Fig. 1과 같다.

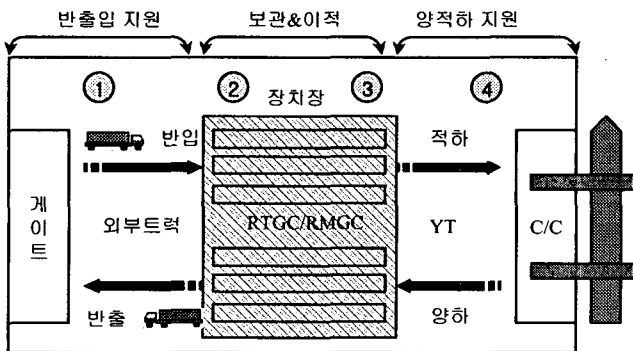


Fig. 1 Stevedoring system of container terminal

Fig. 1에서 터미널의 컨테이너 하역작업은 게이트, 장치장, 안벽의 3개 영역에서 각각 반출입, 보관·이적 및 양적하작업이 이루어진다.

이중 장치장에서 발생하는 하역작업은 게이트를 통해 출입하는 외부트럭에 대한 반출입 지원작업(①), 컨테이너의 보관작업(②), 장치장 내부에서의 이적작업(③), 이송장비에 대한 양적하 지원작업(④)의 4가지로 구분할 수 있으며, 컨테이너의 신속한 하역뿐만 아니라 보관·이적하는 기능을 추가로 가져야 하기 때문에 안벽, 이송, 반출입시스템에 비해 보다 많은 설계요구조

건을 가지게 된다.

장치장에 대한 하역작업의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

### 2.1 반출입 지원작업

반출입 지원작업은 크게 반입작업과 반출작업의 2가지로 구분된다. 반입작업은 외부트럭에 실려온 수출컨테이너를 장치장에 이적·보관하는 작업이며, 반출작업은 장치장에 보관되어 있는 수입컨테이너를 외부트럭에 옮겨 실는 작업이다. 반입작업은 사전에 계획된 공간에 하역하기 때문에 비교적 하역에 소요시간이 짧은편이나, 반출작업은 컨테이너의 적재상황에 따라 재조작 작업으로 인해 하역시간이 긴 편이라 할 수 있다.

대부분의 터미널 장치장이 RTG/RMG에 의한 컨테이너 다단적재방식으로 장치장을 운영하고 있기 때문에 재조작 작업으로 인한 장치장 기능저하의 단점을 가지고 있다.

### 2.2 보관작업

보관작업은 장치장의 적재공간을 의미하는 것으로 실제 장치되는 공간외에 재조작 작업, 생산성 측면 등의 운영상의 여유율을 고려한 적재공간의 확보가 이루어져야 한다.

RTG/RMG를 사용하는 장치장운영에서는 적재단적수가 대부분 5단 수준으로 운영여유율<sup>1)</sup>과 야드생산성<sup>2)</sup>을 고려하면 적재공간의 확보는 장치장의 면적확장에 의존할 수 밖에 없는 단점을 가지고 있다. 그러나, 장치장의 면적 확장은 안벽과 장치장간의 이동거리를 증가시켜 안벽과 장치장간의 이송작업능력을 저하시킬 수 있는 요인이 될 수 있다.

### 2.3 이적작업

이적작업은 컨테이너 마살링작업과 재조작작업으로 크게 구분할 수 있다. 마살링작업은 컨테이너 정렬작업으로 특히, 선박에 옮겨 실기 이전에 선적순서대로 컨테이너의 단적을 재조정하는 작업을 말하며, 재조작작업은 하단에 적재된 컨테이너를 추출하기 위해 상단의 컨테이너를 이적하는 작업으로 주로 반출컨테이너 취급시 불가피하게 발생하는 특징을 가지고 있다.

이적작업에 있어 장치공간이 부족하면 마살링작업이 여의치 못하기 때문에 선적시 재조작이 빈번하게 발생하며 이는 양적하 지원작업에 상당한 지장을 줄 수 있다. 또한, 컨테이너 다단적 방식에서는 재조작 작업은 불가피한 상황에 해당하므로 특정 컨테이너를 신속히 추출할 수 있는 신규시스템 도입이 필요하다고 할 수 있다.

- 1) 컨테이너 다단적재방식에서는 하나의 베이내에서 컨테이너를 풀(Full)로 적재하면 재조작이 불가능하므로 일부 여유공간이 확보될 필요가 있으며 장치기간, 장치물량의 증가를 대비하여 10%안팎의 운영여유율을 설계시 고려함
- 2) 기본적인 야드운영외에 실제 하역작업이 원활히 이루어지기 위해서 필요한 장치공간을 말함

### 2.4 양적하 지원작업

양적하 지원작업은 안벽의 생산성과 직결되는 장치시스템의 가장 핵심적인 하역작업이라 할 수 있다. 대부분 터미널에서는 선박작업시 양적하 지원작업에 가장 우선순위를 두고 장치장 운영을 하고 있다.

양하작업의 경우 이송장비에 실려온 컨테이너를 장치장에 하역시 장치순서를 크게 고려하지 않아도 되나 적하작업의 경우 필요에 따라 재조작이 발생하므로 본선작업에 지장을 주지 않도록 충분한 장치장 하역능력이 요구된다.

### 3. 개발 시스템

기존의 RTG/RMGC 장비를 적용한 장치장시스템의 단점을 보완하고 장치장의 하역생산성을 높일 수 있는 고층 장치시스템을 개발하기 위해서는 앞서 살펴본 터미널 장치시스템의 하역작업특성을 충분히 고려하여 개발방안을 구상해야 한다.

#### 3.1 시스템 개념도

고층 장치시스템의 개발 개념도는 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 터미널 장치시스템의 4가지 하역작업인 반출입 지원, 보관·이적작업, 양적하 지원작업을 모두 수행할 수 있어야 한다.

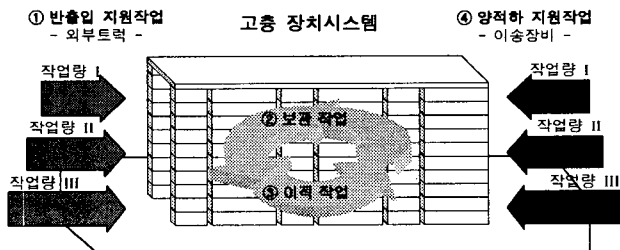


Fig. 2 Development Concept of High Stacking System

즉, 기존의 장치시스템의 취약점인 적재공간의 확보를 위해 컨테이너 장치단적을 유효한 범위내에서 충분히 높일 필요가 있으며, 여기에 안벽과 게이트에서 발생하는 양적하 작업, 반출입 작업을 원활히 수행할 수 있도록 시스템의 작업생산성이 일정수준 이상이 되어야 한다.

상위의 개발 개념도를 바탕으로 본 연구에서 제안하는 고층 장치시스템 개발 대안을 제시하면 다음과 같다.

#### 3.2 시스템 구성

본 연구에서는 고층 장치시스템을 크게 4가지 장치모듈(I-IV)로 구성된 하역시스템이며 그 구성도는 Fig. 3과 같다.

각 모듈들은 컨테이너의 하역, 이송(수평, 수직), 보관·장치 기능을 개별적으로 담당하는 구조로 장치모듈별 기능을 세부적

으로 살펴보면 다음과 같다.

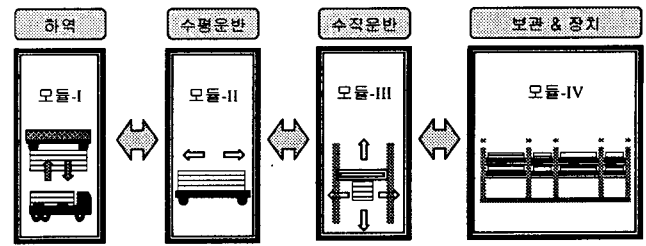


Fig. 3 Stevedoring System Structure of High Stacking System

#### (1) 장치모듈-I

장치모듈-I은 반출입 지원 및 양적하 지원기능을 담당하는 모듈로 외부트럭과 이송장비의 컨테이너 하역기능을 직접 수행하는 역할을 한다. 다시말해, 고층 장치시스템 내부의 컨테이너를 차량에 신어주는 출고작업과 차량에 실려온 컨테이너를 고층 장치시스템 내부로 하역하는 입고작업을 전담한다.

이 장치모듈-I의 작업생산성은 고층 장치시스템의 하역생산성으로 대표되므로 기존의 RTG/RMC 하역장비의 성능보다 우수하도록 설계될 필요가 있다. 장치모듈-I의 작업단계를 세분화하여 나타내면 Fig. 4와 같다.

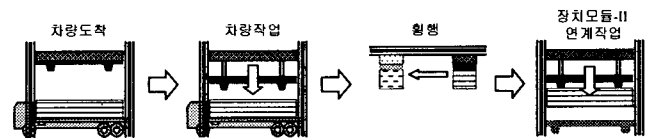


Fig. 4 Working process of module-I

장치모듈-I은 고층 장치시스템의 외부에 고정배치된 형태이며 컨테이너를 운반하는 장치모듈-II와 연계작업을 수행하는 장치이다.

#### (2) 장치모듈-II

장치모듈-II는 고층 장치시스템 내부에서 장치모듈-III지점까지 컨테이너를 수평으로 운반하는 장치로 컨테이너의 하역작업은 장치모듈-I과 장치모듈-III에서 이루어진다.

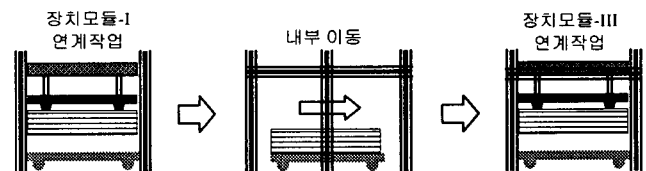


Fig. 5 Working process of module-II

#### (3) 장치모듈-III

컨테이너를 고층 장치시스템 내부에 적재하거나 추출하는 작

업을 담당하는 것이 장치모듈-III이다. 장치모듈-III은 컨테이너의 수직운반을 전담함과 동시에 고층 구조물인 장치모듈-IV에 하역하는 기능을 추가로 가지고 있는 장치이다.



Fig. 6 Working process of module-III

(4) 장치모듈-IV

장치모듈-IV는 컨테이너의 적재공간인 구조물에 해당하며 다양한 형태를 가질 수 있으며, 본 연구에서는 다음 Fig. 7과 같은 구조의 장치모듈-IV를 설계해 보았다.

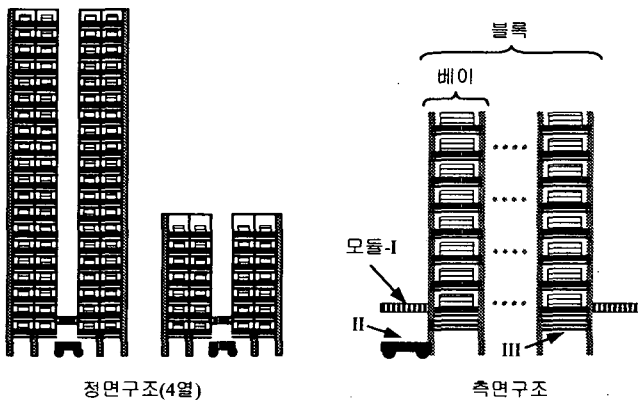


Fig. 7 Design Concept of module-IV(4 rows)

장치모듈-IV는 하나의 설계단위인 블록당 중앙에 통로를 두고 좌우로 컨테이너를 보관하는 구조이다. 하나의 블록에는 앞면과 뒷면에 각각 장치모듈-I인 배치되고 베이와 통로의 수를 적절하게 설계할 수 있다. 적재층수의 경우에도 다양한 높이로 설계할 수 있으나 장치모듈-III의 성능에 맞게 적절한 값이 설정되어야 할 것이다. 각 층에는 컨테이너를 1단으로 적재하며 필요에 따라 좌우로 컨테이너 장치공간을 여러 개 둘 수 있도록 설계할 수 있으나 컨테이너 제조작업을 감안하면 이에도 적절한 설계치가 요구된다고 할 수 있다.

3.3 시스템 성능

시스템 성능은 장치모듈의 기계적 제원으로 현재 기술수준을 기초자료로 활용하여 작성하였다.

(1) 장치모듈- I

현재 장비제작기술에 기초한 장치모듈-I에 대한 각 세부작업별 설계가능한 기계적성능제원은 다음 Fig. 8과 같다.

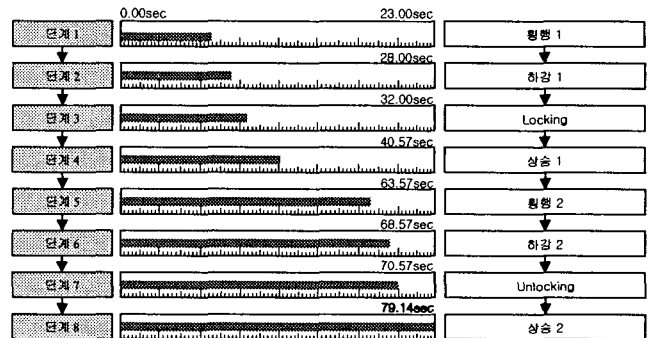


Fig. 8 Working process and cycle time of module-I

Fig. 8은 총 8단계의 세부항목별로 장치모듈-I의 작업과정을 나타낸 싸이클 타임이다. 1회 컨테이너 작업에 79.14초의 시간이 소요되어 시간당 45개 수준의 생산성을 가지며, 이는 1개 블록에 2개의 장치모듈이 배치될 경우 블록당 90개 수준의 생산성을 가지는 것으로 볼 수 있다. 기존의 RTG/RMC가 시간당 40개 정도의 기계적 성능을 가진다고 볼 때 장치모듈-I의 성능이 2배가량 높은 값이라 할 수 있다.

Table 1 Specification for each item of module-I

구분	속도	가속	감속	거리	소요시간
단계 1	0.5m/s	+2.0m/s	-2.0m/s	10.5m	23.00sec
단계 2	0.06m/s	-	-	0.3m	5.00sec
단계 3	-	-	-	-	4.0sec
단계 4	0.035m/s	-	-	0.3m	8.57sec
단계 5	0.5m/s	+2.0m/s	-2.0m/s	10.5m	23.00sec
단계 6	0.06m/s	-	-	0.3m	5.00sec
단계 7	-	-	-	-	2.00sec
단계 8	0.035m/s	-	-	0.3m	8.57sec
합계	기계적생산성: 45.49lifts/hr				79.14sec

(2) 장치모듈-II

블록내부에서 컨테이너 수평운반을 하는 장치모듈-II는 일반적인 운반차량과 거의 동일한 설계사양의 장치제작이 가능하다. 그러나, 실제 작업에서는 운행거리가 매우 짧아 가속을 고려한 평균주행속도가 매우 떨어질 것으로 보이며, 장치제작비 등의 부담을 고려할때 최대 2.5m/s의 주행속도를 설계가 가능한 것으로 나타났다.

Table 2 Specification for each item of module-II

구분	부하운행	무부하운행
최대속도	2.5m/s	2.5m/s
가속소요시간	4.0sec	4.0sec
감속소요시간	4.0sec	4.0sec
이동거리 (40피트)	1베이	16.38m
	2베이	30.18m
	3베이	47.98m

장치모듈-II의 경우 작업 베이의 위치에 따라 이동거리가 달

라지기 때문에 블록의 베이수가 결정된 후에 평균 작업사이클 타임의 산출이 가능하다.

(3) 장치모듈-III

블록내부에서 컨테이너 수직운반을 하는 장치모듈-III은 블록의 각 베이마다 1개씩 배치되며 그 설계사양은 다음과 같다.

Table 3 Specification for each item of module-III

구분		속도	가속시간	감속시간
본체	상승	0.5m/s	3.0sec	3.0sec
	하강	0.7m/s	3.0sec	3.0sec
스프레더	상승	0.016m/s	-	-
	하강	0.024m/s	-	-
횡행속도		0.39m/s	0.0sec	0.0sec

장치모듈-III은 컨테이너의 수직 운반의 본체 및 스프레더의 상승/하강 속도 제원과 장치시스템 내에 적재 또는 추출하는 트래블러의 제원으로 구분된다.

마찬가지로, 장치모듈-III도 장치모듈-II와 동일하게 작업층수에 따라 본체 이동거리가, 블록의 열수에 따라 트래블러의 횡행거리가 달라지므로 블록의 층수와 열수가 결정된 후에 평균 작업사이클 타임을 산출할 수 있다.

이상의 장치모듈 I-IV로 구성된 고층 장치시스템의 입체도는 Fig. 9와 같다.

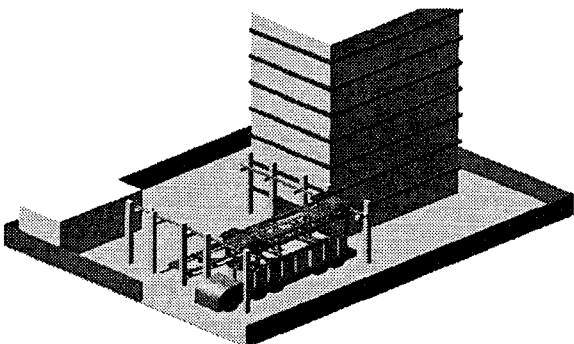


Fig. 9 Prototype of High Stacking System

이상의 내용에서 본 연구에서 제안하는 고층 장치시스템의 구성내역을 소개하였다. 이러한 고층 장치시스템이 터미널에 적용되기 위해서 무엇보다도 터미널의 환경에 적합한 하역능력을 가져야 한다. 이는 블록의 열수, 통로수, 층수에 따른 설계규모를 바탕으로 터미널의 양적하 지원, 반출입 지원, 보관·이적 작업을 원활히 처리할 수 있는 능력으로 여기에는 부가적으로 장치공간이 포함된다.

4. 전용터미널 설계

고층 장치시스템을 도입한 전용터미널의 설계시 주안점은 블록의 규모이다. 블록의 열수, 층수, 통로수가 결정되어야만 터미

널의 장치장 설계규모를 결정할 수 있다. 블록설계가 이루어진 이후에는 터미널의 처리능력에 부합하는 블록의 수와 하역생산성을 분석할 수 있다.

4.1 블록의 설계

(1) 블록의 열수

하나의 블록에는 여러개의 열수설계가 가능하다. 보통, 열수가 많아질수록 점유면적대비 장치공간확보가 유리하다고 할 수 있는데, 열수 2열/4열/6열 따른 블록설계의 장단점을 정리하면 Table 4와 같다.

Table 4 Comparison of strong and weak point by number of rows

구분		2열	4열	6열
재조작 발생		없음	보통	높음
1베이	점유면적	낮음	보통	높음
	적재공간	작음	보통	많음
운영규칙 난이도		단순함	보통	복잡함
단위수량당 설계비용		높음	보통	낮음

Table 4에서 2열은 재조작 작업이 발생하지 않으나, 열수가 늘어날수록 발생빈도가 급격하게 증가하는 특징이 있다. 그러나, 열수가 많아지면 토지효율성이 높아져 점유면적대비 장치공간의 확보율이 유리하게 된다. 즉, 동일한 적재공간을 확보하기 위해 소요되는 면적을 절감할 수 있게 된다. 마찬가지로, 단위수량당 설계비용도 열수가 많아질수록 낮아지게 된다.

블록열수 장단점 분석내용을 고려하면 4열 구조가 터미널의 장치시스템으로는 유리할 것으로 판단된다.

(2) 블록의 층수

블록의 층수는 높을수록 토지이용율이 높아지나 설계비용과 구조물의 안정성을 고려하면 일정한 층수에서 제한되는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 장치모듈-III의 수직이동거리와 설계비용, 장치모듈-IV의 안정성측면을 감안하여 최고설계사양을 20층으로 제한하였다.

(3) 블록의 통로수

블록의 통로는 장치모듈-II의 통행로로 블록의 전면과 후면 지점까지 주행하게 되는데 전면과 후면의 각 장치모듈-I의 작업부하량에 따라 그 수가 충분해야 하나 주행속도 등을 감안하면 대략 2대가 적합할 것으로 판단된다. 통상, 1대당 1개 통행로를 전용로로 가지는 것이 작업간섭을 줄이는 방안이라 볼 수 있어 블록의 통로수는 2개로 설계한다.

(4) 블록의 베이수

블록의 베이수는 장치모듈-II의 운행거리와 베이수에 따른 장치모듈-III의 작업능력을 고려하여 설계되어야 한다. 이는 베

이수가 많아지면 수평 운행거리의 증가로 장치모듈-II의 작업 생산성은 낮아지고 반대로, 장치모듈-III는 개수가 증가하여 작업 생산성이 높아지는 불균형 현상이 발생하기 때문이다.

따라서, 장치모듈-II와 III의 작업관형을 고려한 설계가 필요하며 블록의 열수와 층수, 20/40피트 조합 등을 고려할 때 6개 베이가 적절한 것으로 판단되었다.

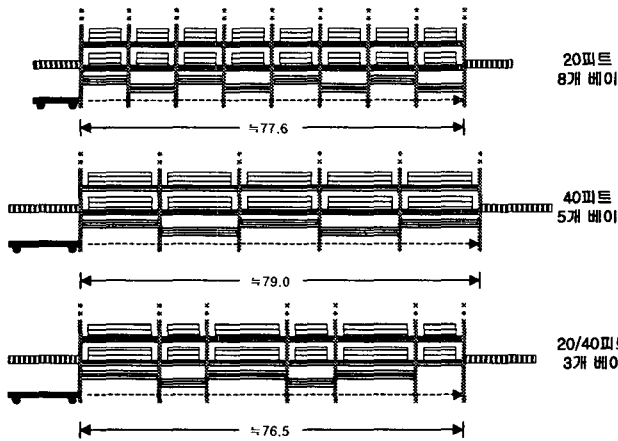


Fig. 10 Number of bays in block

4.2 장치장 설계

(1) 블록의 배치방향

고층 장치시스템의 블록 배치방향은 안벽선을 두고 크게 수평과 수직배치의 2개안을 고려해 볼 수 있다. 그러나, 일반적으로 블록의 배치형태는 터미널의 차량 동선체계를 결정짓는 주요인자에 해당되므로 통행흐름이 원활한 설계가 이루어져야 한다. 각 배치안에 대한 통행흐름도를 나타내면 Fig. 11과 같다.

2가지 배치안의 가장 큰 특징은 이송차량과 반출입차량간의 교차현상이다. 수직배치안의 경우 통행로가 원천적으로 분리되기 때문에 교차현상은 거의 발생하지 않으나 수평배치안의 경우 장치시스템과 차량의 접점지점(Transfer Point)에서 빈번한 교차현상이 발생한다. 또한, 수평배치안의 경우 블록의 길이가 선석단위로 설계되어야 하기 때문에 차량의 이동거리가 길어지는 단점도 있다.

따라서, 수평배치안은 차량흐름면에서 수직배치안에 비해 분리한 점이 있으므로 장치장 설계시 블록의 배치는 수직배치안을 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

(2) 블록의 수

블록의 개수는 안벽의 처리물량에 따라 달라지게 되며, 블록 수를 산출하기 위해서는 안벽의 작업처리요구에 대한 목표치가 필요하다. 보통 터미널의 처리물량은 선석단위로 수립되므로 이에 준하여 블록의 수량을 결정하도록 한다. 블록의 수를 결정하기 위한 선석당 처리물량을 Table 5와 같이 구성해 보았다.

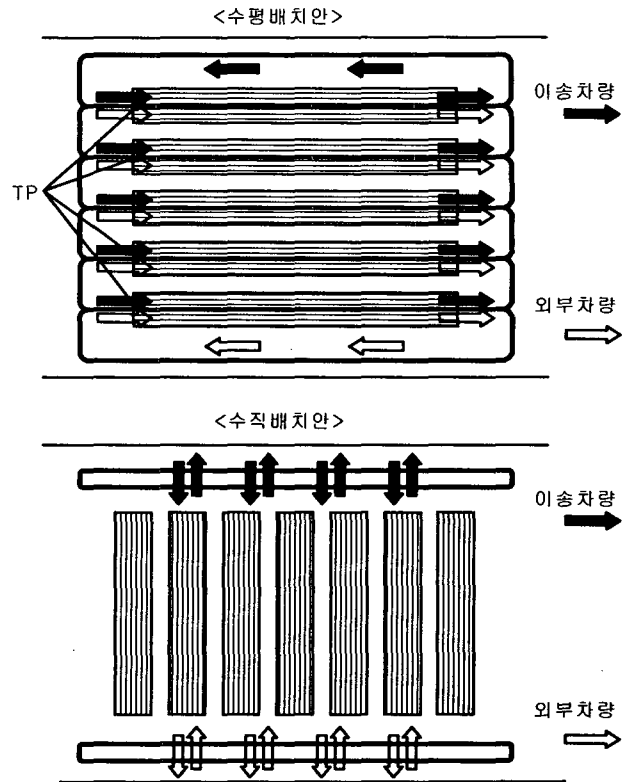


Fig. 11 Traffic path in horizontal/vertical block arrangement

Table 5의 시나리오는 총 2개안으로 선석당 처리물량을 시간당 작업요구량으로 나타내었으며, 이 값은 블록의 수를 산출하기 위한 안벽의 작업목표량이 된다.

Table 5 Selection of scenario for throughput per berth

구분	Scenario #1	Scenario #2
선석길이	350m	400m
시간당 작업요구량	300개	350개

블록의 수를 최종 결정하기 위해 장치시스템의 4가지 하역작업중 양적하 지원작업을 기준으로 개략적인 시뮬레이션 분석을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

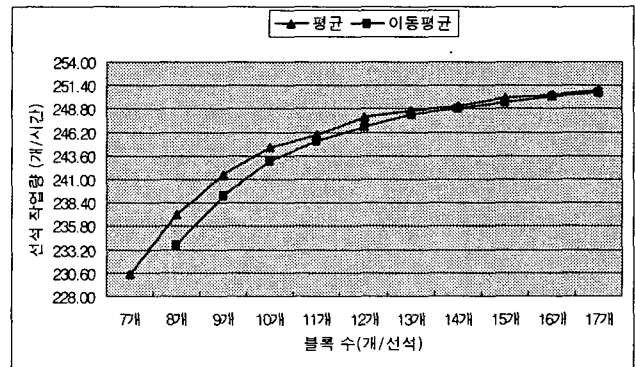


Fig. 12 Simulation result of scenario #1(300lifts/hr)

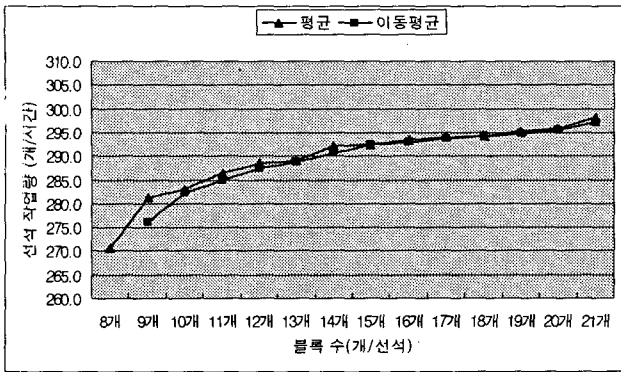


Fig. 13 Simulation result of scenario #2(350lifts/hr)

양적하 지원작업에 대한 시뮬레이션 분석에서 Scenario #1안의 경우 선석의 시간당 목표치 300개를 달성하기 위해 블록의 수를 7개~17개까지 설정하여 분석한 결과 시간당 안벽작업 평균값은 230.40~250.91개의 작업생산성을 가지는 것으로 나타났다. Scenario #2안에서는 블록 8개~21개를 적용한 결과 시간당 270.74~298.18개의 작업생산성을 보였다.

장치장 설계를 위한 선석당 블록의 적정수량은 블록수의 증가량과 작업생산성의 향상정도를 고려하여 결정할 수 있으며 본 연구에서는 평균값과 이동평균값(2구간)이 근소한 차이를 보이는 구간을 블록의 적정수량으로 보았으며, 각각 scenario #1(14개), scenario #2(17개)가 되는 것으로 산출되었다.

Table 6 Number of blocks for throughput per berth

구분	Scenario #1	Scenario #2
블록개수	14개	17개

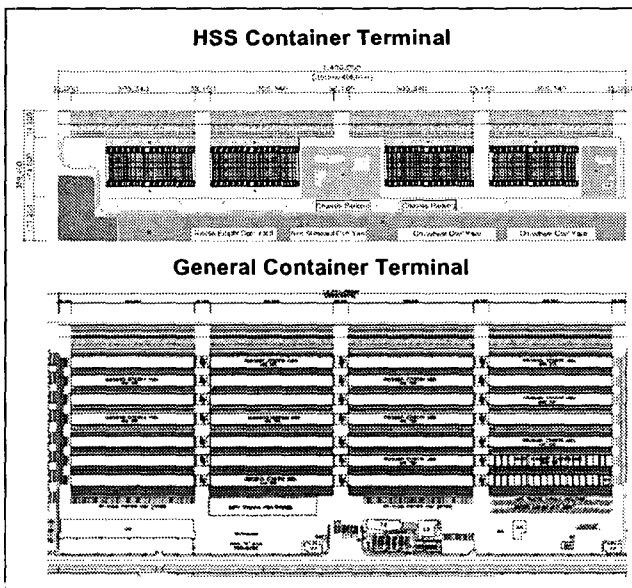


Fig. 14 Master plan at HSS terminal/general terminal

이상의 내용에서 장치장의 배치방향과 선석당 블록의 수를

기준으로 터미널의 일반 시설물 배치를 고려하여 고층 장치시스템을 적용한 전용터미널의 마스터 플랜을 작성해 보았다.

고층 장치시스템을 적용한 HSS 전용터미널과 기존의 일반 터미널의 평면배치구성도를 비교해 볼때 장치장의 면적이 상당히 절감되는 효과를 확인할 수 있다. 또한, 장치장 후면에만 배치되었던 각종 시설·운영건물의 일부를 터미널 전면에 배치할 수 있어 터미널 전체의 관리운영에 도움이 될 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 컨테이너를 고층으로 적재할 수 있는 고층 장치시스템 개발 방안을 소개하였다. 고층 장치시스템은 총 4가지의 하위 장치모듈(I·IV)로 구성되며 각 장치모듈은 양적하 지원, 반출입 지원, 보관·이적작업을 전담하는 독립된 장치로 운영된다. 기존의 RTG/RMG 장치시스템은 5단적 이하의 컨테이너 장치가 대부분인 반면 고층 장치시스템은 최대 20단까지 적재가 가능하여 기존의 터미널 장치공간의 부족을 해소할 수 있는 시스템이라 할 수 있다. 연구결과로 고층 장치시스템을 적용한 HSS 전용터미널 Master Plan을 제시하였으며 이에 는 개략적인 설계 장단점 분석과 생산성 분석이 병행되었다.

본 연구결과는 차후 실제 터미널 운영을 위한 기본 설계 및 상세설계의 기초자료로 활용될 수 있으며, 본 연구에서 제시하는 고층 장치시스템은 향후 기존 터미널 및 신규 터미널 개발에 적용하여 항만의 부가 가치를 더욱 향상시키는 원동력이 될 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Ardavan Asef-Vaziri & Behrokh Khoshnevis, Potential for ASRS & AGVS in Maritime Container Terminal, 2001
- [2] Ardavan Asef-Vaziri & Behrokh Khoshnevis, "ASRS in Maritime Container Terminal" To appear in Proceeding of the 6th International Colloquium on Material Handling Research, 2000.
- [3] Hu Y H, Huang S Y, Chen C, Hsu W J, Toh A C, Loh, CK, Song T (2005), "Travel time analysis of a new automated and retrieval system", Computers & Operations Research, Vol. 32, pp. 1515-1544
- [4] Johnson, M. E. and M. L. Brandeau "Stochastic Modeling for Automated Material Handling System Design and Control", Transportation science, 1996.
- [5] Ratliff, H.D. and P.M. Griffin, "Storage Strategies for Containerized Cargo Port" Port Technology International, Vol. 7, 1999