韓國港灣學會 第14卷 第4號, pp. 395~406. 2000.

論 文

고효율 갠트리 크레인 설계 및 성능분석+

김 경 한* · 이 영 진** · 이 진 우*** · 이 권 순****

A Design and Characteristics Analysis of High Efficiency Gantry Crane

K. H. Kim · Y. J. Lee · J. W. Lee · K. S. Lee

Key Words : 갠트리 크레인(Gantry Crane), 메인트롤리(Main-Trolley), 서브크롤리(Sub-Trolley), 컨베이어(Conveyor), 엘리베이터(Elevator), 싸이클타임(Cycle Time), 흔들림 방지(Anti-Sway)

Abstract

In this paper, an improved high efficiency gantry crane for container transportation is designed. The basic concept of the designed crane can be used with modification of the classical gantry crane instead of changing lots of them. This crane can reduce the cycle time more than the classical gantry crane. The high efficiency gantry crane can improve the productivity of the container transportation job because of reducing cycle time.

The loading and unloading capability are compared with the classical crane. The results show that the proposed crane has better performances than classical type.

+ 본 연구는 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형통합항만관리연구센터와 1999년 산업기반기술 개발사업의 지원에 의한 것입니다.

* 정회원, 지능형통합항만관리연구센터 특별연구원
** 정회원, 항공기능대학 전기계측제어과 전임강사
*** 정회원, 동아대학교 전기공학과 박사과정
**** 정회원, 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

1. 서 론

최근 정보 통신 부분에서 진행된 급격한 기술혁신과 수송산업의 세계적 발전을 기반으로 국가간 서비스 교역이 크게 늘어나게 되었다.

해상운송의 기술혁신에 따라 제4세대형 대형 컨테이너선(over panamax급)이 출현하였으며, 컨테이너선의 대형화에 의한 범세계적인 항로망 확충 및 역내 교역의 초고속 화물선 투입 등 해운시장의 여건 변화에 따라 국제 해운시장에서 치열한 생존경쟁이 지속될 것으로 판단된다. 항만 여건의 변화도 예견된다. 컨테이너화의 진전으로 현대의 항만은 기존의 단순 화물처리 공간에서 탈피하여 하역, 보관, 통관 및 물류정보처리 등 종합적 기능을 수행하는 종합물류 유통기지(제 3세대 항만)로 변모하는 추세이다.

컨테이너 선박의 재항시간(turn around time) 단축이라는 선사, 화주 및 컨테이너 터미널 공통의 목표가 필연적으로 설정되어지는 것을 알 수 있다. 일반적으로 컨테이너 선박의 재항시간은 터미널의 하역 생산성에 의해 좌우되기 때문에 선박의 대형화 및 고속화에 상응하는 고속 하역 시스템을 갖춘 컨테이너 터미널의 등장이 요구되는 시점에서 부두를 개조하지 않고 문제를 해결할 수 있는 방법 중 하나가 컨테이너 하역 시스템의 개발이라 볼 수 있다.

특히, 컨테이너 터미널에서 발생하는 비용이 컨테이너 총 수송원가의 약 30%를 차지하고 있기 때문에 기업의 경쟁력과 직결되는 해상수송 비용 절감요구에 부응하기 위해서 각국의 주요 항만들은 터미널 운전의 생산성을 증대시키는데 노력하고 있다.

국내에서도 국제화물수송의 99%를 담당하는 항만이 국제교역의 경쟁력 향상에 직결되는 사회간접자본이라 볼 수 있다. 즉, 화물량에 비하여 항만시설이 부족하면 유통비용 상승을 초래해 국제경쟁력을 약화시키고, 수출입 무역장애 등 실물 경제 성장에 심각한 장애요인으로 작용하게 된다. 뿐만 아니라 최근 국내의 제조원가에서 물류비용이 차지하는 비중의 경우 95년도에는 매출액의 약 16.9%에 이르렀으며, 이는 미국의 7.7%나 일본의 8.8%에 비해 매우 높은 수치에 해당된다.

국내 자체의 컨테이너 물동량만 하더라도 현재 처리능력의 3배 수준에 달하고 있는 반면, 항만 개발이 상대적으로 미비하여 현 항만 시설 확보율은 66%에 불과한 실정이다. 그러나 부두자체를 지속적으로 증설하기에는 공사기간만 총 10년 이상 장기간이 소요되므로 높은 생산성과 고효율성을 갖는 양 · 하역 작업 방법이 요구되고 있다.

한편, 최근 들어 세계적으로 컨테이너화물의 비중이 지속적으로 높아지고 컨테이너선의 대형화 추세로 기존 컨테이너 부두의 하역능력도 한계에 도달하여 새로운 고성능 신형 컨테이너 크레인(container crane)의 출현이 불가피한 시점에 와있다. 그러나, 크레인을 대형화만 할 시에는 로프의 연결이 복잡해지고 로프길이 증가로 인한 로프 처짐이 주요한 문제로 부각되고 있다. 또한, 크레인의 고속화로 인하여 크레인의 흔들림 문제도 함께 대두되고 있는 실정이다[1].

또한, 국내의 크레인을 제작하는 대부분의 중공업에서는 중국 등에 가격경쟁 면에서 국제시장 진출이 크게 위축된 상황이므로 기술력을 바탕으로 한 고부가가치의 크레인 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 따라서, 이러한 여러 가지의 기술적 문제를 해결하고 기존의 크레인을 활용하면서도 야드(yard)의 운영효율을 향상시킬 수 있는 새로운 타입의 크레인을 개발하고자 한다. 본 개발을 통하여 기존의 크레인에 비해 크레인과 트레일러간의 지체현상을 해소할 수 있고, 설계를 보다 간단하게 함으로써 고장율을 최소화할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 고효율 갠트리 크레인의 설계

2.1 기본 원리 및 구조

본 연구에서 설계한 고효율 갠트리 크레인(gantry crane)은 기존의 크레인에 부착된 트롤리와 스프레

더(spreader)의 작업범위를 줄여 배에서 컨테이너 하역작업을 분업화하여 기존 트롤리와 스프레더는 배에서 컨테이너를 인출하여 엘리베이터까지 이송하는 역할을 담당하도록 하였다. 그림 1은 본 연구에서 개발한 크레인 중 TTES(two trolley elevator system) 갠트리 크레인의 작업 구조도를 나타낸다.

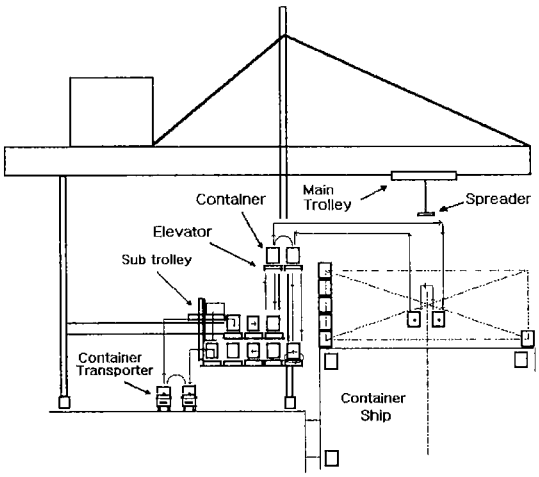


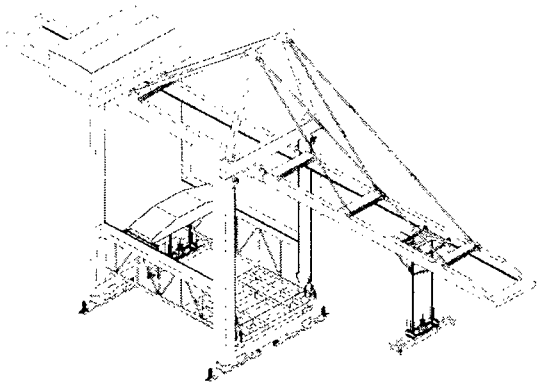
Fig. 1 TTES gantry crane's working schedule (Dual Cycle)

그림 1에서 보는 바와 같이 컨테이너가 엘리베이터까지 이송이 완료되면 엘리베이터는 하강하여 컨베이어가 수평이송을 할 수 있도록 하였다. 이때, 수평이송이 완료된 컨테이너는 Sub-trolley가 컨테이너를 잡아 트레일러에 탑재하는 단계를 최종적으로 수행하도록 구분하여 하역능력을 증가시키도록 하였다.

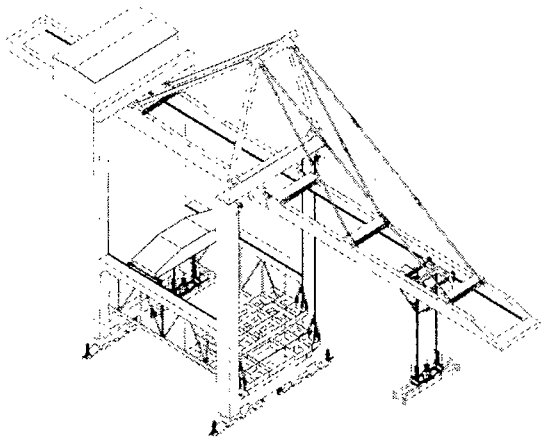
한편, 기존 크레인에 부착된 트롤리와 스프레더가 배에서 컨테이너를 인출하여 트레일러 탑재시 트레일러 사정으로 미 도착된 때에는 대기과정 등 작업상 일치하지 않는 부분을 완충할 수 있도록 일시보관 기능을 주어 하역흐름을 원활하도록 하였다. 또한, 기존 크레인에 부착된 트롤리와 스프레더가 배에서 컨테이너를 인출하여 트레일러 탑재시 바람 및 이송 관성에 의하여 트레일러 탑재 안정 시간이 필요하였으나, TTES의 Sub- trolley가 컨베이어에 의해 이송된 컨테이너를 트레일러에 안정 시간 없이 바로 탑재할 수 있도록 그 구조를 설계하였다. 그림 2는 고효율 갠트리 크레인의 실제 설계도면을 나타낸다[2].

2.2 고효율 갠트리 크레인의 흔들림 방지(anti-sway) 장치

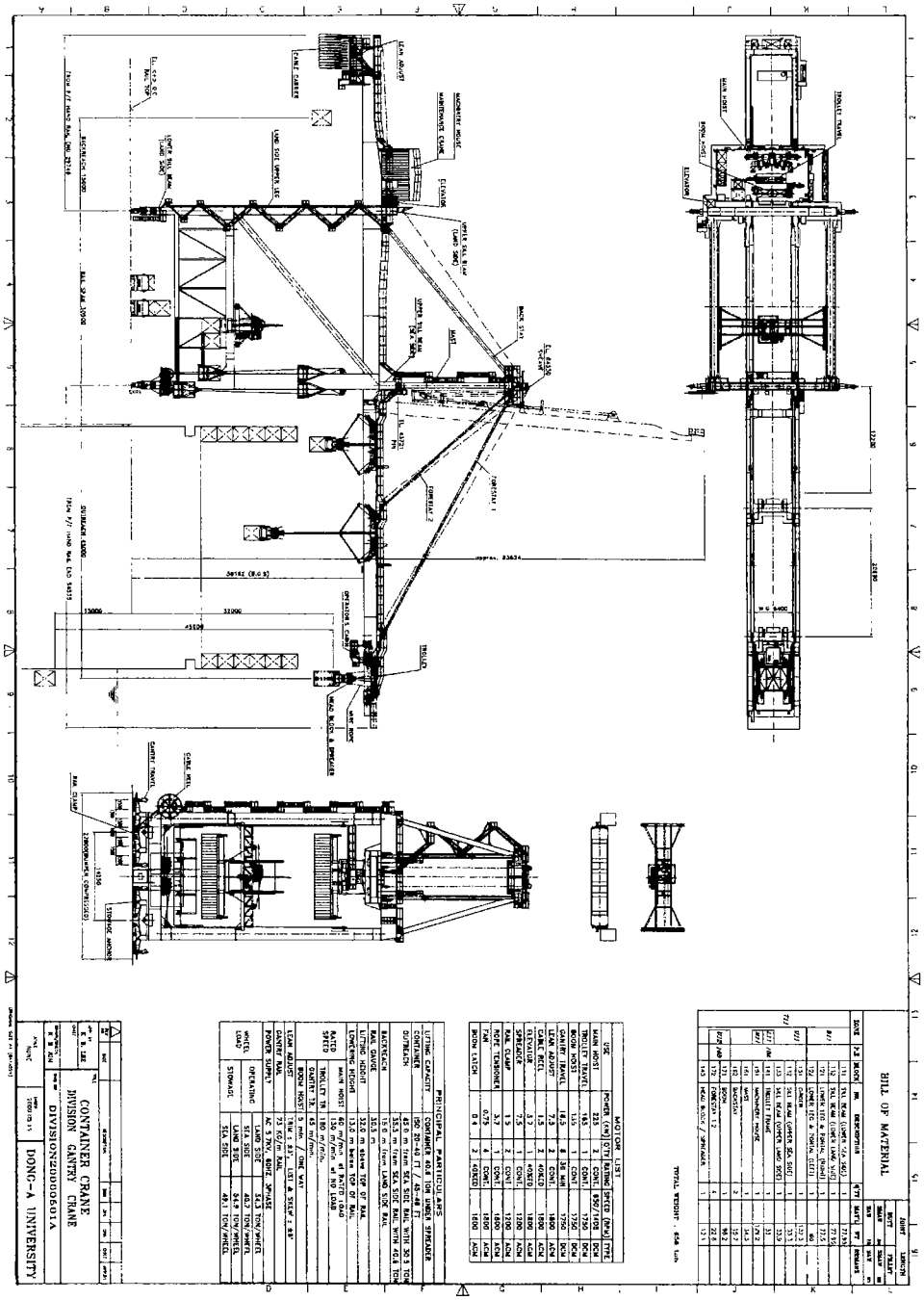
기존의 컨테이너항만에 설치된 컨테이너 크레인, 타이어식 야드용 교형 크레인 등에 설치된 트롤리는 로프를 통해 하강된 스프레더가 컨테이너를 결착한다. 일정구간 스프레더가 상승 후, 트롤리가 수평으



(a) A drawing of a single cycle crane



(b) A drawing of dual cycle crane



(c) A drawing of all parts

Fig. 2 Designed high efficiency gantry crane

로 이동하여 이동차량이나 적재 장소에 하강하여 적재하고, 다시 스프레더를 상승시켜 다음 화물의 위치로 이동하게 된다. 이상과 같은 과정을 반복적으로 수행하여 화물 또는 컨테이너를 하역 및 선적하게 된다.

그러나, 이와 같은 로프에 의한 이송방식의 경우 스프레더가 컨테이너를 결착하여 일정구간 만큼 승강하고 트롤리가 소정의 위치로 수평 이동하여 정지 시 로프로 연결된 스프레더가 관성에 의한 횡력이 작용하여 계속적으로 흔들림이 발생한다. 더욱이 해양에서 불어오는 강한 바람에 의하여서도 흔들림이 발생하게 되고 이는 컨테이너를 정확한 위치에 적재하는 것을 어렵게 만들며, 흔들림이 정지할 때까지 기다려야하는 작업시간이 필요하게 된다. 최근 이러한 문제점을 해결하기 위해 구동제어 프로그램으로 흔들림을 잡거나 기구 구조물을 설치하여 흔들림을 잡는 장치들의 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 중량의 컨테이너와 스프레더의 무게로 인해 발생하는 횡력을 억제하고 흡수하는 장치들의 개발이 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 전술한 문제점을 극복하기 위하여 트롤리와 스프레더의 사이에 상하 이동에 따라 신축적으로 이동 가능한 다단실린더, 암 및 댐퍼가 설치된 지지대를 설치하여 스프레더의 흔들림과 충격을 흡수함으로써 스프레더의 흔들림을 방지할 수 있는 장치를 개발하였다. 그림 3은 본 연구에서 개발한 흔들림 방치 장치를 나타낸다[3].

그림 3에서 보는 바와 같이 본 장치는 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫째, 트롤리는 로프에 연결된 스프레더를 승·하강 시 다단 실린더의 각 실린더의 내부에 형성된 에어쿠션에 의해 부드러운 작동이 가능하다. 둘째, 트롤리는 컨테이너가 결착된 스프레더를 상승 후 적재장소로 이동하여 정지 시 관성력이 작용하여 횡력이 발생하게 되고, 스프레더와 트롤리 사이에 설치된 지지대는 다단 실린더를 양쪽에서 지지하여 스프레더의 흔들림을 탄력적으로 억제할 수 있다. 셋째, 이 지지대에 설치된 댐퍼는 충격 또는 진동을 흡수하여 스프레더의 흔들림을 방지할 수 있게 된다.

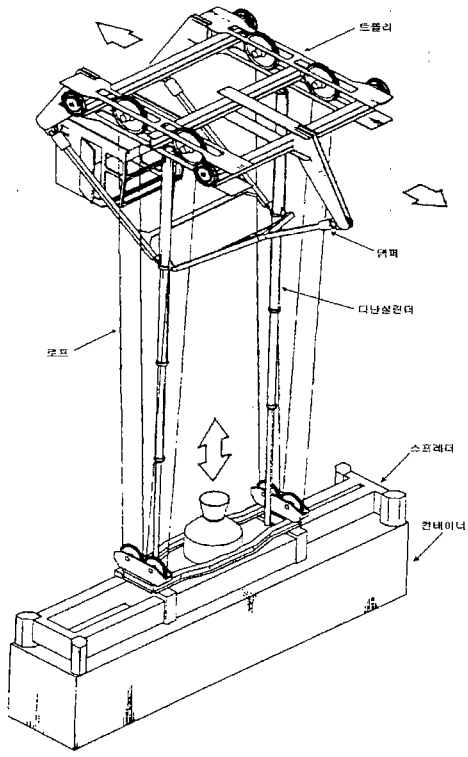


Fig. 3 Mechanical anti-sway device

즉, 본 흔들림 방지장치는 Main 및 sub 트롤리에 모두 장착되어 스프레더의 흔들림을 최소화하여 컨테이너 내의 화물을 흔들림 없이 안정적으로 원하는 위치까지 이동적재 가능하며, 작업시간을 단축하여 항만 용역율을 높이고 선박측 스프레더의 운전 반자동화가 가능하여 작업자의 피로도를 낮출 수 있는 효과가 있다.

2.3 고효율 갠트리 크레인의 하역능력 분석

본 연구에서는 개발한 고효율 갠트리 크레인의 성능을 평가하기 위하여 다음과 같은 거리 산출법에 따라 Cycle Time을 계산하고 기존의 크레인 대비 그 성능을 비교 분석하였다.

2.3.1 거리 산출법

항만 하역에 이용되는 크레인의 작업 거리는 기존에 각 항만관련 분야에서 적용되는 일반적인 규칙을 이용하였다[4]. 먼저, 그림 4와 같이 크레인 및 선박 등의 규격을 정의하여 그에 따른 아웃리치 및 양정 등을 계산한 후 기존 크레인과 TTES 크레인에 대하여 각각 작업범위에 따른 거리를 산출하여 Cycle Time을 계산하였다.

이때, 컨테이너 하역작업과정은 가장 일반적인 작업을 적용하였으며, 바람 등에 의한 외부 외란은 고려하지 않았다. 다음 표 1, 2, 및 3은 각각 아웃리치 R1, 양정 L1, 양정 L2의 산출법을 나타낸다.

2.3.2 Cycle Time 계산

1) 기존의 크레인

이상과 같은 기준 거리를 이용하여 기존의 크레인에 대한 작업 공정은 그림 5와 같이 정의하였다.

Table 1 Computing of out-reach R1

항 목 \ 구 분	6000TEU [m]	3550TEU [m]
선폭 [B]	39.6	32.3
해측 현측과 갑판상의 해측 컨테이너 중심과의 거리 [G]	1.42	1.47
갑판상 적단수 (9ft-6in 컨테이너)	4	5
수평시 안벽 법선으로부터의 아웃리치 [B-E]	38.18	30.83
배의 경사 3° [D+e+t+H-M] Tan3°	1.28	1.18
안벽 법선으로부터의 아웃리치 [R1]	39.46	32.01
결정치 [R1]	40	32.5

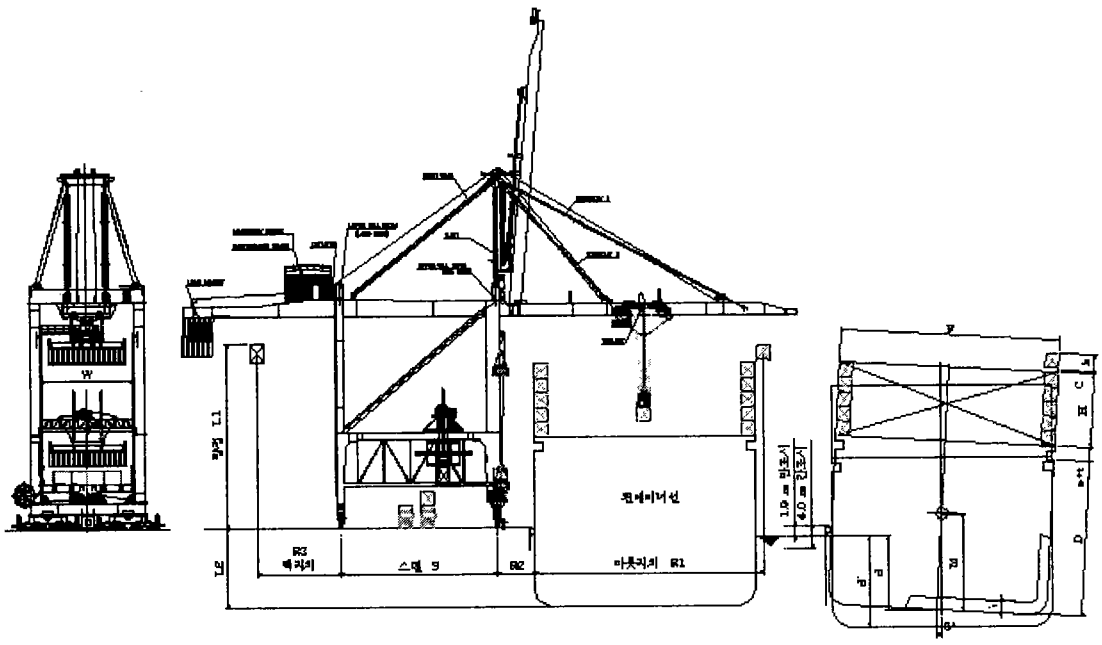


Fig. 4 A needed basic map for calculating cycle

Table 2 Calculation of distance L1

구 분 / 항 목	6000TEU [m]	3550TEU [m]
배의 깊이 [D]	27.3	21.5
갑판위 컨테이너 적하높이 [H]	11.6	14.5
〃 전폭 [F]	39.2	31.8
하역시 끽수 [d]	9.5	8.5
히링중심높이 [M]	17.0	14.5
하역중의 클리어런스 [C]	0.5	0.5
컨테이너의 높이 [h]	2.9	2.9
해치 코밍높이와 해치커버 두께 [e+t]	2.5	2.4
만조수의상의 양정(수평시) [D+e+t+H+C+h-d]	35.3	33.3
배의 경사 3도 1/2F tan 3°	1.03	0.84
만조수의시의 양정 (3° 경사시)	36.33	34.14
만조수의상의 주행레일 높이	1.9	1.9
주행레일면상의 양정 [L1]	34.43	32.24
결정치 [L1]	34	32

Table 3 Calculation of distance L2

구 분 / 항 목	6000TEU [m]	3550TEU [m]
만조 끽수 [d']	12.5	11.5
선저와 바닥면의 거리 [i]	2.0	2.0
4ft 컨테이너 높이 [h']	1.2	1.2
간조수위하의 양정 [d'-i-h']	9.3	8.3
주행레일면하의 양정 [L2]	13.3	12.3
결정치 [L2]	14	13

그리고, 각 행정간의 시간 및 행정거리는 다음의 1)부터 10)과 같다.

1) Engaging container on dock(2.0 sec)
2) Hoisting(23.8m)
2')Traveling outboard(42.1 m)
3) Lowering to cell guides and stop(1.5 m)

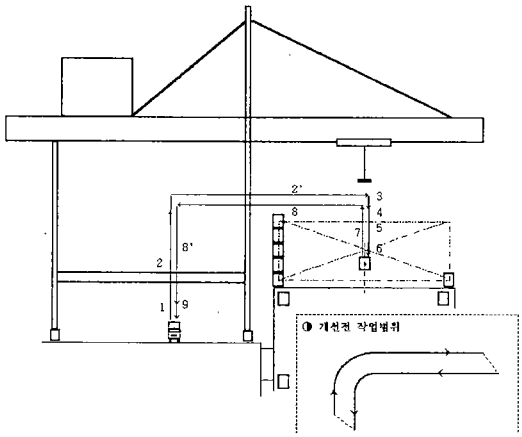


Fig. 5 Working region of conventional crane

4) Entering cell guides(2.0 sec)
5) Lowering slowly and stop(12.0 m)
6) Disengaging container(2.0 sec)
7) Hoisting(13.5 m)
8) Traveling inboard(42.1 m)
8') Lowering to cell guides and stop(22.8 m)
9) Lowering to container(1.0 m)
10) Repeat cycle

그림 5의 작업 범위에 대한 부하 및 무부하시의 속도, 가속시간 및 감속시간은 다음 표 4와 같다.

Table 4 In case of load and no load, velocity and acceleration · deceleration time (conventional crane)

구 분 / 항 목		Velocity (m/mim)	Acc. time (sec)	Dec. time (sec)
Load	Hoist	70	0.875	0.875
	Traverse	180	7.5	7.5
	Lower	70	0.875	0.875
Unload	Hoist	150	3.750	3.750
	Traverse	180	7.5	7.5
	Lower	150	3.750	3.750

이때, 표 4로부터 얻은 호이스트 등의 속도 및 감 · 가속 시간에 대한 그림 5의 작업과정에 따른 전체 Cycle time은 다음 표 5와 같이 얻을 수 있다.

Table 5 Conventional crane's Cycle Time

No	Motion	D (m)	Acc. (m/s)	Dec. (m/s)	t1 (sec)	t2 (sec)	t3 (sec)	Time/ Oper
1	H	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00
2	H	23.80	0.875	0.875	1.50	18.90	1.50	21.90
2′	T	42.10	7.50	7.50	5.00	9.00	5.00	19.00
3	H	1.50	0.875	0.875	1.389	0.00	1.389	2.78
4	H	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00
5	H	12.00	0.875	0.875	1.50	8.786	1.50	11.79
6	H	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00
7	H	13.50	3.75	3.75	3.00	2.40	3.00	8.40
8	T	42.10	7.50	7.50	5.00	9.033	5.00	19.03
8′	H	22.80	3.75	3.75	3.00	6.120	3.00	12.12
9	H	1.00	3.75	3.75	1.095	0.00	1.095	2.19
Total cycle time[sec]								103.21

여기서, t_1은 가속, t_2는 등속, t_3은 감속시간을 나타내며, 표 5의 Cycle Time에 따라 시간당 작업량을 계산해보면 35[EA/hr]임을 알 수 있다.

2) TTES 크레인(Single cycle)

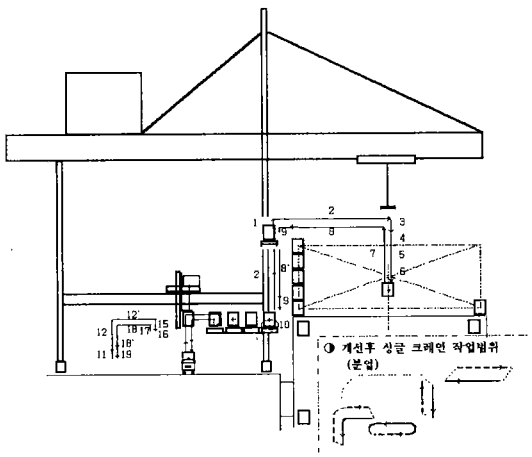


Fig. 6 TTES gantry crane's working process (single cycle)

TTES single cycle의 경우에 대하여 그림 2의 기준 거리를 적용하면 작업 공정은 그림 6과 같이 나타낼 수 있다.

각 구간의 행정거리 및 시간은 다음과 같다.

▶ T/H

1) Engaging container ondock(2.0 sec)
2′)Traveling outboard(42.1 m)
3) Lowering to cell guides and stop(1.5 m)
4) Entering cell guides(2.0 sec)
5) Lowering slowly and stop(12.0 m)
6) Disengaging container(2.0 sec)
7) Hoisting(13.5 m)
8) Traveling inboard(42.1 m)
9) Lowering to container(1.0 m)

▶ E/V

2) Hoisting(14.8 m)
9′)Lowering to cell guides and stop(13.8 m)
9) Lowering to container(1.0 m)

▶ C/V

10)Conveyor(3.6 m)

▶ XYZ

17) Z Hoisting(0.3 m)
18) X Traveling(3.0 m)
18′)Z Hoisting(7.3 m)
19) Lowering to container(1.0 m)
11) Engaging container ondock(2.0 sec)
12) Z Hoisting(8.3 m)
12′)X Traveling outboard(3.0 m)
15) Z Hoisting(0.3 m)
16) Disengaging container(1.0 sec)

그림 6의 작업 범위에 대한 부하 및 무부하시의 속도, 가속시간 및 감속시간은 다음 표 6과 같다.

이때, 표 6으로부터 얻은 호이스트 등의 속도 및 감 · 가속 시간에 대하여 그림 6의 작업과정에 따른 전체 Cycle Time은 다음 표 7과 같이 얻을 수 있다.

Table 6 In case of load and no load, velocity and acceleration · deceleration time (TTES gantry crane(single cycle))

구분 \ 항목		Velocity (m/min)	Acc. time (sec)	Dec. time (sec)
Load	E/V	70	0.875	0.875
	Con	100	4.167	4.167
	XYZ	100/50	4.167/0.625	4.167/0.625
Unload	E/V	150	3.750	3.750
	Con	150	4.167	4.167
	XYZ	100/100	4.167/2.50	4.167/2.50

Table 7 TTES crane's Cycle Time(single cycle)

	No	Motion	D(m)	Acc.(m/s^2)	Dec.(m/s^2)	t1 (sec)	t2 (sec)	t3 (sec)	Time/Oper	Total
T/H	0		0.00	0.00		0.00	2.00	0.00	2.00	
	1	H	1.00	0.875	0.00	1.134	0.00	1.134	2.27	
	2'	T	22.00	7.50	0.875	5.00	2.33	5.00	12.33	
	3	H	1.50	0.875	7.50	1.389	0.00	1.389	2.78	
	4		0.00	0.00	0.875	0.00	2.00	0.00	2.00	
	5	H	12.00	0.875	0.875	1.50	8.786	1.50	11.79	
	6	H	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	
	7	H	13.50	0.875	0.875	3.00	2.40	3.00	8.40	
	8	T	22.00	7.50	7.50	5.00	2.33	5.00	12.33	
	9	H	1.00	3.75	3.75	1.095	0.00	1.095	2.19	
			0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	60.09
E/L	2	EL_H	14.80	0.857	0.857	1.50	11.18	1.50	14.19	
	8'	EL_H	13.80	3.750	3.750	3.00	2.92	3.00	8.92	
C/V	10	C/V	3.60	4.16	4.16	3.286	0.00	3.286	6.57	27.48
XYZ	11		0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	
	12	Z_H	8.30	0.625	0.625	1.50	8.46	1.50	11.46	
	12'	Z_H	3.00	4.167	4.167	3.00	0.00	3.00	6.00	
	15	Z_H	1.00	0.625	0.625	1.342	0.00	1.342	2.68	
	16		0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	
	17	Z_H	1.00	0.625	0.625	1.432	0.00	1.342	2.68	
	18	X_T	3.00	4.167	4.167	3.00	0.00	3.00	6.00	
	18'	Z_H	9.30	2.50	2.50	3.00	2.580	3.00	8.58	
	19		0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	2.00	43.41
Total cycle time[sec]										60.09

표 7의 Cycle Time에 따라 시간당 작업량을 계산해보면 60[EA/hr]임을 알 수 있다.

③ TTES 크레인(Dual cycle)

TTES의 경우에 대하여 그림 2의 기준 거리를 적용하면 작업 공정은 그림 7과 같이 나타낼 수 있다.

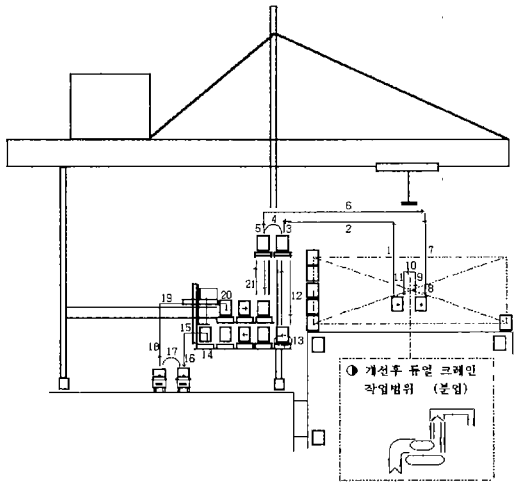


Fig. 7 Improved crane's working process(dual cycle)

각 구간의 행정거리 및 시간은 다음과 같다.

▶ Traveling/Hoisting

Disengaging container(2.0sec)

1) Hoisting(13.5m)
2) Traveling outboard(21.0m)
3) Lowering to container(0.5m)

Disengaging container(2.0sec)

4) Traveling & Hoisting(4.71m)

Disengaging container (2.0sec)

5) Hoisting(0.5m)
6) Traveling inboard(26m)
7) Hoisting(13.5m)
8) Disengaging container(2.0sec)
9) Hoisting(10m)
10) Traveling outboard(2.5m)
11) Hoisting(10m)

▶ Elevator

12) Elevator down(14.8m) & up(14.8m)

20')Elevator up(12.4m) & down(12.4m)

▶ Conveyor

13) Conveyor(3.6m)

▶ XYZ

Engaging container ondock(1.0sec)

14) Z Hoisting(0.3m)

15) X Traveling(3.0m)

16) Z Hoisting(6.3m)

Engaging container ondock(1.0sec)

17) X Traveling & Z Hoisting(4.71m)

Engaging container ondock(1.0sec)

18) Z Hoisting(10.0m)

19) X Traveling outboard(9.0m)

20) Z Hoisting(0.3m)

Disengaging container(1.0sec)

Table 8 TTES crane cycle time(dual cycle)

	No	Motion	D (m)	Acc. (m/s²)	Dec. (m/s²)	t1 (sec)	t2 (sec)	t3 (sec)	Time/ Oper	Total
			0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	
	5	H	1.00	0.875	0.875	1.134	0.00	1.134	2.27	
	6	T	26	7.50	7.50	5.00	3.667	5.00	13.67	
	7	H	13.5	0.875	0.875	1.50	13.57	1.50	16.57	
	8		0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	2.00	76.66
	9	H	1.0	3.750	3.750	1.595	0.00	1.095	2.19	
T/H	10	T	2.6	7.50	7.50	2.082	0.00	2.082	4.16	양하
	11	H	1.0	3.750	3.750	1.095	0.00	1.095	2.19	동시
							2.00		2.00	작업
	1	H	13.5	0.875	0.875	1.50	10.07	1.50	13.07	
	2	T	21	7.50	7.50	5.00	2.00	5.00	12.00	
	3	H	1	0.875	0.875	1.134	0.00	1.134	2.27	
	4		4.71			1.134	0.00	1.134	2.27	
E/L	12	H	14.8	0.875	0.875	1.50	11.18	1.50	14.19	28.38
	21	H	12.4	0.875	0.875	1.50	9.129	1.50	12.13	24.26
C/V	13	C/V	3.6	4.16	4.16	3.286	0.00	3.286	6.57	6.57
				0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	
	14	H	1.00	0.875	0.875	1.134	0.00	1.134	2.27	
	15	T	3.00	4.167	4.167	3.00	0.00	3.00	6.00	
	16	T/H	6.3	0.875	0.875	1.50	6.06	1.50	9.060	
							2.00		2.00	
xyz	17		4.71			1.134	0.00	1.134	2.27	51.77
	18	H	10.0	0.875	0.875	1.50	10.5	1.50	13.5	
	19	T	9.0	7.5	7.5	5.00	0.40	5.00	10.4	
	20	H	1.0	0.875	0.875	1.134	0.00	1.134	2.27	
							2.00	2.00	2.00	
Total cycle time[sec]										38.33

그림 7의 작업 범위에 대한 부하 및 무부하시의 속도, 가속시간 및 감속시간은 다음 표 6과 동일하게 적용된다. 이때, 표 6으로부터 얻은 호이스트 등의 속도 및 감·가속 시간에 대하여 그림 7의 작업과정에 따른 전체 Cycle Time은 다음 표 8과 같이 얻을 수 있다.

표 8의 Cycle Time에 따라 시간당 작업량을 계산해보면 94[EA/hr]임을 알 수 있다.

2.4 종합분석

이상과 같은 하역능력 분석결과, 개발한 크레인은 기존의 크레인에 비해 작업범위, 작업시간 등에서 보다 우수한 성능을 갖는 것을 알 수 있다. 다음 표 9는 기존의 크레인 대비 개발한 크레인의 하역능력을 평가할 수 있는 성능 비교를 나타낸다.

Table 9 The comparison of conventional crane with TTES for the loading and unloading ability

구분 / 항목	기존 크레인 (3550 TEU)	TTES	
		Single cycle	Dual cycle
스프레더 작업범위 [m/cycle]	하역거리 175	하역거리 87	하역거리 47
Cycle Time [sec]	103.21	60.09	38.33
하역능력 [EA/hr]	35	60	94

표 9에서 보는 바와 같이 Cycle Time의 경우에는 TTES Single 형의 경우 기존의 크레인에 비해 약 71%, Dual형은 약 168%이상 개선됨을 알 수 있다. 하역능력면에서는 TTES Single 형의 경우 기존의 크레인에 비해 약 71%, Dual형은 약 168%이상 성능일 개선됨을 알 수 있다. 표 10은 기존의 크레인과의 장단점을 비교한 것이다.

Table 10 The comparison of Conventional crane with TTES for the merits and demerits

구분 / 항목	기존 크레인	TTES
장점 및 단점	• 크레인과 트레일러간의 지체현상발생 • 트레일러 탑재시 안정시간 필요	• Bumper기능 : 하역흐름 원할 • 트레일러 탑재시 안정시간 불필요 • 빈 크레인의 움직임을 최소화
자동화	자동화 어려움	하역 자동화 가능(Semi-Auto)

Table 11 Comparison of conventional crane(1) -synthesis

구 분 / 항 목	TTES		기존 크레인
	Single	Dual	
하역수량	70[EA/hr]	94[EA/hr]	38[EA/hr]
자동화	자동화에 용이한 구조로 설계(Semi-Auto)		부적합
제작성, 조립성	기존 제작시설 및 설치장비 활용		
구조의 단순화	구조를 단순화하여 고장율 최소화		
고장시대책	기존방식으로 전환가능	Single로 전환가능	전체정지
구조물 안정도와 바람영향도	무게중심이 하부에 있어 구조물의 안정성과 바람영향에도 안정적으로 설계		상부에 집중
컨테이너 탑재 정확도	우 수 함		흔들림 발생
컨테이너 보호	안전하게 이동하여 탑재		충격 기존과 동일
X-Ray 투시검사	설치 가능		복잡 (어렵다)
Casting 착/탈 자동화	설치 가능		복잡 (어렵다)

표 10에서 보는 바와 같이 기존의 크레인 대비 장단점을 비교해본 결과도 트레일러간의 지체현상이나 탑재시 별도의 안정시간을 최소화할 수 있으며, 하역자동화의 가능성도 함께 가짐을 알 수 있다. 표 11은 기존의 크레인과 그 성능을 종합적으로 비교 분석한 것이다.

표 11에서 보는 바와 같이 하역수량개선, 자동화 능력, 구조의 단순화 등 다양한 측면에서 개발된 TTES 크레인이 더욱 우수한 성능과 효율성을 나타냄을 알 수 있다. 특히, 구조적 안정성면에서 기존의 크레인이 상부에 집중된 반면 TTES 크레인은 무게중심이 하부에 있어 구조적 안정을 얻을 수 있으며, 설치적 측면에서도 기존의 크레인을 충분히 활용할 수 있어 유용성도 높일 수 있다. 표 12는 하역원칙에 따라 기존의 크레인과 비교한 것이다.

Table 12 Comparison of conventional crane(2) -in case of loading and unloading' rule

구 분 / 항 목	TTES		기존 크레인
	Single	Dual	
하역경제성의 원칙	△	△	○
이동거리(시간) 최소화의 원칙	△	△	×
활성화의 원칙	○	○	×
단위화의 원칙	○	○	○
기계화의 원칙	○	○	×
중력 이용의 원칙	○	○	×
인터페이스의 원칙	○	○	×
시스템화의 원칙	○	○	×
종합 평가	○	○	×

표 12에서 보는 바와 같이 하역원칙에 따라 분석해본 결과에서도 기존의 크레인에 비해 그 성능이 우수함을 알 수 있었다.

또한, 하역작업시 해측 트롤리와 육측 크레인간에 상호 연계되어 작업이 이루어져야하며, 그렇지 않을 경우 작업시간 불균형(time unbalance)으로 인해 작업 적체현상이 발생하여 생산효율성을 저하시킬 수

있다. 그러나, 본 연구에서 설계한 크레인의 경우 컨베이어와 체인 등을 이용하여 버퍼(buffer)작용을 할 수 있어 해측과 육측이 연계되어 충분히 효율적으로 운행될 수 있는 구조로 설계되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 항만 하역 능률을 향상시키기 위하여 기존의 크레인 보다 생산성 면에서 보다 우수한 새로운 타입의 고효율 갠트리 크레인을 설계하였으며, 그 성능을 기존의 크레인과 비교 분석하였다.

그 결과, Main-Trolley, Sub-Trolley 및 Elevator에 의한 분업으로 하역 생산성을 향상시킬 수 있다. 또한, Conveyor에 의한 Bumper 기능을 가지고 있어 Yard의 운영 효율을 증대시킬 수 있으며, Sub-Trolley나 Elevator 고장시 기존 시스템으로 전환이 가능하다.

끝으로, Anti-Sway 기능을 부가적으로 가지고 있고, Elevator 높낮이를 조절할 수 있어 하역 시간을 단축시킬 수 있으며, 구조가 간단하여 유지 보수가 쉽고 비용이 저렴하다는 것이 특징이다.

이상과 같은 특징을 가지 고효율 갠트리 크레인은 향후 국제 항만으로서 필요한 항만 자동화에 큰 기여를 할 것으로 기대되며, 선박의 재항시간 단축에도 일익을 담당할 것으로 기대된다.

참고문헌

1) 한국해양수산개발원, 자동화 컨테이너터미널 개발사업 타당성 검토 최종보고서, 1998. 12.
2) 김경한, "화물 하역/선적 장치", 국내 특허 제 0230144, 1999.
3) 김경한, 권영수, 이권순, "스프레드의 흔들림 방지 장치", 국내 특허 출원번호 10-2000-0044976, 2000.
4) 한국사전연구사, 기계공학편람사전, 1995.
5) 김경한, 권영수, "Device for Loading/Unloading Cargo and Method therefor", PCT/KR99/007792, 2000.12.