

초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 항만 하역시스템 기술개발전략 연구

2002. 12

양창호·김창곤·최종희·최상희·최용석·이주호

□ 보고서 집필 내역

◆ 연구책임자

- 양 창 호 : 제1장, 제3장, 제5장, 제6장

◆ 연 구 진

- 김 창 곤 : 제2장

- 최 종 희 : 제2장

- 최 상 희 : 제4장, 제5장, 제6장

- 최 용 석 : 제5장

- 이 주 호 : 제4장

□ 산·학·연·정 연구자문위원

◆ 변성태 (현대중공업 부장)

◆ 양 원 (현대상선 이사)

◆ 나성린 (한양대학교 교수)

◆ 박경택 (한국기계연구원 선임연구원)

◆ 함동석 (해양수산부 민자계획과 서기관)

머 리 말

최근 한국 경제의 도약을 목적으로 우리나라를 동북아 중심국가로 만들기 위한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 다시 말해 동북아 비즈니스 허브(Hub)가 되자는 구상이다. 동북아 비즈니스 중심이란 구상은 금융, 제조, 물류 각 분야에 적용될 수 있다.

물류 분야에서 동북아 비즈니스 중심이란, 공급사슬측면에서 최소한 동북아 시장을 대상으로 한 다국적 기업들의 생산, 보관, 가공, 유통이 우리나라 항만을 중심으로 이루어지는 것을 의미한다고 볼 수 있고, 항만의 관점으로 보면 대 중국항, 혹은 대 구주·미주항 중국 화물의 환적기지가 우리나라 항만이 됨을 의미한다고 할 수 있다. 일반적으로 환적기지로 이용하는 항만이 그 지역 중심(허브)항만이 되고, 이 항만을 중심으로 다국적기업들의 공급사슬관리가 이루어진다고 할 수 있다.

정부는 부산항과 광양항의 부두를 대규모로 건설하여 동북아 물류중심기지로 발전시키려는 정책을 추진하고 있다. 이에 따라 총 항만물동량에서 차지하는 환적물동량을 현재의 300여만TEU에서 2011년에는 1,320만TEU, 그리고 2020년에는 2,100만TEU까지 늘릴 계획이다.

그러나 최근 한국과 일본의 물동량에 비해 중국의 해상물동량이 큰 폭으로 증가하고 있어 주요 항로에서 중국항만 기항을 늘리면서 한국과 일본항만은 지나쳐 버리는 경우가 증가하고 있다. 특히 1만TEU급 이상 초대형 컨테이너선이 중국 등의 항만에 기항하고 우리나라 항만을 제외할 경우 정부의 동북아 물류중심 전략은 큰 차질을 빚을 것으로 우려된다.

초대형 컨테이너선이 출현하게 되면 항만에서의 양적하물동량 증가로 항만 내 체류시간, 즉 재항시간이 길어지기 때문에 총 항해시간을 동일하게 유지하기 위해서는 기항항만 수를 축소시킬 수밖에 없다. 초대형선 기항항만에서 제외된 인근항만은 초대형선이 기항하는 항만에 환적, 이송하는 피더운송을 하게 된다. 이 결과 초대형선이 기항하는 항만은 환적기지로 중심항만이 되지만 인근항만은 피더항이 될 수밖에 없다.

1996년에 Maersk사가 6천TEU급 슈퍼 포스트파나막스형의 대형선을 투입한 이

래 2004년까지 6천TEU급 40여척이 인도될 것으로 예정되어 있고, 이 중에는 8천 TEU 및 1만TEU 이상 선박이 다수 포함되어 있어 이미 초대형 컨테이너선 시대가 시작되었다고 할 수 있다.

초대형 컨테이너선의 기항여부는 시장의 크기, 기업 전략적인 면 등 여러 가지를 고려하게 되나 같은 조건이라면 선박재항시간을 단축시킬 수 있는 높은 생산성의 항만, 그리고 추가적인 환적에 따른 비용을 최소화할 수 있는 저렴한 환적비용 항만을 선호할 수 밖에 없다.

이에 따라 초대형선의 기항을 유도할 수 있는 첨단항만시설, 첨단 하역시스템 및 운영시스템, 장비에 대한 기술개발 및 투자가 시급한 실정이다. 즉 2010년경에는 초대형선의 기항이 본격화될 것으로 예상되고 있기 때문에 새로운 첨단 하역시스템의 개발과 설치에 5~10년이 소요됨을 감안하면 초대형선에 대비한 차세대 하역시스템의 연구개발은 매우 시급한 실정이다.

이에 따라 본 연구는 첫째, 부산항과 광양항이 동북아 물류중심기지 역할을 수행할 수 있는 첨단 하역시스템 연구개발 과제와, 둘째, 초대형선 기항을 유도하기 위해 시급히 개발해야 될 차세대 하역시스템 연구개발 과제를 도출하고, 그 기술개발을 구체화할 수 있는 기술개발계획을 수립함을 목적으로 하였다.

해외 선진항만에서는 안벽 하역장비의 생산성 향상과 더불어 안벽과 야드 간 빠른 이송 방법, 그리고 이를 최대한 신속히 처리할 수 있는 야드 크레인과 운영시스템을 연구·개발하고 있으며, 새로운 개념의 항만시설에 대한 연구도 진행하고 있다. 이러한 외국의 기술개발내용을 참고하여 우리나라에 필요한 차세대 항만 하역시스템 기술개발 과제를 안벽 하역장비, 통합 하역시스템, 그리고 신개념의 컨테이너터미널로 나누어 선정하였다. 그리고 투자, 대안선택, 연구개발의 활성화, 개발기술의 국제화를 위한 정책적 전략, 기술을 확보하기 위한 기술확보 전략 및 기술개발 전략을 제시하였다. 마지막으로 기술개발을 원활히 할 수 있도록 정부, 학계, 산업계, 연구소별 정책건의를 제시하였다.

본 연구보고서는 본원의 양창호 연구위원이 연구책임을 맡고, 집필 도중 순천대학교로 자리를 옮긴 김창곤 교수와 최종희·최상희·최용석 책임연구원, 그리고 이주호 연구원이 공동으로 집필하였다. 좋은 지적과 조언을 주신 한양대학교의 나성린 교수, 한국기계연구원의 박경택 박사, 해양수산부의 함동석 서기관, 양원 현대상선 이사, 현대중공업의 변성태 부장, 그리고 본원의 김학소 기획조정실장에게 심심한 감사를 드린다. 이 밖에 연구수행에 도움을 준 차태

영씨에게도 감사드린다.

끝으로 본 보고서의 내용은 전적으로 필자들 각자의 연구의견이며, 한국해양수산개발원의 공식적인 견해가 아님을 밝혀 둔다.

2002년 12월

韓國海洋水産開發院
院 長 李 廷 旭

목 차

〈요 약〉	i
제 1 장 서 론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구방법 및 주요 연구내용	2
제 2 장 컨테이너선 대형화의 배경 및 전망	5
1. 대형화의 배경	5
1) 해운사 / 6	
2) 조선소 / 6	
3) 컨테이너터미널 / 7	
2. 대형화에 대한 견해	7
1) 긍정적 견해 / 7	
2) 부정적 견해 / 11	
3) 대형화에 따라 수반되는 검토사항 / 13	
3. 대형화 추세 및 전망	19
1) 대형화 추세 / 19	
2) 대형화에 대한 장기적 전망 / 24	
4. 1만 5천TEU급 초대형 컨테이너선의 출현 전망	29
제 3 장 초대형 컨테이너선 출현시 예상되는 변화와 요구사항	32
1. 해운선사에 미치는 영향	32
1) 선박가격의 상승 / 32	
2) 운항 스케줄의 변화 불가피 / 33	
3) 선박당 양적하 컨테이너 화물량 증가 / 34	

2. 해상물류에 미치는 영향	36
1) 전략적 제휴선사의 대규모화와 시장지배력 강화	36
2) 기항 항만의 변경	38
3) 펜들럼서비스와 기항 항만의 축소	39
3. 항만에 미치는 영향	42
1) 중심항 출현 및 피더항 전략 양극화	42
2) 하역생산성 향상으로 재항시간 단축	44
3) 인프라 구비요건	46

제 4 장 선진국의 신개념 항만 하역시스템 개발 ————— 49

1. 서언	49
2. 신개념 안벽 하역장비	50
1) 버퍼 크레인(Buffer Crane)	51
2) DHST(CTA 타입)	53
3) DHST(ECT 타입)	56
4) DHST(VIT 타입)	58
5) 더블 트롤리 시스템(Double Trolley System)	59
6) 엘리베이터 크레인	61
7) 컨테이너 크레인 2000	63
8) 슈퍼테이너(Supertainer)	65
9) 테크노테이너(Technotainer)	68
3. 신개념 통합 하역시스템	70
1) 옥토퍼스 시스템(Octopus System)	70
2) 머신 시스템(Machine System)	73
3) 마우스 트랩 시스템(Mouse Trap System)	76
4) 오버헤드 시스템(Overhead System)	78
5) 플리다 시스템(Flyda System)	80
6) 컨테이너베이어 시스템(Containoveyor System)	81
7) MHI 트래버서 시스템(MHI Traverser System)	83

8) 파세코 자동이송차량 시스템(PACECO Automated Transfer Car) / 86	
9) 파세코 포트베이어(PACECO Portveyor) 시스템 / 88	
10) MHI MACS 시스템 / 90	
11) 사일로 스피드테이너 시스템 / 92	
12) 리니어 모터 트랜스퍼 시스템 / 94	
13) 트랜스리프트 CTS 시스템 / 96	
14) 앤더슨 클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템 / 98	
15) HHLA 계단식 컨베이어 시스템 / 99	
16) 번들 시스템 (Bundle System) / 101	
17) 셔틀캐리어 시스템(Shuttle Carrier System) / 104	
4. 신개념 컨테이너터미널	109
1) 스피드포트(SpeedPort) / 109	
2) 양현 하역시스템(Slip Berth System) / 113	
3) 슬립, 웨어하우스 시스템 / 116	
4) 파마스 / 118	
5) 플로팅터미널 (Floating Terminal)121	
5. 결과 및 요약	124
 제 5 장 차세대 항만 하역시스템 기술개발 사업 및 추진전략	 130
1. 차세대 항만 하역시스템 기술개발 사업 추진방향	130
2. 기술개발 사업 선정방법 및 기준	131
1) 신개념 안벽 하역장비 기술개발에 대한 선정기준 / 132	
2) 신개념 통합 하역시스템 기술개발에 대한 선정기준 / 136	
3) 신개념 컨테이너터미널 기술개발에 대한 선정기준 / 140	
3. 기술개발 사업 검토	144
1) 신개념 안벽 하역장비 기술개발 사업 검토 / 144	
2) 신개념 통합 하역시스템 기술개발 사업 검토 / 148	
3) 신개념 컨테이너터미널 기술개발 사업 검토 / 157	

4. 기술개발 사업 선정	162
1) 신개념 안벽 하역장비 기술개발 사업 선정 / 162	
2) 신개념 통합 하역시스템 기술개발 사업 선정 / 163	
3) 신개념 컨테이너터미널 기술개발 사업 선정 / 165	
4) 차세대 항만 하역시스템 기술개발 방향 / 167	
5. 기술개발전략 및 추진체계	174
1) 기술개발전략 / 174	
2) 기술개발 추진체계 / 177	
6. 차세대 항만 하역시스템 기술개발 실천방안	179
1) 신개념 안벽 하역장비(슈퍼테이너) / 179	
2) 신개념 통합 하역시스템(오버헤드 시스템, 머신 시스템) / 183	
3) 신개념 컨테이너터미널(플로팅터미널) / 188	
 제6장 결론 및 정책 건의	192
1. 결론	192
1) 초대형선 출현으로 새로운 개념의 고생산성 항만 하역시스템 개발 시급 / 192	
2) 선진항만, 차세대 항만 하역시스템 연구개발 활발 / 193	
3) 차세대 항만 하역시스템 기술개발 과제 선정 / 195	
4) 기술개발전략 및 추진체계 수립 / 196	
2. 정책건의	197
1) 정부의 역할 / 197	
2) 지방자치단체 및 항만관련 공공기관의 역할 / 199	
3) 산업계의 역할 / 199	
4) 연구기관 및 학계의 역할 / 199	
 참고문헌	200

표 목 차

<표 2-1> 선박건조비 비교	8
<표 2-2> 7천TEU급 이상 선박의 흡수 현황	14
<표 2-3> 세계 주요 항만의 컨테이너부두 수심(16m 이상) 현황	15
<표 2-4> 6천TEU급 이상 선박의 On-deck 적재 열수	15
<표 2-5> 세계 주요 터미널의 대형 컨테이너 크레인 설치 현황	16
<표 2-6> 선형별 구분	17
<표 2-7> 주요 글로벌 제휴그룹 및 해운사별 전략적 제휴 현황	18
<표 2-8> 컨테이너선의 세대별 발전 현황	20
<표 2-9> 선형별 건조 실적	21
<표 2-10> 세계 주요 선사의 컨테이너선 발주 현황(2002. 6)	22
<표 2-11> 국내 조선소에서 건조한 컨테이너선 현황	23
<표 2-12> 선형별 제원 비교	27
<표 2-13> 1만 5천TEU 이상 선박의 제원	30
<표 3-1> 초대형 컨테이너선의 건조가격 추정	33
<표 3-2> 선박당 양적하물동량	35
<표 3-3> 아시아/북미항로 컨테이너 화물	38
<표 3-4> 1만 5천TEU 선박에 대한 요구 생산성 분석	45
<표 3-5> 세계 주요 항만의 컨테이너부두 수심계획	47
<표 3-6> 대형 컨테이너선박의 제원 비교	48
<표 3-7> 컨테이너 크레인 제원	48
<표 4-1> DHST(CTA타입)의 작업 속도	54
<표 4-2> DHST(CTA타입)의 생산성	55
<표 4-3> 슈퍼테이너의 속도사양	67
<표 4-4> 신개념 통합 하역시스템 분류	107
<표 4-5> 스피드포트와 기존 터미널과의 비교	111
<표 4-6> 신개념 컨테이너터미널 분류	123

<표 4-7> 신개념 안벽 하역장비의 개발	126
<표 4-8> 신개념 통합 하역시스템의 개발	127
<표 4-9> 신개념 컨테이너터미널의 개발	129
<표 5-1> 설문내용 및 평가점수 산정방식	132
<표 5-2> 신개념 안벽 하역장비 기술개발 추진방향에 대한 평가기준	133
<표 5-3> 신개념 통합 하역시스템 기술개발 추진방향에 대한 평가기준	136
<표 5-4> 신개념 컨테이너터미널 기술개발 추진방향에 대한 평가기준	140
<표 5-5> 신개념 안벽 하역장비 기술개발(종합)	163
<표 5-6> 신개념 통합 하역시스템 기술개발(종합)	164
<표 5-7> 신개념 컨테이너터미널 기술개발(종합)	166
<표 5-8> 안벽과 야드 간 이송방안에 따른 구분	168
<표 5-9> 야드에서의 처리방안에 따른 구분	169
<표 5-10> 슈퍼테이너의 속도사양	181
<표 5-11> 슈퍼테이너의 특징	182
<표 5-12> 단계별 기술개발 내용	183
<표 5-13> 오버헤드 시스템의 특징	186
<표 5-14> 머신 시스템의 특징	187
<표 5-15> 단계별 기술개발 내용	188
<표 5-16> 플로팅터미널 국내항만 적용시 장·단점	190
<표 5-17> 플로팅터미널의 특징	190
<표 5-18> 단계별 기술개발 내용	191
<표 6-1> 기술개발을 위한 정부의 역할	198

그림 목 차

<그림 1-1>	연구의 흐름 요약	4
<그림 2-1>	컨테이너선 대형화 배경	5
<그림 2-2>	TEU당 연료비 비교 분석(로테르담-싱가포르)	9
<그림 2-3>	선박 대형화에 따른 TEU당 재항비용 감소	10
<그림 2-4>	1만 2천TEU(1척)와 6,200TEU급(2척)의 TEU당 비용 비교	11
<그림 2-5>	선박 규모에 따른 TEU당 비용 변화	12
<그림 2-6>	평균선형 비교에 의한 대형화 추세(1994~1999)	22
<그림 2-7>	세계 주요 선사의 컨테이너선 발주 현황(2002. 6)	23
<그림 2-8>	회귀분석과 전문가 그룹의 예측 비교	26
<그림 3-1>	대규모 전략적 제휴그룹화의 진전(북미항로)	36
<그림 3-2>	대규모 전략적 제휴그룹화의 진전(아시아/북미항로)	37
<그림 3-3>	초대형 컨테이너선의 펜들럼서비스	40
<그림 3-4>	동서 기간항로 및 남북 연계항로	41
<그림 3-5>	초대형 컨테이너선 운항패턴	42
<그림 4-1>	버퍼 크레인	51
<그림 4-2>	DHST(CTA 타입)	53
<그림 4-3>	DHST(ECT 타입)	56
<그림 4-4>	DHST(VIT 타입)	58
<그림 4-5>	더블 트롤리 시스템	59
<그림 4-6>	엘리베이터 크레인의 단면도	61
<그림 4-7>	엘리베이터 크레인의 적재사이클	62
<그림 4-8>	컨테이너 크레인 2000	63
<그림 4-9>	슈퍼테이너	65
<그림 4-10>	테크노테이너	68
<그림 4-11>	옥토퍼스 시스템	70
<그림 4-12>	옥토퍼스 시스템 구성도	72

<그림 4-13> 머신 시스템 구성도	75
<그림 4-14> 마우스 트랩 시스템	76
<그림 4-15> 마우스 트랩 시스템 구성도	76
<그림 4-16> 오버헤드 시스템	78
<그림 4-17> 오버헤드 시스템 구성도	78
<그림 4-18> 플리다 시스템 구성도	80
<그림 4-19> 컨테이너베이어 시스템 구성도	82
<그림 4-20> MHI 트래버서 시스템	83
<그림 4-21> MHI 트래버서 시스템 구성도	85
<그림 4-22> 파세코 자동이송차량 시스템	86
<그림 4-23> 파세코 자동이송차량 시스템 구성도	87
<그림 4-24> 파세코 포트베이어 시스템	88
<그림 4-25> 파세코 포트베이어 시스템 구성도	89
<그림 4-26> MHI MACS 시스템	90
<그림 4-27> MHI MACS 시스템 구성도	91
<그림 4-28> 사일로 스피드테이너 시스템	92
<그림 4-29> 사일로 스피드테이너 시스템 구성도	93
<그림 4-30> 리니어 모터 트랜스퍼 시스템 구성도	95
<그림 4-31> 트랜스리프트 CTS 시스템	96
<그림 4-32> 트랜스리프트 CTS 시스템 구성도	96
<그림 4-33> 앤더슨 클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	98
<그림 4-34> 앤더슨 클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템 구성도	98
<그림 4-35> HHLA 계단식 컨베이어 시스템	99
<그림 4-36> HHLA 계단식 컨베이어 시스템 구성도	100
<그림 4-37> 번들 시스템	101
<그림 4-38> 번들 시스템 구성도	102
<그림 4-39> 셔틀캐리어 시스템(장치장 수평배치시)	104
<그림 4-40> 셔틀캐리어 시스템(장치장 수직배치시)	104
<그림 4-41> 셔틀캐리어 시스템 구성도	105
<그림 4-42> 스피드포트	109

<그림 4-43> 양현 하역시스템	113
<그림 4-44> 양현 하역시스템 구성도	115
<그림 4-45> 슬립, 웨어하우스 시스템	116
<그림 4-46> 슬립, 웨어하우스 시스템 구성도	117
<그림 4-47> 파마스	118
<그림 4-48> 파마스의 구성도	120
<그림 4-49> 플로팅터미널	121
<그림 5-1> 차세대 항만 하역시스템 기술개발 추진방향	130
<그림 5-2> 기존 안벽에 대한 보조하역	172
<그림 5-3> 슬립방식의 하역방안	173
<그림 5-4> 선박 소요수심 증대에 따른 소요수심 확보방안	173
<그림 5-5> 기관별 사업추진체계 구상도	178
<그림 5-6> 사업추진을 위한 주관기관의 조직 구상도	179
<그림 5-7> 슈퍼테이너 조감도	180
<그림 5-8> 슈퍼테이너 측면도	180
<그림 5-9> 트래버서 정면도	181
<그림 5-10> ASRS	184

<요 약>

제1장 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

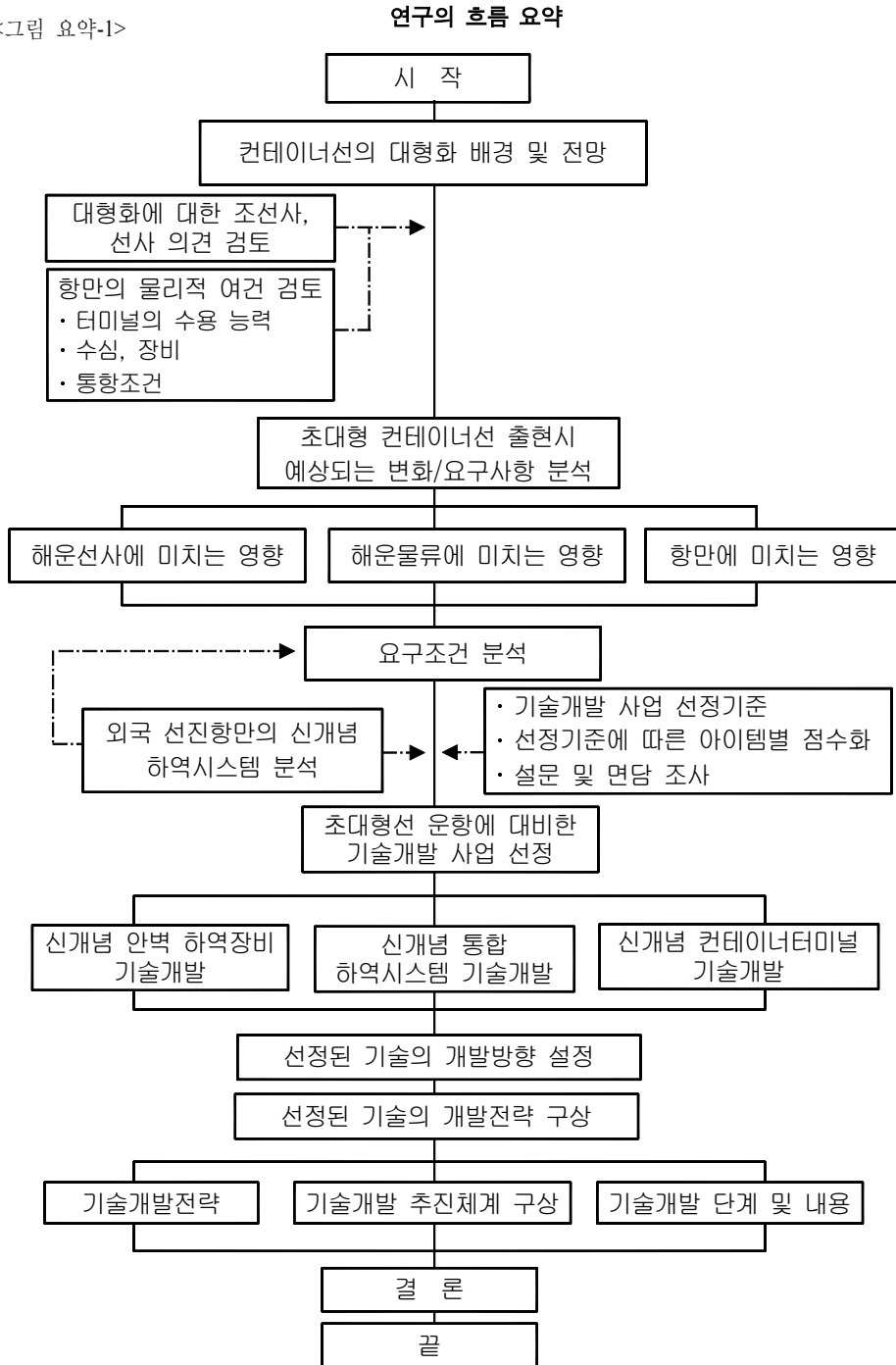
- ‘초대형 컨테이너선의 시대’ 시작
 - 1996년, Maersk사는 6천TEU급 슈퍼 포스트파나막스형 대형선 투입
 - 2004년, 6천TEU급 이상 선박 30~40척 이상 인도 예정(1만TEU급 선박 포함)
 - 컨테이너선 대형화 추세가 계속될지의 여부에 대해서는 전문가들 사이에 견해가 엇갈리고 있으나 많은 사람들이 2010년 전후로 1만 2천 TEU급, 그리고 2015~2020년에는 1만 5천TEU급 초대형 컨테이너선 출현 전망
- 초대형 컨테이너선 출현에 따라 해상물류와 항만에도 큰 영향 예상
 - 기항항만 수 축소, 기항항만에서 양·적하 화물량은 크게 증가
 - 초대형선 기항항만은 중심항만으로 인근 타항만은 피더항으로 역할 구분
- 정부는 부산항, 광양항을 동북아 물류중심기지로 발전시키기 위한 정책 수립
 - 환적물동량 규모, 총 항만물동량의 40% 이상 계획 : 2011년 1,320만 TEU, 2020년 2,100만TEU
 - 중국 물동량 증가로 향후 한국과 일본 항만의 상대적 지위 하락 우려
 - 한국과 일본 항만을 기항지에서 제외하는 경우 증가
 - 중국 항만을 기항지로 포함시키는 서비스 증가
 - 따라서 1만 2천TEU급 이상 초대형선 기항항만이 우리나라 이외 항만으로 결정될 경우 정부의 동북아 물류중심화 전략에 큰 차질 우려

- 새로운 개념의 항만시설, 장비, 하역시스템·기술개발 및 투자 시급
 - 초대형선 기항 요인은 선박 재항시간 단축과 저렴한 환적비용임
 - 새로운 하역시스템 개발 및 설치에 5~10년 소요
 - 2010년경에 초대형 컨테이너선 출현 전망
 - 따라서 차세대 하역시스템 기술개발이 시급
- 본 연구에서는 2010년경부터 등장할 초대형 컨테이너선 취항에 앞서 이들 선박이 기항할 수 있도록 고생산성, 저비용의 차세대 항만 하역시스템 기술개발전략을 제시함을 목적으로 함
 - 차세대 항만 하역시스템 기술개발 과제 도출
 - 기술개발 실천방안 제시

2. 연구방법 및 주요 연구내용

- 초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 하역시스템 개발 방향 및 장래 하역시스템의 요구조건 분석
 - 조선소, 해운선사, 항만운영사의 의견 수렴
 - 외국문헌 자료조사
- 국내 차세대 항만하역시스템 기술개발 선정
 - 외국문헌 및 자료조사를 통해 선진 항만의 기술개발 실태 및 개발기술 분석
 - 개발기술의 종류 세분화
 - 기술개발 선정을 위한 기준 설정
 - 개발 대상 기술에 대한 중공업업체, 운영사, 관련단체의 전문가들에 대한 설문조사 및 면담조사 내용을 점수법 모델로 평가점수화
- 본 연구의 주요 연구내용 및 연구순서는 다음의 그림과 같음

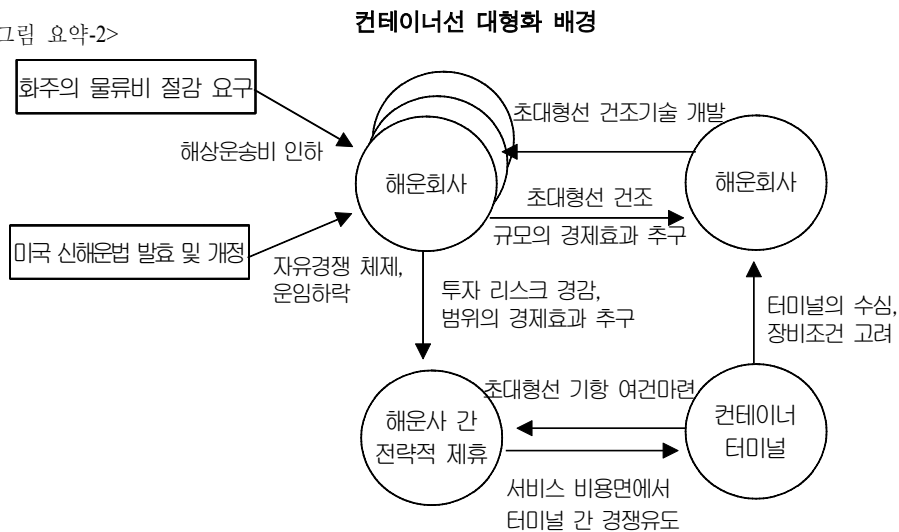
<그림 요약-1>



제2장 컨테이너선 대형화의 배경 및 전망

1. 대형화 배경

<그림 요약-2>



2. 대형화에 대한 견해

1) 긍정적 견해

- TEU당 선박 건조비 절감(건조선가 규모의 경제효과)
 - 2,500TEU급의 TEU당 건조가격은 약 2만 4천달러(1998년 유럽조선소)이나 5,500TEU급은 1만 2천달러로 건조단가 50% 절감
- 운송단위당 선박 운항비용 절감(선박 운항비 규모의 경제효과)
 - 6천TEU급 선박 운항비에 비해 1만TEU급 선박 운항비는 슬롯당 21달러 저렴(Drewry사)
- 1만 2천TEU급 1척과, 6,200TEU급 2척 비교(총비용, 삼성중공업)
 - 1만 2천TEU급 1척의 총비용이 6,200TEU급 2척의 총비용보다 17.8% 저렴
 - 선박건조비, 연료비, 수리·유지비, 선원비 등 절감

2) 부정적 견해

- 추가비용의 발생

- 초대형선을 운항하게 되면 환적비용이 1회 추가되고, 항만의 인프라 구축에 대한 투자가 이루어져야 하며, 마케팅이나 내륙운송 설비도 추가로 발생될 수 있음
- 이러한 비용이 컨테이너선의 초대형화를 지연시키는 요인
- 2기 엔진 선박의 비경제성
 - 1만 2,500TEU 컨테이너선이 25노트의 속력을 내기 위해서는 두 개의 엔진을 장착해야 한다고 하였음(Lloyd Register, OSC)
 - 한 개 엔진으로 건조가능한 최대선형이 1만 2천TEU(삼성중공업, 25노트 기준)
 - 선박건조비, 운항비, 연료비의 규모의 경제효과 상쇄

3. 대형화 추세 및 전망

- 2005년에는 1만TEU급 컨테이너선박 본격 취항
 - AP Moller사의 1만TEU급 9척 인도(2004)
- 2010년경에는 1만 2천TEU급 컨테이너선 운항 예상
 - Drewry사, P&O Nedlloyd사, OSC사 등
- 2015 ~ 20년경에는 1만 5천TEU급 컨테이너선 출현 예상
 - 로이드 선급 등
 - 단 물동량 확보, 2기 엔진 장착의 경제성, 해상물류 및 항만의 대응이 문제로 예상됨

제3장 초대형 컨테이너선 출현시 예상되는 변화와 요구사항

1. 해운선사에 미치는 영향

- 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU 초대형 컨테이너선박의 건조가는 약 1억 2백만달러 및 1억 2,750만달러로 예상됨
- 1만 2천TEU나 1만 5천TEU로 선박이 초대형화되면 선주의 입장에선 고

선가에 따라 투입선박 수를 감소시키려 할 것이며, 이에 따라 기항지 축소 및 운항스케줄의 단축 등의 변화가 예상됨

- 북미항로 : 6척 42일 → 5척 35일
- 구주항로 : 9척 63일 → 8척 56일

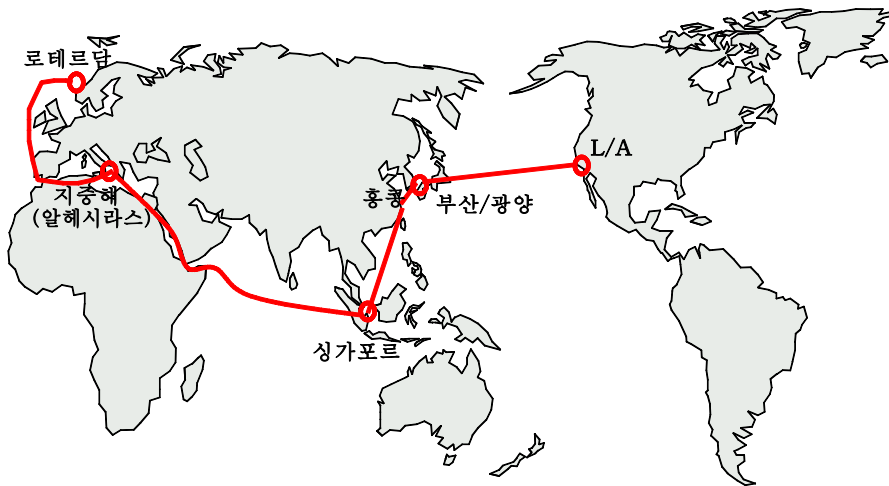
- 운항원가와 건조원가에 규모의 경제효과를 나타내기 위해서는 입항 항만당 초대형선의 수송능력에 맞는 대량의 양적하 컨테이너 화물량이 확보되어야 함

2. 해상물류에 미치는 영향

- 대형 전략적 제휴선사들의 대규모화 및 소수화에 따른 선박량 점유율과 물동량 취급비중의 증가 등 시장지배력이 향후 더욱 강화될 것임
- 대형 제휴그룹의 시장지배력 강화와 선대 대형화는 기간 항로에서 기항항만을 축소 또는 변경시키고, 이 결과 현재의 지역별 중심항만은 초대형 중심항만과 피더항만으로 역할의 변화가 이루어질 것임
- 향후 1만 2천~1만 5천TEU급의 초대형 컨테이너선박은 북미-극동, 극동-유럽 간의 화물을 모두 취급할 수 있는 북미·구주항로 양방향 펜들럼 서비스(Pendulum Service)에 투입될 것으로 예상됨

<그림 요약-3>

초대형 컨테이너선의 펜들럼서비스



3. 항만에 미치는 영향

- 1만 2천TEU나 1만 5천TEU로 컨테이너선이 초대형화되면 기항항만 수축소를 위해 전세계에 4~6개 정도의 초대형 중심항(Load Center)으로 기항항만이 한정되고, 현재의 각국별 중심항 체제는 지역별 중심항 체제로 바뀌게 될 것임
- 동북아지역에서는 한국의 부산/광양항, 일본의 고베/오사카항, 중국의 홍콩/상해항, 대만의 카오슝/基隆항 등 각국별 중심항이 동북아지역 중심항 1~2개로 재편되고, 나머지는 피더서비스로 연결되는 항만이 될 것임
- 초대형 컨테이너선이 기항하는 중심항(Mega-Hub Port)이 되기 위해서는 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU 선형의 선박 흘수(15~16m)를 고려한 수심과 선폭(60~69m 이상) 증가에 따른 충분한 아웃리치를 가진 하역장비가 설치되어야 함. 또한 안벽에서의 하역생산성 증가와 더불어 장치장에서의 작업생산성 향상을 통한 재항시간 단축에 역점을 두어야 할 것임
- 1만 5천TEU 선박을 유치할 경우 기존 컨테이너 크레인 6대 정도를 양적하작업에 투입해야 하며, 이 때 컨테이너 크레인의 운영 생산성은 시간당 70개(lifts), 그리고 기계적 생산성은 시간당 100개(lifts)가 될 수 있도록 새로운 개념의 하역시스템이 개발되어야 함

제4장 선진국의 신개념 항만 하역시스템 개발

1. 배경 및 개발추세

- 컨테이너물동량의 지속적인 증가와 컨테이너선의 대형화, 해상 및 육상 운송의 복합화로 인한 미래항만의 대응방안 요구
 - 선진항만들은 신규항만의 건설, 기존항만의 리엔지니어링, 새로운 하역시스템의 개발 등 다양한 분야에서 개발과 투자를 지속적으로 수행하고 있음

- 이 중 최우선적인 연구개발 부문은 항만의 초대형화, 통합화, 자동화를 중심으로 미래에 대비한 신개념 항만 하역시스템의 개발임
- 신개념 항만 하역시스템은 크게 3가지로 나누어 볼 수 있음
 - 안벽에서의 생산성과 서비스 수준을 증가시킬 수 있도록 기존의 컨테이너 크레인(Container Crane : C/C)을 개선하거나 새로운 개념의 안벽 하역장비를 연구, 개발하고 있음(DHST장치, 더블 트롤리장치, 이동 가능한 거더, 버퍼 크레인의 설치 등)
 - 신개념의 하역장비(안벽 하역장비, 이송장비, 야드하역장비)와 저장시설, 하역시스템 등 대규모의 화물을 신속하게 처리할 수 있는 터미널 통합 하역시스템의 개발
 - 신개념의 항만시설과 터미널 건설(양현하역터미널, 스피드포트, 플로팅터미널 등)
- 요약하면 해외 선진항만에서는 안벽 하역장비의 생산성 향상과 더불어 안벽에서 야드로의 빠른 이송 방법, 또한 이를 최대한 빠르게 처리할 수 있는 야드 크레인과 운영시스템을 연구, 개발하고 있으며, 새로운 개념의 컨테이너터미널에 대한 연구도 진행하고 있음

2. 신개념 안벽 하역장비

- 신개념 안벽 하역장비는 기존형태의 안벽 하역장비에 새로운 장치(듀얼 호이스트/트롤리, 트래버스, 이송장비 엘리베이터, 상하이동거더)를 추가하거나 새로운 보조 크레인을 투입한 것
- 생산성은 시간당 60~150개(lifts)의 범위를 가지고 있음
 - 일반적으로 시간당 60개(lifts) 내외의 평균생산성을 가지나 슈퍼테이너 및 테크노테이너의 경우 시간당 90개(lifts) 이상의 생산성을 나타냄
- 대부분이 기존의 장비제작업체나 터미널 운영사와 협력하여 신개념 개발
- 연구 중이거나 개발 중인 신개념 안벽 하역장비 5개, 운영 중인 신개념 안벽 하역장비 3개, 설치 중인 것이 1개 있음
- 기존 크레인 대비 개발 중인 신규 크레인을 신개념을 기준으로 구분하

면 다음과 같음

구 분	종 류
사이클타입의 최소화	- 버퍼 크레인, DHST타입의 크레인(CTA, ECT, VIT타입), 더블 트롤리, 엘리베이터 크레인, 컨테이너 크레인 2000, 슈퍼테이너
육축작업 완전자동화	- DHST타입의 크레인(CTA, ECT, VIT타입), 더블 트롤리, 엘리베이터 크레인, 슈퍼테이너, 테크노테이너
이동장치의 수직운동과 수평운동 분리	- DHST타입의 크레인(CTA, ECT타입), 엘리베이터 크레인, 슈퍼테이너, 테크노테이너
별도의 보조 크레인 설치	- 버퍼 크레인

3. 신개념 통합 하역시스템

- 신개념 통합 하역시스템은 기존 시스템의 개선/대체시스템 개발로 터미널 전체의 생산성을 향상시킴 → 실질적 의미의 터미널 생산성 향상
 - 안벽 하역장비 능력 향상
 - 장치장의 능력 향상(야드 크레인 능력 향상/장치장 운영방식)
 - 물류흐름의 병목현상 제거
- 생산성은 시간당 40~70개(lifts)의 범위를 가지고 있음
 - 컨테이너의 하역, 이송, 야드 장치까지의 실질적 터미널 생산성
- 대부분 장비제작업체와 연구기관에서 신개념 통합 하역시스템을 연구·개발
- 자동화 기술, 장비제작의 어려움, 운영시스템의 개발, 신뢰성 부족 등의 문제로 현재 운영 중인 항만은 거의 없는 실정이나, 문제 극복을 위해 연구기관, 장비제작사, 항만운영자 등이 계속적으로 연구, 개발 중에 있음
- 기존의 하역시스템 대비 개발 중인 신규 시스템을 신개념을 기준으로 구분하면 다음과 같음

구 분		종 류
안벽	하역장비 능력향상	- 옥토퍼스(Octopus), 머신(Machine)
안벽 ↕ 야드	이송장치 개발	- 마우스트랩(Mousetrap), 오버헤드(Overhead), 플리다(Flyda), 컨테이너베이어, MHI 트래버서(Containerveyor MHI Traverser), 포트베이어(Portveyor)
	이송장비 개발	- ATC(Automated Transfer Car), MACS, 트랜스리프트(Translift) CTS, 셔틀캐리어(Shuttle Carrier)
	대량 이송	- 번들(Bundle), 리니어 모터 트랜스퍼(Linear Motor Transfer)
장 치 장	자동창고 개발	- 사일로 스피드 트레인(Silo Speed Trane)
	다층적재장	- 앤더슨 클라이드/GEC 멀티-라인스토어(Anderson Clyde/GEC Multi_linestore), 계단식 컨베이어(Terraced Conveyor)

4. 신개념 컨테이너터미널

- 신개념 컨테이너터미널은 기존의 항만시설, 하역장비, 운영시스템의 생산성의 한계에 대응하여 도입한 새로운 개념임
 - 새로운 항만 레이아웃(도크형 선석, 양현 하역)
 - 일체형 하역장비
 - 확장 가능형 선석, 하역장비
- 생산성은 시간당 250 ~ 300개(lifts)의 범위를 가지고 있음
- 환적비용을 절감할 수 있는 터미널 개념으로 플로팅터미널 등이 있음
- 현재 운영 중인 신규 시스템은 양현하역, 특히 출원 중인 시스템은 스피드포트, 검증된 기술의 개량은 파마스, 연구/개발 중인 시스템은 플로팅 터미널, 슬립, 웨어하우스 등임
- 기존의 터미널 대비 개발 중인 신개념 컨테이너터미널을 구분하면 다음과 같음

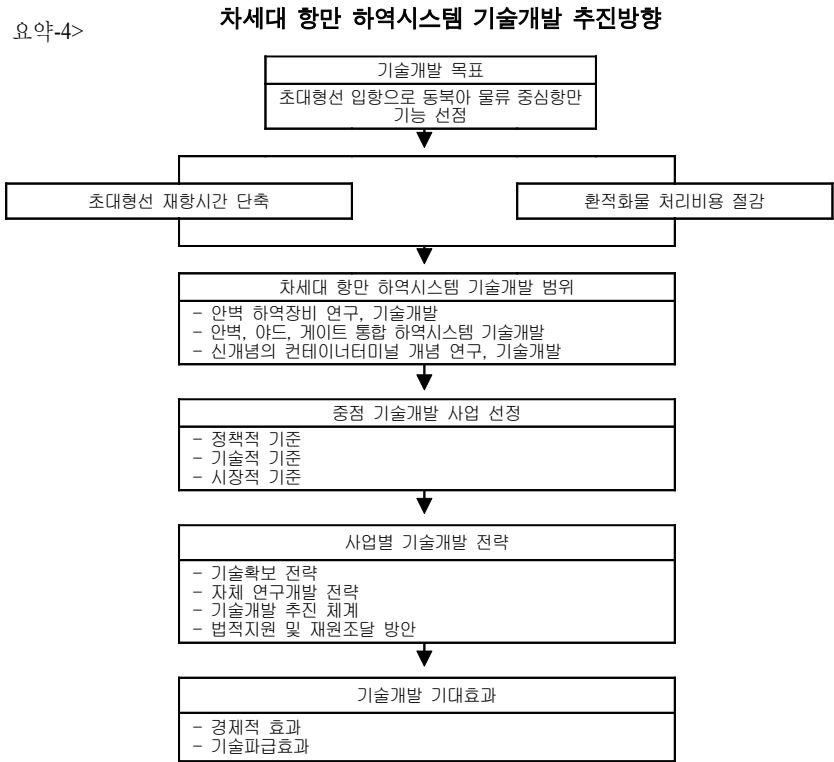
개발시설		종류	특징
슬립	안벽	슬립터미널	양현하역
	안벽	플로팅터미널	부유구조식, 확장 가능성
	안벽, 장치장	슬립, 웨어하우스	양현하역, 자동화 창고
도크		스피드포트	안벽/야드/이송에 하나의 장비(Spider) 사용
자동화 터미널 개량		파마스터미널	검증된 자동화 기술의 개량/발전

제5장 차세대 항만 하역시스템 기술개발 사업 및 추진전략

1. 차세대 항만 하역시스템 기술개발 사업 추진방향

- 안벽 하역장비 연구 및 기술개발, 통합 하역시스템 기술개발, 신개념 컨테이너터미널 기술개발 등 3가지로 나누어 개발방향 제시

<그림 요약-4>



2. 기술개발 사업 선정기준 및 기술개발 사업 평가

- 기술개발 사업 선정기준은 각 종류별 선정기준과 평가항목에 따른 평가 점수를 중요도에 따라 배분
 - 세부항목에서는 종류별 특성 및 구성요소에 따라 세분화하여 평가
- 초대형선 입항에 대비한 차세대 항만 하역시스템 기술개발 선정기준을 바탕으로 항목별 평가점수를 부여
- 일부 정책기준의 세부항목과 기술적 기준의 세부항목은 장비제작업체, 터미널 운영사, 관련전문가, 연구기관 등의 면담과 설문을 통하여 평가 점수를 부여하고 세부항목별 평균치를 적용
- 평가결과는 다음과 같음
 - 신개념 안벽 하역장비 기술개발(총 10개 개발 장비 평가)

순위	개발 장비	총 점	비 고
1	슈퍼테이너	77.5	- 개발목표, 기술개발 목표달성 확률 - 첨단성, 시장성 등에서 우위
2	테크노테이너	69.4	- 개발 목표에서 우위
3	더블 트롤리 크레인	69.2	- 개발목표, 기술개발 목표달성 확률에서 우위

- 신개념 통합 하역시스템 기술개발(총 17개 개발시스템 평가)

순위	개발 장비	총 점	비 고
1	오버헤드 시스템	83.9	- 개발목표, 기술개발 달성 가능성에서 상당히 우수 - 전부분에서 고른 우위
2	마우스트랩 시스템	76.6	- 기술개발 달성 가능성에서 우수 - 전부분에서 고른 우위
3	머신 시스템	71.8	- 연구개발 목표의 기술적, 사회적 파급효과와 기술개발 달성 가능성에서 우위

– 신개념 컨테이너터미널 기술개발(총 5개 개발터미널 평가)

순위	개발 터미널	총 점	비 고
1	슬립터미널	93.0	– 개발목표, 기술개발 달성 가능성에서 우수 – 전부분에서 고른 우위
2	파마스터미널	87.1	– 개발목표에서 우수
3	슬립, 웨어하우스 터미널	82.8	– 개발목표에서 우수
4	플로팅터미널	77.1	– 개발목표, 기술적, 사회적 파급 효과에서 우수

3. 기술개발 사업 선정 및 기술개발 방향

- 신개념 안벽 하역장비 기술개발 사업은 슈퍼테이너로 선정하였음
 - 슈퍼테이너의 경우 기존 안벽 하역장비에 비하여 3배 이상의 처리능력을 가짐
- 신개념 통합 하역시스템 기술개발에서 선정된 시스템은 다음과 같음
 - 안벽과 야드 간의 컨테이너 이송시 병목현상 제거 : 오버헤드 시스템
 - 안벽의 생산성과 야드 생산성의 극대화 : 머신 시스템
- 신개념 컨테이너터미널 기술개발 사업으로는 플로팅터미널이 선정됨
 - 슬립터미널의 경우 장래 초대형선의 다양한 규격에 탄력적으로 대응하지 못한다는 치명적 단점을 가짐으로써 제외
 - 파마스 시스템의 경우 총 6개의 아이템을 동시에 개발해야 하는 시스템으로 개발기간과 개발 비용이 다른 아이템의 3~4배에 달할 것으로 판단됨
 - 플로팅터미널의 경우 초대형선에 대한 탄력적 대응, 안벽 건설비용의 절감(30%), 환경친화적인 시스템 등 미래 항만의 대안으로 여겨짐
- 본 과제에서 선정된 개발과제별 기술개발 방향은 다음과 같음

구 분	선정시스템	기술개발 방향
안벽 하역장비	슈퍼테이너	- 안벽에서의 생산성 극대화 - 컨테이너 이송기능의 분리로 인한 사이클타임의 최소화
통합 하역 시스템	오버헤드 시스템	- 안벽과 야드 간의 병목현상 제거 - 장비 간의 연계횟수 감소
	머신 시스템	- 야드 생산성의 극대화 - 야드에서 리핸들링 제거
신개념 컨테이너 터미널	플로팅터미널	- 초대형선에 대한 탄력적 대응 - 보조 안벽 기능, 슬립방식의 하역 - 건설비용 절감(30%) - 소요 수심확보 가능

4. 선정 개발기술의 특징 및 개발 내용

1) 신개념 안벽 하역장비(슈퍼테이너)

- 신개념 안벽 하역장비의 특징은 다음과 같음

구 분	설 명
생산성	·시간당 최대 90개(lifts)
초대형선에 대한 대응성	·각 장치별 기능의 분리 →사이클타임의 최소화 ·육축 완전자동화로 인한 생산성 증가
신개념	·안벽 하역장비의 개량화 ·수직운동: 트롤리, 수평운동 : 트레이버스
국내 항만적용	·기존 항만 : 노후 크레인 교체 ·신규 항만 : 초대형선에 대응하는 항만
장점	·기존의 항만에도 적용가능 ·해치커버리스 선박에 유리(각 장치의 직선운동) ·기존의 크레인과 연계작업 가능
단점	·운영체제의 복잡성
기술성	·자동화로 인한 컨테이너 이송과 이송장비와의 연계성 용이 ·컨테이너의 흔들림 현상 해결
경제성	·일반 크레인에 비해 3배의 처리속도 ·3개의 컨테이너 동시 처리 가능

◦ 기술개발 단계 및 내용은 다음과 같음

단 계	목 표	연구내용	비 고
1단계 (1년)	개념정리 및 개념설계	- 신개념 안벽 하역장비의 개념정립 및 설계	민간참여
2단계 (1년)	기본설계 및 시작품 설계	- C/C 장치별 기본설계 - 시작품 기본설계	민간참여
3단계 (2년)	시작품 설계 및 제작	- C/C의 장치별 핵심요소 기술개발 - C/C의 장치별 시제품 제작 - 통합 및 초기 성능시험	민간참여
4단계 (1년)	시작품 시운전 및 성능시험	- C/C 장치별 설계 제작 - C/C의 장치시스템별 통합 운영 및 문제 점 보완	민간참여

2) 신개념 통합 하역시스템(오버헤드 시스템, 머신 시스템)

◦ 신개념 통합 하역시스템의 특징은 다음과 같음

- 오버헤드 시스템

구 분	설 명
생산성	·시간당 최대 45개(lifts)
초대형선에 대한 대응성	·안벽↔야드 간 컨베이어 설치로 인한 병목현상 해결 ·20열, 10단적 이상의 열, 단적 수로 야드 생산성의 극대화
신개념	·안벽과 야드 간의 컨테이너 이동시 장비 간 직접 연계 ·초대형 캔틸레버 타입의 야드 크레인 이용으로 야드 생산성 향상 ·대형 크레인 내부의 소형 야드 크레인 장착
국내 항만적용	·기존 항만 : 적용 불가능 - 높은 터미널 리모델링 비용 ·신규 항만 : 광양항 4단계, 부산신항만 남컨테이너부두
장점	·안벽과 야드 간의 완전 자동화 가능 ·환적 전용항만에 상당히 유리 ·초대형선에 대한 처리능력이 우수
단점	·수출입 위주의 항만에 적용시 운영시스템의 보완 필요
기술성	·완전 무인 자동화 실현 ·외부 트럭에 대한 정확한 도킹 시스템 적용

- 머신 시스템

구 분	설 명
생산성	·시간당 최대 90개(lifts)
초대형선에 대한 대응성	· ASRS : 대량의 컨테이너를 신속하게 처리/보관 가능 · 본선화물의 처리능력 증대(34시간 내 7천번 작업가능)
신개념	·레일궤도의 AGV 운영 : 이송차량 동선의 단순화 ·수직운동: 트롤리, 수평운동 : 트래버스
국내 항만적용	·기존 항만 : 노후 크레인 교체 ·신규 항만 : 초대형선에 대응하는 항만(광양4단계, 부산신항 남측 적용 가능)
장점	·리핸들링 제거 : 야드에서의 처리물동량 극대화 ·토지 이용률 극대화, 장비의 이용률 증가 ·레일식 자동화 이송장비로 인한 동선체계의 단순
단점	·고가의 ASRS(Automated Storage Retrieval System) ·10단적으로 인한 하부기반시설 보강

구 분	설 명
기술성	·완전 자동화된 ASRS ·레일식 이송차량 ·안벽 크레인은 옥토퍼스 시스템과 유사
경제성	·동일물동량 처리 터미널에 비해 기존면적의 10%만 사용 ·안벽크레인이 옥토퍼스 시스템과 유사하여 기존 안벽길이 대비 50% 감소 → 크레인 수량 감소 ·선박 재항시간의 50% 이상 단축 가능 → 컨테이너당 300 ~ 600달러 사이의 이익 증가요인 발생 ·20만㎡의 면적에 150만개의 컨테이너 처리 가능

◦ 기술개발 단계 및 내용은 다음과 같음

단 계	목 표	연구내용	비 고
1단계 (1년)	개념정리/개념설계	- 신개념 통합 하역시스템의 개념정립 및 설계	민간참여
2단계 (3년)	기본설계 및 시작품 설계	- 각 장비 및 영역별 기본설계 - 안벽 하역장비 설계 - 신개념의 이송 및 적재 시스템 설계 - 자동저장 시스템 설계	민간참여
3단계 (3년)	시작품 설계 및 제작	- 각 장비 및 시설의 핵심요소 기술개발 - 각 장비 및 시설의 시제품 제작 - 통합 및 초기 성능시험	민간참여
4단계 (3년)	시작품 시운전 및 성능시험	- 각 장비 및 시설 설계 제작 - 시스템별 통합 운영 및 문제점 보완	민간참여

3) 신개념 컨테이너터미널(플로팅터미널)

◦ 신개념 컨테이너터미널의 특징은 다음과 같음

구 분	설 명
생산성	·선석별 시간당 300개(lifts)(양안하역시)
초대형선에 대한 대응성	·브리지 크레인 및 양안하역 방식의 채택으로 대응 가능 ·선박의 폭과 길이에 대한 유동성 확보
신개념	·철강을 이용한 해상 부유구조물 ·항만보조 기능 ·양안하역 기능 ·흘수심 증대 기능
국내 항만적용	·기존 항만 : 항만의 보조하역 기능으로 이용 ·신규 항만 : 양안하역 기능으로 이용

구 분	설 명
장 점	·매립에 의한 연안개발시, 해양환경 파괴방지 ·매립공법에 비하여 공기단축 가능하며 건설비 저렴 ·부체시설의 확장과 철거가 용이하고 강재 부체의 재활용 가능 ·깊은 수심 및 연약지반의 근해역 개발에 적합함 ·산업계의 경제 활성화에 따른 경기부양 ·도크 확장 용이성
단 점	·부체의 안정화 작업 어려움 ·해수에 대한 부식
경제성	·환적비용 절감 ·건설비용 30% 절감 ·기존 항만건설 대비 공사기간 50% 감소 ·기존의 연약지반에 대한 공사비 전무 ·보상비 저렴

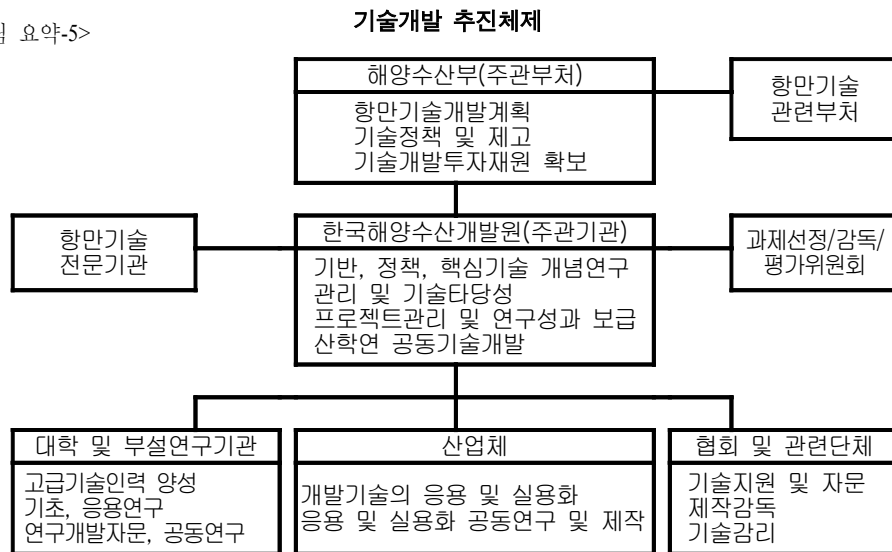
◦ 기술개발 단계 및 내용은 다음과 같음

단 계	목 표	연구내용	비 고
1단계 (1년)	개념정리 및 개념 설계	- 플로팅터미널의 개념 정립 및 설계	민간참여
2단계 (3년)	기본설계 및 시작품 설계	- 플로팅터미널에 적합한 안벽 하역장비 설계 - 기타 장비 및 영역별 기본설계 - 이송 및 적재 시스템 설계	민간참여
3단계 (4년)	시작품 설계 및 제작	- 부유구조물 및 시설의 핵심요소 기술개발 - 시설의 시제품 제작 - 통합 및 초기 성능시험	민간참여
4단계 (3년)	시작품 시운전 및 성능시험	- 시설 설계 제작 - 시스템별 통합 운영 및 문제점 보완	민간참여

5. 기술개발전략 및 추진체계

- 기술개발 전략은 정책적 추진 전략, 기술의 확보 전략, 자체개발 전략으로 나누어짐
- 정책적 추진 전략은 다음과 같음
 - 차세대 항만 하역시스템 기술개발에 대한 집중적 투자 및 전략적 선택
 - 기술인력의 기술력 향상 및 연구개발의 활성화
 - 효율적 기술개발을 위한 공동연구 추진
 - 국내 항만기술의 국제화 → 관련 분야의 이미지 향상
- 기술확보 전략은 다음과 같음
 - 산·학·연 공동연구체제 구축을 통한 자체 개발
 - 선진국과의 항만하역기술 협조
 - 국제적 연구교류의 활성화
- 자체 개발 전략
 - 정부 : 항만하역기술 정책 수립, 컨소시엄 구성, 항만적용 지원
 - 산업계 : 항만 하역기술 확보, 제품 개발
 - 연구소 : 차세대 항만하역기술 개념 개발, 연구방향의 설정/ 조정
 - 학계 : 요소 및 기초기술의 확보, 기술/연구인력 양성
- 기술개발 추진체계는 다음과 같음

<그림 요약-5>



6. 차세대 항만 하역시스템 기술개발 실천방안

- 개발이 시급한 것으로 선정된 기술에 대한 기술개발 실천방안을 국내항만에 대한 적용가능성, 적용시 장점, 그리고 기술개발 등 주요 내용으로 나누어 분석

1) 신개념 안벽 하역장비

- 신개념 안벽 하역장비 기술개발 과제로 선정된 슈퍼테이너는 향후 초대형선 입항시 가장 크게 걸림돌로 작용할 안벽에서의 생산성 향상을 위한 대안임. 즉 현재 국내 터미널의 안벽 크레인의 설계능력상 생산성은 시간당 40개이나 슈퍼테이너는 시간당 90개까지 향상될 수 있음
- 슈퍼테이너는 국내의 기존 항만이나 신규 항만 중 어디에나 적용 가능하며 기존의 크레인과 병행하여 작업이 가능한 장점이 있음
- 슈퍼테이너의 개발을 위하여 각 단계별로 나누어 기술개발을 수행하여야 하며, 개발 초기단계인 1단계에서 최종단계인 4단계까지 장비제작용체, 대학 및 연구소, 장비 부품·소재 개발업체, 터미널 운영업체 등이 참여하는 기술개발이 이루어져야 함

2) 신개념 통합 하역시스템

- 신개념 통합 하역시스템 기술개발 과제로 선정된 오버헤드 시스템과 머신 시스템은 초대형선 기항시 안벽처리량 증가에 따른 안벽과 야드 간, 그리고 야드에서의 처리 생산성 향상을 위한 기술개발 과제임. 즉 안벽과 야드 간의 이송과정을 기존의 운송차량 대신 컨베이어와 자동레일카로 안벽과 야드가 직접 연계되는 기술개발과, 또한 야드에서의 높은 생산성을 이루기 위한 고단적 자동창고시스템(ASRS) 기술개발임
- 광양항의 경우 3단계가 종료되는 시점인 2011년 이후 4단계 개발시에 고려될 수 있고, 부산신항의 경우도 현재 북컨테이너부두의 개발계획이 완료되는 2011년 이후 남컨테이너부두에 적용될 수 있음
- 오버헤드 시스템과 머신 시스템 기술개발의 핵심은 신개념 이송시스템과 자동저장시스템 기술임. 개발단계별 기술개발 내용을 제시하였고 기술개발 기간은 총 10년이 소요될 것으로 예상

3) 신개념 컨테이너터미널

- 신개념 컨테이너터미널 기술개발 과제는 기존의 안벽형태에서 수행되는 양적하작업으로는 1만 5천TEU 이상, 초대형 컨테이너선에서 요구되는 생산성을 달성할 수 없기 때문에 이들 선박을 위한 새로운 개념의 터미널 건설에 대한 것임
- 본 연구에서는 신개념 컨테이너터미널로 플로팅터미널을 선정하였음. 플로팅터미널은 신규 터미널 계획시 매립에 의한 도크형태의 항만을 건설할 필요없이 현재의 안벽 형태에서 양안하역을 위하여 안벽에 2개의 플로팅터미널을 연계함으로써 이용가능한 기술임
- 국내 해상항만의 건설 가능한 지역을 살펴보면 국내의 모든 해역에 플로팅터미널의 적용이 가능한 것으로 판단되나, 그 중 남해안은 높은 파고에도 불구하고 적절한 수심과 해저구배를 나타내고 있으며, 크고 작은 섬들로 인한 외해로부터의 차폐성을 고려해 보았을 때 가장 적합한 적지로 판단됨
- 플로팅터미널의 개발을 위하여 각 단계별로 나누어 기술개발을 수행하여야 하며, 개발 초기단계인 1단계에서 최종단계인 4단계까지 철강업체, 장비제작업체, 건설업체, 엔지니어링업체, 대학 및 연구소, 부품 및 소재개발 업체, 항만운영업체 등이 참여하는 기술개발이 이루어져야 함

제6장 결론 및 정책 건의

1. 결 론

1) 초대형선 출현으로 새로운 개념의 고생산성 항만 하역시스템 개발 시급

- 우선 컨테이너선이 초대형화 되면 선박건조가격이 상승하게 되므로 선주들은 특정항로에 운행하는 투입선박 수를 감소시키려 할 것이고, 이에 따라 기항지 축소 및 운항스케줄이 단축될 것으로 예상
- 1만 2천TEU나 1만 5천TEU로 컨테이너선이 초대형화되면 전세계에

4~6개 정도의 초대형 중심항(Load Center)으로 기항항만이 한정되고, 현재의 각국별 중심항 체제는 지역별 중심항 체제로 바뀌게 될 것으로 예상

- 동북아지역에서는 한국의 부산/광양항, 일본의 고베/오사카항, 중국의 홍콩/상해항, 대만의 카오슝/킬룽항 등 각국별 중심항이 동북아지역 중심항 1~2개로 재편되고, 나머지는 피더서비스로 연결되는 항만으로 역할 구분 예상
- 초대형 컨테이너선이 기항하는 중심항(Mega-Hub Port)이 되기 위해서는 안벽에서의 하역생산성 증가와 더불어 장치장에서의 작업생산성 향상을 통한 재항시간 단축이 가능해야 함. 1만 5천TEU 선박에 대한 요구생산성인 시간당 70개(lifts), 그리고 기계적 생산성인 시간당 100개(lifts)가 가능할 수 있도록 새로운 개념의 하역시스템이 개발되어야 할 것으로 판단

2) 선진항만, 신개념 항만 하역시스템 연구개발 활발

- 첫째, 안벽에서의 생산성과 서비스 수준을 증가시킬 수 있도록 기존의 컨테이너 크레인(C/C : Container Crane)을 개선하거나 새로운 개념의 안벽 하역장비를 연구, 개발(DHST장치, 더블 트롤리장치, 이동 가능한 거더, 버퍼 크레인의 설치 등)
- 둘째, 신개념의 하역장비(안벽 하역장비, 이송장비, 야드하역장비)와 저장시설, 하역시스템 등으로 대규모의 화물을 신속하게 처리할 수 있는 터미널 통합 하역시스템의 개발
- 셋째, 1만 5천TEU급 초대형선에 대응하는 신개념의 항만시설과 터미널을 건설하는 것으로서, 슬립(양현하역)터미널, 스피드포트, 플로팅터미널 등이 이에 해당
- 해외 선진항만에서는 안벽 하역장비의 생산성 향상과 더불어 안벽에서 야드로의 빠른 이송방법, 또한 이를 최대한 빠르게 처리할 수 있는 야드 크레인과 운영시스템을 연구·개발하고 있으며, 새로운 개념의 항만시설에 대한 연구도 진행하고 있음

3) 차세대 항만 하역시스템에 대한 4가지 기술개발 과제 선정

- 우선 신개념 항만 하역시스템 선정기준은 각 종류별 선정기준과 평가항목에 따른 평가점수를 중요도에 따라 배분하고, 세부항목에서는 아이템별 특성 및 구성요소에 따라 구분하여 평가
- 신개념 안벽 하역장비 부문에서는 슈퍼테이너 선정. 슈퍼테이너의 경우 시간당 최대 90개(lifts)까지 처리가 가능한 획기적인 안벽 하역장비로서 기존 크레인에 비해 3배 이상 처리능력을 향상시키는 시스템이며, 기존의 항만에 적용할 수 있고 기존 크레인과 연계되어 작업이 가능한 안벽 하역장비임
- 신개념 통합 하역시스템 기술개발 부문에서는 오버헤드 시스템과 머신 시스템이 선정
 - 오버헤드 시스템의 경우 안벽과 야드 간의 컨테이너 이송장비를 버퍼 기능을 가진 컨베이어로 대체하여 안벽 하역장비와 야드 하역장비 간 직접적인 연계가 가능
 - 머신 시스템의 경우 안벽에서 C/C 1대가 시간당 최대 90개(lifts)까지 처리가 가능하여 안벽생산성이 증대되고, 이를 충분하게 처리해 줄 수 있는 야드시스템 ASRS로 야드생산성의 극대화를 이룰 수 있어 전체적인 터미널의 생산성은 획기적으로 증대될 것임
 - 국내 항만에 적용할 경우 신규 항만인 광양항 4단계, 부산신항만 남컨테이너부두에 장래 초대형선에 대비하는 본 시스템을 적용할 수 있을 것임
- 신개념 컨테이너터미널 기술개발 부문에서는 장래 10년 이내에 개발이 가능하고 초대형선에 대한 대응성이 우수하며 경제적 시스템인 플로팅 터미널을 선정
 - 플로팅터미널은 초대형선의 규격에 제한을 받지 않는 보조항만 기능과 슬립형태 터미널 개발시 구조물 간 선박 접안공간의 확장이 가능한 탄력적인 기능을 가지고 있음
 - 이를 국내에 적용할 경우 남해안이 최적지로 판단되었으며, 기존 항만은 항만 보조하역 기능으로 이용되어 초대형선에 수심과 안벽기능을 제공하고, 신규 항만은 양안하역 기능을 가진 터미널로 개발 가능

4) 기술개발 전략과 추진체계 수립

- 기술개발 전략에는 투자, 대안선택, 연구개발의 활성화, 개발기술의 국제화를 위한 정책적 전략, 기술을 확보하기 위한 기술확보 전략, 정·산·학·연별 자체적 개발 전략방안을 제시
- 기술개발 추진체계는, 해양수산부를 주관부처로 하고 한국해양수산개발원을 주관기관으로 하여 대학, 연구소, 산업체, 협회 및 관련 단체 등으로 이루어진 사업단을 구성하고 각 구성기관별 기능과 역할을 제시

2. 정책건의

1) 정부의 역할

- 차세대 항만 하역시스템 기술개발은 궁극적으로 동북아 물류중심국가의 위상을 이루기 위한 것으로 중장기적 투자와 여러 분야의 관련기술개발이 필요한 국가적 사업임. 따라서 일부 민간기업이나 관련기관의 개별적인 사업추진으로는 차세대 항만 하역시스템 개발을 원활하게 수행하기 어려우며, 정부와 산업계, 연구소, 학계의 공동 기술개발 노력이 필요함
- 차세대 항만 하역시스템 기술개발의 원활한 수행을 위한 정부의 역할은 4가지로 나누어 볼 수 있음
 - 항만관련 기술개발 조직 구성 : 장비제작업체, 운영사, 학계, 관련기술정책/개발연구기관 간의 유기적 협의체를 구성함으로써 초기 사업구상단계에서부터 최종 완성단계에 이르기까지 획일적인 정책추진과 신속한 기술개발이 이루어지도록 하여야 함
 - 중·장기적 개발을 위한 개발비 확보 및 투자재원 구성 : 본 사업은 크게 신개념 항만 하역장비, 신개념 통합 하역시스템, 신개념 컨테이너터미널의 기술개발로서 3가지 방향에서의 기술개발이 동시에 이루어지는 형태를 띠고 있음. 개발기간도 5년에서부터 10년까지 걸리는 장기적 계획이며, 사업추진을 위한 개발비와 투자재원도 지속적으로 지원되어야 함. 투자재원은 초기 타당성 검토시 정부 전액지원으로 수행하고, 타당성 검증후 본격적인 사업추진시 민간투자 방식을 취하여 많

은 기업들이 참여토록 유도해야 할 것임

- 항만 하역시스템 기술개발을 위한 제도적 정비 : 차세대 항만 하역시스템 기술개발을 유도할 수 있는 정책적 제도 정비가 필요함. 따라서 이를 적절하게 활용하고 적용할 수 있도록 ‘해양개발 기본계획’, ‘해양개발 시행계획’에 관련 기술개발 요건을 명시
- 항만 하역시스템 기술관련 연구기능 신설 : 국내의 항만 하역시스템 관련 기술과 연구는 외국 선진항만에 비하여 10여년의 기술격차가 남. 이를 극복하기 위해서는 지금부터라도 기술개발을 위한 연구기능을 신설하여 산업계에 기술이전이나 협력을 할 수 있도록 선도적 역할을 할 수 있는 장치가 필요함

2) 지방자치단체 및 항만관련 공공기관의 역할

- 2011 ~ 2015년 사이 부산, 광양 등에 들어설 신규 항만에 차세대 하역시스템을 설치·운영함으로써 미래의 항만, 세계적 첨단항만의 입지를 구축할 수 있음
- 차세대 항만 하역시스템은 공공적 성격이 강한 기술개발 사업으로서 초기단계에는 공공기관에서 시범적 사업으로 운영하여야 함
- 따라서 지방자치단체나 컨테이너부두공단에서는 각각 지역발전의 파급효과가 있고, 동북아 중심항만의 위상제고 효과가 있는 첨단 항만 건설을 위한 연구개발 사업에 적극 참여, 지원해야 할 것임

3) 산업계의 역할

- 차세대 항만 하역시스템의 전체적인 인프라 구축은 정부와 공공기관이 담당하여야 하나, 전기, 전자, 기계 등을 포함한 산업계의 경우 이와는 별도로 첨단 항만 하역장비 연구 및 제품개발을 담당해야 할 것임
- 예를 들어 신개념 안벽 하역장비의 장치 자동화기술, 신개념 통합 하역시스템에 포함되는 장비 및 기술, 신개념 컨테이너터미널에 포함되는 구조물 제작과 토목기술 등 실질적인 제품 기술개발을 상시적으로 연구개발함으로써 시장환경의 변화에 즉시적, 적극적으로 대응할 수 있도록 해야 함

4) 연구기관 및 학계의 역할

- 정부정책 연구기관은 항상 외국 선진항만의 기술개발 동향을 파악, 분석하고 국내 항만기술개발 방향 제시와 개념적 개발을 수행하여야 함
- 또한 정부, 산업계, 학계 등과의 연계를 통해 정책 및 연구방향의 설정과 조정을 통하여 원활하고 신속한 기술개발을 수행하도록 유도함으로써 국내 항만이 세계적인 항만으로 나아갈 수 있는 발판을 마련해야 할 것임
- 학계는 산업계나 연구기관에서 첨단 기술개발을 수행할 수 있도록 요소 및 기초기술 확보, 연구인력의 양성에 주력하여야 할 것임

제 1 장 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

경제의 세계화 진전에 따라 세계 컨테이너물동량은 연평균 7% 내외의 높은 성장세가 지속되고 있으며, 이에 따라 컨테이너선박의 투입이 증가되고 있으나 1984년 미국 신해운법 발효 이후 세계 정기선해운의 경쟁심화로 인한 저운임 환경에서도 경쟁력을 갖추기 위해 컨테이너 단위당 운송비가 저렴한 컨테이너선의 대형화가 크게 진전되고 있다.

1980년에는 3천TEU급 파나막스형이 최대 선형이었으나 1990년대 들어 4천TEU급의 포스트파나막스형 선박이 다수 투입되었으며, 1996년에는 머스크사의 6천TEU급 슈퍼 포스트파나막스형의 대형선이 등장하였다. 2004년에는 6천TEU급 이상 선박이 30~40척 이상 인도될 예정이며, 이 중에는 1만TEU급 선박도 포함되어 있어 이미 이른바 ‘초대형 컨테이너선의 시대’가 시작되었다고 할 수 있다. 컨테이너선은 향후 10년 이내 1만 2천TEU까지, 그리고 나중에는 1만 5천TEU급의 선박으로까지 초대형화될 수 있을 것으로 전망되고 있다.

컨테이너선박이 이와 같이 초대형화됨에 따라 해상물류와 항만에도 큰 영향을 미치게 된다. 초대형 컨테이너선의 기항 항만 수는 적어지는 대신 한 항만에서 이루어지는 양·적화 컨테이너 화물 수는 크게 늘어나게 된다. 즉 초대형 컨테이너선이 기항하는 항만은 물류중심항만이 될 것이고, 인근의 타 항만은 피더항으로 구분되면서 항만의 기능 및 기존 처리물동량 서열이 바뀌게 될 것으로 예상된다.

우리나라의 부산항과 광양항에서 2011년에 1,320만TEU, 2020년에는 2,100만TEU의 환적 항만물동량을 취급할 것으로 전망하고 있다. 이와 같은 환적물동량은 총 항만물동량의 40%가 넘는 규모로 2020년까지 우리나라의 부산항과 광양항이 동북아의 물류중심항만으로 발전한다는 것을 가정한 결과이다. 그러나 최근 중국의 컨테이너물동량이 크게 증가하고 있어 홍콩항, 상해항, 안티엔항 등 중국 항만에 비해 한국과 일본의 항만은 상대적인 지위가 떨어지고 있는 실정이다. 즉 주간 60~70회의 서비스를 하고 있는 동아시아/북미항로에 일본과 한국의 항만을 기항

하지 않고 지나치는 서비스 항로는 증가되고 있으나, 반면 거의 모든 서비스 항로에서 중국 항만을 포함시키지 않는 것이 없는 상황이다.

이러한 상황에서 1만 2천TEU급 이상 초대형 컨테이너선의 기항항만이 동북아에서 우리나라 이외 중국이나 일본의 항만으로 결정될 경우 우리의 동북아 물류중심기지화 전략, 나아가 동북아 비즈니스 중심화 전략에 큰 차질을 초래할 수 있다.

초대형 컨테이너선의 특정항만 기항은 재항시간과 환적비용에 의해 결정된다고 할 수 있다. 물론 중심항만(Hub-port)이 되기 위한 인근항만과의 거리, 기간항로상 위치 등 지리적 요건이 갖추어져야 하는 것은 필수적이나 다행히 우리나라 항만은 이런 지리적 이점을 보유하고 있다고 말할 수 있다. 재항시간을 단축시키고 환적비용을 현재보다 크게 절감시키려면 항만시설이나 장비, 하역시스템 면에서 지금과는 다른 새로운 개념의 기술개발이 이루어져야 한다.

새로운 개념의 하역시스템 개발과 설치에 5~10년 정도 기간이 소요되는 것을 감안할 때, 초대형 컨테이너선박의 본격 취항을 10여년 앞둔 지금 이들 선박이 우리나라 항만에 기항할 수 있도록 재항시간도 단축시키고, 환적비용도 저렴하게 서비스할 수 있는 새로운 차세대 항만 하역시스템 연구개발이 시급한 상황이다.

따라서 본 연구는 2010년경부터 등장할 초대형 컨테이너선 취항에 앞서 이들 선박이 기항할 수 있도록 고생산성, 저비용의 차세대 항만 하역시스템 기술개발전략을 제시함을 목적으로 한다. 이를 위해 차세대 항만 하역시스템 기술개발 과제를 도출하고, 기술개발 실천방안을 제시하고자 한다.

2. 연구방법 및 주요 연구내용

본 연구의 방법은 우선 조선소, 선사, 항만운영사의 의견과 기존 외국문헌에서 예측된 자료에 기초하여 컨테이너선의 대형화에 따른 무역환경과 항만여건의 변화를 전망하고, 또한 장래 하역시스템의 대응방안 도출을 위한 타당성과 요구조건을 도출한다. 또한 국내 차세대 항만 하역시스템 기술개발 선정을 위하여 다음과 같은 연구방법을 채택한다.

외국문헌 및 자료조사를 통한 외국 선진항만의 기술개발 실태 및 종류에 대하여 세부 분석하고, 이를 바탕으로 개발기술 종류를 선정하며, 국내에 적합한 기술개발 선정을 위해 장비제작업체, 운영사, 관련단체의 전문가와의 설문조사 및 면

답방법을 사용하고, 설문의 응답내용과 면담으로 얻은 전문가의 판단내용을 점수법 모델을 이용하여 항목별 평가비율을 정하고, 기준점수를 평가점수로 산출한 후 아이템별로 평가점수를 분석하여 개발기술 종류별 점수화된 평가를 수행한다.

개발기술이 선정된 후 각 기술별 추진 전략, 추진체계, 개발단계 등을 검토하여 기술개발의 실용화를 위한 구체적 실천방안을 제시한다.

주요 연구내용을 살펴보면 제2장에서는 컨테이너선의 대형화에 대해 그 배경과 전망을 살펴본다. 컨테이너선의 대형화에 대한 긍정적인 의견과 부정적인 의견을 모두 검토하고, 향후 대형화 추세에 대한 전문가의 의견을 정리하여 1만 2천TEU와 1만 5천TEU 초대형 컨테이너선의 출현에 대해 전망한다.

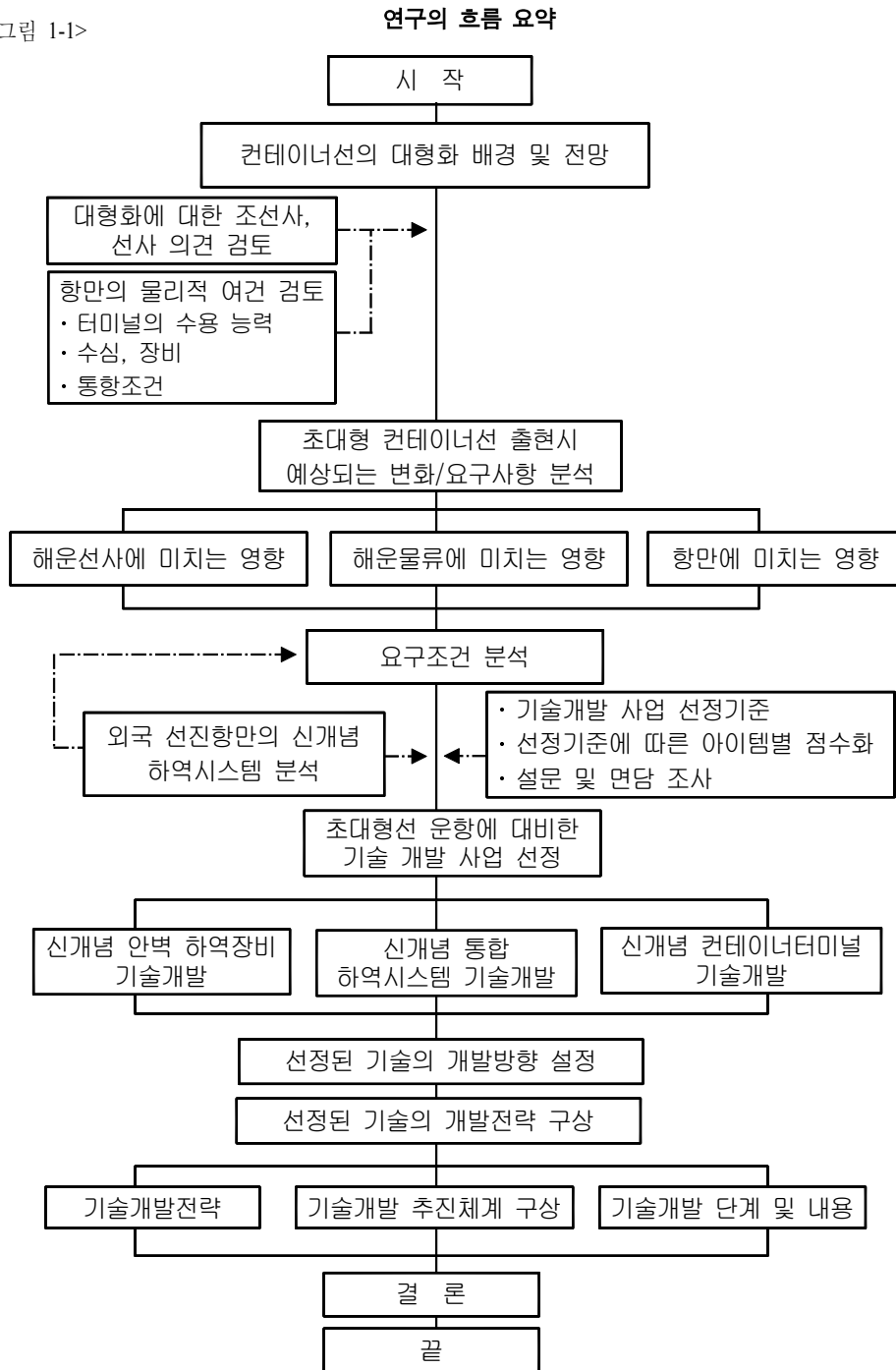
제3장에서는 초대형 컨테이너선이 본격 취항할 경우 예상되는 변화를 해운선사와 해상물류 측면, 그리고 항만의 입장에서 분석한다. 또한 선사입장에서 초대형선에 대한 선단구성, 운항 스케줄 등 해상물류 측면에서 입항 항만 수 단축과 피더 네트워크, 항만에서의 재항시간 단축을 위한 생산성 향상, 그리고 환적비용 부담 수준 등의 요구사항을 검토한다.

제4장에서는 초대형 컨테이너선 취항에 대비하여 생산성을 향상시키고, 관련비용을 절감하도록 연구 중인 차세대 항만 하역시스템 개발내용을 분석한다. 하역장비 측면, 하역장비와 야드 하역장비의 포함에 의한 통합 하역시스템 측면, 그리고 기존의 컨테이너터미널을 벗어난 새로운 개념의 컨테이너터미널 측면 등으로 나누어 분석한다.

제5장에서는 초대형 컨테이너선박이 기항하도록 유도하기 위해 어떤 개념의 하역시스템을 개발해야 하는가 하는 차세대 항만 하역시스템 개발방향을 제시한다. 또한 기술개발을 구체화할 수 있는 기술개발 계획을 수립한다. 초대형 컨테이너선 기항에 대비한 새로운 개념의 하역시스템이 제작, 설치될 경우 우리나라는 동북아 최초로 1만 5천TEU급 이상 대형 컨테이너선의 입항을 선점할 수 있어 앞으로 동북아 물류중심기지로써의 발판을 마련하는 효과를 갖게 될 것이다.

제6장에서는 차세대 항만 하역시스템 기술개발을 효과적으로 추진하기 위한 정책을 제안한다. 본 연구의 흐름을 요약하면 다음의 그림과 같다.

<그림 1-1>



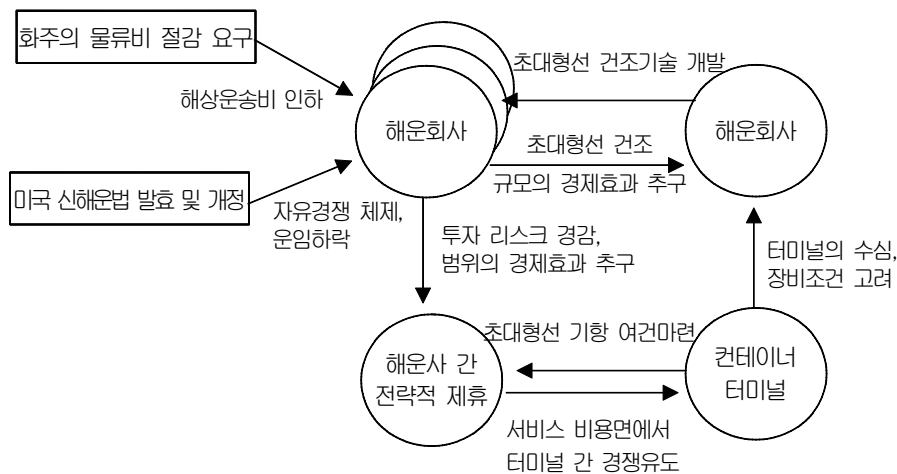
제 2 장 컨테이너선 대형화의 배경 및 전망

1. 대형화의 배경

컨테이너선의 대형화는 물류비를 절감하기 위한 해운사들의 대형화 추구, 주요 터미널의 컨테이너선 입항 조건을 고려한 조선사들의 선박 설계기술 및 이러한 대형화 추세를 고려한 터미널의 장기적인 개발계획 등이 동시에 검토되어야 한다. 규모의 경제를 추구하는 해운사의 컨테이너선 대형화 욕구를 충족시키기 위해 조선사는 선박 설계기술을 개발하고 있으나, 건조비 및 연료비 등 대형화에 따라 수반되는 관련 비용을 절감하는 데 선박 건조기술상의 제약을 받는다. 또한 조선사는 선박 건조 후 기항하게 될 주요 터미널의 수심, 컨테이너 크레인 등 물리적 조건을 선박 제원 설계의 제약요인으로 고려해야 한다. 한편 터미널 운영 당국자의 입장에서는 해운사와 조선사의 대형화 추세를 반영하여 장기적인 터미널 규모를 설계하고, 해운사에 대해 적정 수준의 서비스를 제공해야 한다. 즉 컨테이너선의 대형화는 해운사, 조선사 및 터미널입장을 고려한 종합적인 측면에서 검토되어야 한다(<그림 2-1> 참조).

<그림 2-1>

컨테이너선 대형화 배경



1) 해운사

해운사는 대량화물 수송에 따른 단위 TEU당 해상 물류비를 줄이기 위해 컨테이너선 대형화를 추구하고 있다. 따라서 해운사는 소형선 2척을 운항하는 경우와 대형선 1척을 운항하는 각각의 경우에 대해서 선박 건조비, 연료비, 인건비 등을 비교하여 전체적으로 TEU당 물류비가 적은 안을 선택하게 된다. 즉 컨테이너선 대형화의 직접적인 의사결정자는 해운사가 된다. 또한 미국의 신해운법이 발효되어 항만 간 자유 경쟁체제가 이루어지고 있는데, 이는 운임하락의 요인이 된다. 따라서 해운사는 투자 리스크를 경감하고 규모의 경제효과를 추구하기 위해 선사 간 전략적 제휴를 하게 된다.

해운사가 컨테이너선 대형화를 추구하는 이유는 다음과 같은 물류비 절감 노력에 따른 것이다.

- i) 선박 건조비
- ii) 연료비
- iii) 인건비
- iv) 기타 관련 비용

2) 조선소

단위 물류비를 절감하기 위한 해운사의 대형화 추구에 대해서 조선소는 선박 건조기술적으로 가능한 범위에서 이를 수용하는 입장에 있다. 즉 해운사는 TEU 단위로 조선소에 선박건조를 의뢰하기 때문에, 조선소는 해운사가 주문한 TEU 규모에 근거하여 선박 제원을 설계한다. 조선소는 선박 건조기술적으로 건조비가 적게 소요되는 기술을 적용하여 운항 효율이 높은 선박을 건조해야 할 뿐만 아니라, 선박이 운항하게 될 항만의 수심, 컨테이너 크레인 등 항만의 여건을 고려하여 선박 제원을 설계하여야 한다. 일반적으로 흘수를 증가시키면서 대형화하는 것이 선박 건조 기술적으로 효율적이라고 지적하고 있다. 그러나 흘수의 증가는 선박 건조 후 기항 항만의 수심 조건에 따라 입항이 제한되기 때문에 선박 건조시 세계 주요 항만의 수심을 먼저 검토하여야 한다. 따라서 조선사는 해운사의 요구와 선박건조기술 및 주요 항만의 여건을 고려하여 선박을 설계하는 수동적인 입장에

있다.

조선소가 컨테이너선 대형화와 관련해 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- i) 선박 건조비
- ii) 입항 항만의 수심 등 여건
- iii) 운하 및 항로 여건
- iv) 기타 선박 건조 및 운항 효율성

3) 컨테이너터미널

컨테이너터미널은 입항 선박의 흘수, 선폭 등 규모에 따라 항로 수심, 컨테이너 크레인의 아웃리치 길이 등을 결정하여야 한다. 따라서 컨테이너터미널 계획단계에서는 장기적인 선박 대형화 추세를 고려하여 터미널 개장 연도에 출현 예상되는 선박이 입항 가능하도록 설계되어야 한다. 즉 컨테이너터미널은 컨테이너선 대형화에 대해서 조선사와 마찬가지로 수동적 입장에 있으며, 터미널 간 경쟁에서 비교 우위에 있기 위해 초대형선의 기항 여건을 마련해야 한다.

컨테이너선 대형화에 대비하여 컨테이너터미널이 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- i) 선박 대형화 추세
- ii) 선박 건조기술의 변화
- iii) 컨테이너 크레인 제작기술
- iv) 기항 예정항의 수심 등 대형선 수용 능력

2. 대형화에 대한 견해

1) 긍정적 견해

(1) 선박 건조비용 절감

5,500TEU급 컨테이너선박의 TEU당 건조비용은 2,500TEU급 컨테이너선박의 TEU당 건조비용의 절반정도에 불과한 것으로 조사되었다.

<표 2-1>

선박건조비 비교

구 분	발주 현황				1척당		1TEU당 (달러)	건조지
	발주 연도	척수	TEU	신가(백만달러)	TEU	신가(백만달러)		
포스트 파나마스	1998	5	27,500	330	5,500	66.00	12,000	유럽
	1998	14	76,000	845	5,429	60.36	11,118	극동
파나마스	1998	18	75,850	876	4,214	48.67	11,549	극동
서브 파나마스	1998	2	4,948	120	2,474	60.00	24,252	유럽

자료 : 太田次久, “거대 컨테이너선의 출현”, 「해사산업연구소」, 1999. 10. p.31.

또한 최근에는 삼성중공업이 1만 2천TEU급에 대한 설계 과정에서 6,200TEU급 두 척을 건조하는 경우와 1만 2천TEU급 1척을 건조하는 각각의 경우에 대해서 관련 비용을 검토하였는데, 건조비용 측면에서는 1만 2천TEU급 1척을 건조하는 것이 6,200TEU급 2척을 건조하는 것보다 약 16%가 절감되는 것으로 나타났다.¹⁾

그러나 컨테이너선이 일정 수준 이상 대형화되면 추진 시스템 2기가 필요하여 TEU당 선박 건조비가 상승하는 요인이 된다(<표 2-1> 참조). 그러나 최근에는 선박 건조기술의 발달로 1만 2천TEU급 선박도 1기의 추진기로 경제속도 25노트를 달성할 수 있다.

(2) 운항비용 절감

Drewry(Drewry Shipping Consultants)사는 1만TEU급의 메가 포스트파나마스(Mega Post-Panamax)급의 운항비는 6천TEU급 운항비와 비교하여 슬롯당 21달러가 저렴한 것으로 지적하고 있는데, 선박 관련 운항비는 연료비, 재항비, 유지비, 선원비 보험료 등이 있다.²⁾

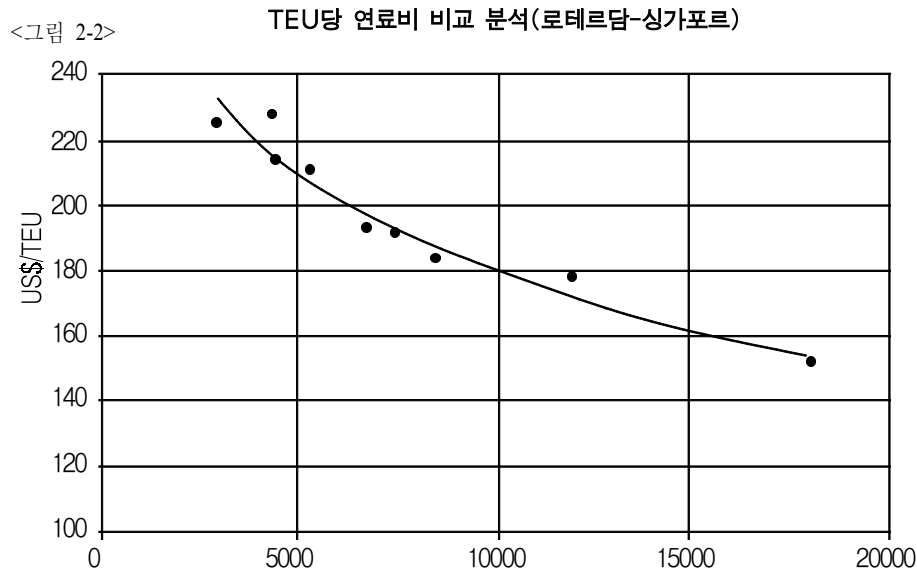
또한 여러 분석기관에서 검토한 대형화에 따른 각 비용별 절감효과는 다음과 같다.

1) 삼성중공업 내부자료.

2) 백종실, 「지구촌 해운 물류」, 제96호, 2001. 8. 27, p.7.

① 연료비용 절감

네덜란드 델프트(Delft) 공대에서 분석한 TEU당 연료비는 8천TEU급 선박이 6천TEU급 선박보다 약 7%, 4천TEU급 선박보다는 약 14%의 원가절감이 가능한 것으로 분석하였다.³⁾ 로테르담-싱가포르 항로의 TEU당 연료비용을 파나마스(Panamax)급, 수에즈막스(Suezmax)급, 말라카막스(Malacamax)급으로 나누어 비교하면 <그림 2-2>와 같다.



자료 : N. Wijnolst et al., *The Ultimate Container Carrier*, Delft University Press, 1999.

또한 삼성중공업이 검토한 1만 2천TEU급 1척의 TEU당 운항 연료비용은 6,200TEU급 2척의 TEU당 운항 연료비용에 비해 약 17%가 절감되는 것으로 나타났다.⁴⁾

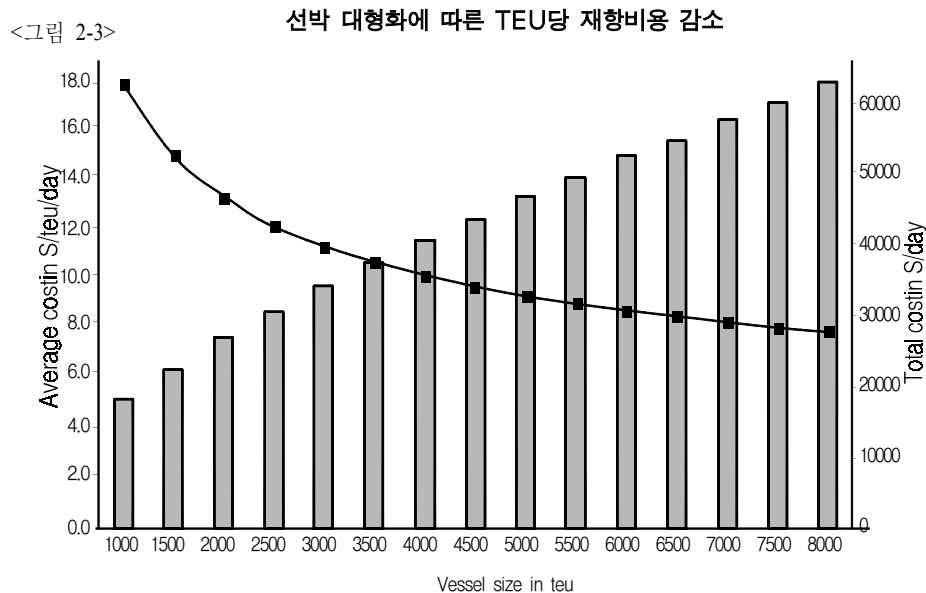
② 재항비용 절감

한편 Haralambides 등은 컨테이너선 대형화에 따른 TEU당 재항비용 감소에 대해서 분석하였다. 일반적으로 터미널 시설 규모가 증가하지 않은 상태에서 컨테이너선이 대형화되면 재항시간이 증가하여 총비용이 증가하고 또한 선석점유율도

3) N. Wijnolst et al., *The Ultimate Container Carrier*, Delft University Press, 1999.

4) 삼성중공업 내부자료, 2001. 8.

증가한다. 그러나 컨테이너선이 대형화됨에 따라 TEU당 재항비용은 <그림 2-3>과 같이 감소한다. 3,500TEU급의 1일 동안의 총재항비용은 약 400달러, 단위 TEU당 재항비용은 약 12달러이나, 최근에 운항이 임박한 8천TEU급의 경우 1일 동안의 총재항비용은 약 620달러이고 TEU당 비용은 약 8달러로 감소한다.⁵⁾



자료 : H. E. Haralambides et al, "Costs, Benefits and Pricing of Dedicated Container Terminals", *International Journal of Maritime Economics*, 2002, pp.21-34.

③ 선원비용 절감

또한 선원 인건비용은 선박 규모와 무관하게 선박별로 동등하게 발생하기 때문에 가능하면 대형선 1척을 투입하는 것이 소형선 2척을 투입하는 것보다 비용이 절감된다. 따라서 1만 2천TEU급 1척을 운항했을 때의 인건비용은 6,200TEU급 2척을 운항했을 때보다 50%가 절감된다.⁶⁾

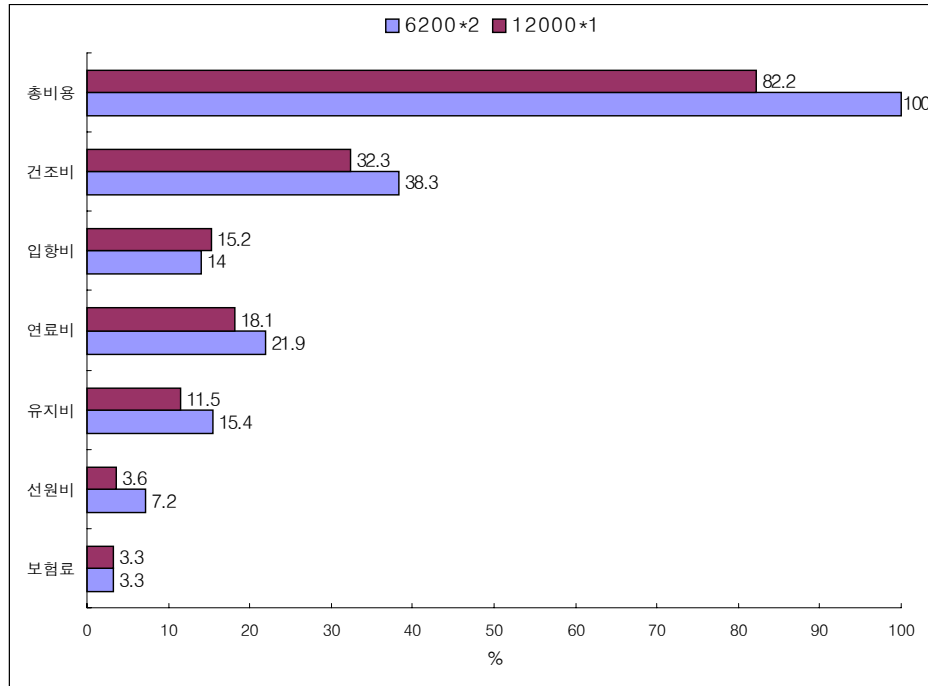
삼성중공업은 엔진 전문제작사인 ABB사와 공동으로 1만 2천TEU급에 대한 기술적 설계를 검토하면서 1만 2천TEU급 1척을 운영하는 경우와 6,200TEU급 2척을 운영하는 경우에 대해서 건조비용 및 운항비용을 동시에 비교하였다. 1만 2천TEU

5) H. E. Haralambides et al, "Costs, Benefits and Pricing of Dedicated Container Terminals", *International Journal of Maritime Economics*, 2002, pp.21-34.

6) 삼성중공업 내부자료, 2001. 8.

급 1척 운항시는 6,200TEU급 2척을 운항했을 때의 총비용보다 약 18%가 절감되는 것으로 나타났다(<그림 2-4> 참조).

<그림 2-4> 1만 2천TEU(1척)와 6,200TEU급(2척)의 TEU당 비용 비교



자료 : 삼성중공업 내부자료, 2001. 8.

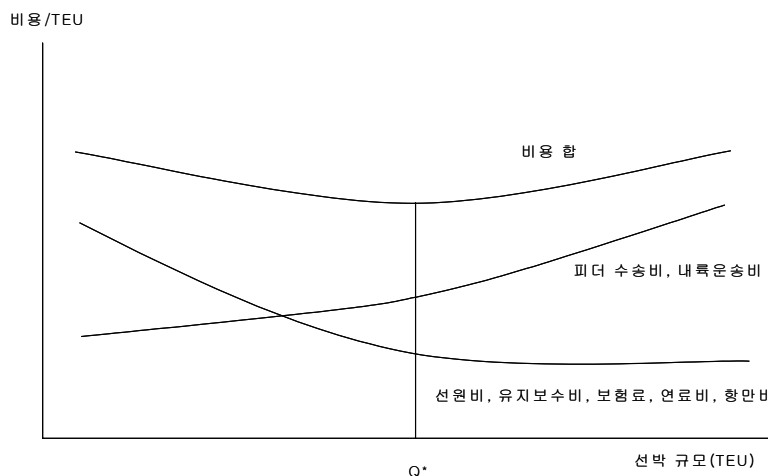
2) 부정적 견해

선박 건조비용과 운항비용에 따른 규모의 경제효과를 추구하기 위해 컨테이너선이 대형화되고 있으나, 한편으로는 대형화로 인해 부정적인 측면도 수반되고 있다. 대형화에 대한 부정적인 견해는 부수적인 추가비용의 증가 및 건조비용 증가에 따른 것으로 나타나고 있다.

(1) 대형화에 따라 수반되는 추가비용의 증가

Drewry사는 2010년 전후로 1만 2천TEU급 초대형 컨테이너선이 다수 취항할 것으로 예상되나 기대만큼의 경제성을 나타내지는 못할 것으로 예상하고 있다. 1만 TEU급 선박의 선원비용, 유지 보수비용, 보험료, 연료비용, 항만비용 등 1,449달러로 4천TEU급 컨테이너선의 2,315달러보다 866달러가 저렴한 것으로 분석하고 있다.⁷⁾ 그러나 이와 같은 비용 비교에는 대형선이 소수의 거점 항만에 한정하여 기항함에 따라 발생하는 피더 수송비, 내륙수송비 등 추가되는 비용이 반영되지 않았다. 따라서 선박 대형화로 인해 선원비용, 유지 보수비용, 보험료, 연료비용 및 항만비용 등이 감소되지만 이와 더불어 피더 수송비, 내륙수송비용 등이 추가되기 때문에 결과적으로 대형화에 따른 컨테이너당 비용 절감액이 예상보다 크지 않을 것으로 보고 있다.

<그림 2-5> 선박 규모에 따른 TEU당 비용 변화



(2) 건조비용 증가

선박 대형화에 따른 TEU당 건조비용 감소는 1기의 추진 시스템을 기준으로 검토되어 왔다. 즉 선박 건조기술적으로 1기의 추진 시스템으로 건조 가능한 범위 내에서는 건조비 측면에서 규모의 경제를 추구할 수 있었다. 추진기 1기 시

7) 백종실, 「지구촌 해운 물류」, 제96호, 2001. 8. 27, p.7.

시스템으로 경제속도 25노트를 유지할 수 있는 한계를 넘어 대형화되면 별도의 추진 시스템이 추가되어야 한다. 따라서 2기의 추진 시스템이 부착된 선박의 경우에도 건조비용 측면에서 규모의 경제를 추구할 수 있는지는 검토의 대상이 된다.

지금까지 알려진 바에 따르면 추진기가 2기가 되면 건조비용이 급격히 증가하여 대형화에 따른 TEU당 운항비용 감소보다는 TEU당 건조비가 증가하여 규모의 경제가 상쇄된다고 지적되고 있다. 그러나 앞에서 지적한 바와 같이 삼성중공업은 2001년 8월 엔진 전문 제작사인 ABB와 공동으로, 추진 시스템의 추가 없이 1기의 추진 시스템으로 1만 2천TEU급까지는 건조가 가능한 것으로 기술적 검토를 완료하였다. 즉 1만 2천TEU급까지는 1기의 추진 시스템으로 선박 건조가 가능하고 규모의 경제를 추구할 수 있다. 그러나 현재의 기술 수준으로는 1만 2천TEU급 이상 대형화되면 2기의 추진기가 필요하기 때문에 TEU당 건조비용이 증가하게 된다.

3) 대형화에 따라 수반되는 검토사항

컨테이너선 대형화와 관련하여 세계 주요 터미널의 대형선 수용능력과 항로상의 대형선 통항조건 및 대형선 기항 항로에서의 선적량 확보 등도 동시에 검토되어야 한다.

(1) 컨테이너터미널의 대형선 수용 능력

컨테이너선이 대형화됨에 따라 홀수 및 선평이 증가하게 되므로, 조선사는 세계 주요 터미널의 수심 및 컨테이너 크레인 아웃리치를 고려하여 선박을 설계해야 한다. 조선사의 입장에서는 해운사의 요구에 대해 선박 건조 후 기항하게 될 주요 터미널의 수심 및 아웃리치를 고려하여 선박의 제원을 설계하지만, 한편 터미널의 입장에서 장기적인 터미널 개발계획을 수립할 때는 장래 출현 예상되는 선박의 제원을 예상하여 수심 및 컨테이너 크레인의 규모를 계획한다. 토목 구조적으로 개장 초기에 안벽 수심을 충분히 확보한 후, 터미널 운영 중 출현하는 선박의 규모에 따라 항로를 준설함으로써 신규로 출현하는 대형선이 기항할 수 있는 수심을 확보해야 한다.

① 수심

장기적인 터미널 개발계획을 수립할 때는 장래 출현이 예상되는 최대 선형의 흘수를 고려하여 안벽 수심을 설계한다. 그러기 위해서는 먼저 선박 규모에 따른 흘수의 변화를 분석하여야 하는데, <표 2-2>에서와 같이 선박 대형화를 주도하고 있는 7천TEU급의 만재 흘수는 14.5m, 1만 8천TEU급에 대해서는 만재 흘수가 20m로 발표되고 있다.

<표 2-2> 7천TEU급 이상 선박의 흘수 현황

선박규모(TEU)	흘수(m)	구 분
7,600 - 10,000	14.5	국내 조선소
12,000	14.8	국내 조선소
12,000	17.04	Suez-Max
15,000	14-16	G. De Monie, Joan C. Rijnsbrij
18,000	20.0	Rijnsbrij

자료 : Malacca Max, *Design Innovation in Container Shipping*, Delft University Press, 1999, p. 31.
 G.De Monie, "Re-evaluating the Economics of Transshipment", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2001.
 Joan C. Rijnsbrij, "Impact of Tomorrow Ships on Landside Infrastructure", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2001.

그러나 <표 2-2>와 같은 7천TEU급 이상 선박의 흘수는 선박 건조기술적으로 선장과 선폭에 따라 달라진다. 따라서 터미널 개발계획을 수립할 때는 터미널 개장 이후 출현이 예상되는 최대 선형의 제원을 고려하여 터미널 수심이 검토되어야 한다.⁸⁾ 이러한 컨테이너선의 대형화와 맞물려 세계 주요 항만은 수심 16m 이상을 확보하고 있으며, <표 2-3>을 살펴보면 극동의 일본, 예멘, 오만, 유럽의 스페인 등은 최소 16m를 확보하고 있고, 대만의 킬롱항의 경우 30~50m의 수심을 가지고 있다.

8) 일반적으로 안벽 수심은 최대 입항대상 선박의 만재 흘수에 110%를 고려하여 설계함.

<표 2-3> 세계 주요 항만의 컨테이너부두 수심(16m 이상) 현황

지 역	국 가	항 만	수심(m)	기준연도	비 고
극 동	일 본	고 베	16	1999	로코아일랜드
	대 만	기 룡	30 - 50	-	자연 수심
	예 멘	아 덴	16	1999	-
	오 만	샤 라 라	16	1999	-
북미서안	미 국	롱 비 치	16.8	1996	-
유 럽	스 페 인	알헤시라스	16	2000	MUELLE DEL NAVIO TCB
		발렌시아	16	2000	

자료 : Cargo Systems, *Opportunities for Container Ports*, 1998.

해양수산부, 「부산항 중심준설 타당성 및 기본설계」, 1999. 12.

② 컨테이너 크레인

지금까지 운항 중인 선폭 35m 전후의 3천TEU급은 13열을 수용할 수 있는 컨테이너 크레인을 필요로 하며, 선폭 40m 전후의 5천TEU급은 14열을 수용할 수 있는 컨테이너 크레인을 필요로 한다. 그러나 선폭 60m 이상인 대형선이 기항하는 터미널의 경우에는 선폭과 갑판에 적재된 컨테이너 열수를 고려하여 원활한 양적하작업이 가능한 대형 컨테이너 크레인이 설치되어야 한다. 선박 대형화를 주도하고 있는 7천TEU급 이상 선박의 선폭 및 이에 따른 갑판 적재 열수는 <표 2-4>와 같다.

<표 2-4> 6천TEU급 이상 선박의 On-deck 적재 열수

선박규모(TEU)	선폭(m)	갑판 예상 열수(열)	비고
6,000 - 7,600	42.8	17	운항 중
8,000 - 9,100	45.3-45.6	18	운항 중
12,000	50.0	19	Suez-Max
12,000	57.0	22-23	기술적 설계완료
1만 5천	69.0	28	American Shipper

자료 : 삼성중공업 내부자료, 2001. 8.

1999년 말 현재 운영 중인 컨테이너 크레인의 최대 아웃리치는 오만의 샤라라(Shalalah)항의 60m이고, 2000년 3월을 기준으로 하여 세계 주요 터미널에서 발주한 아웃리치 60m이상인 컨테이너 크레인의 제원은 <표 2-5>와 같다.

<표 2-5> 세계 주요 터미널의 대형 컨테이너 크레인 설치 현황⁹⁾

터미널(국가)	아웃리치(m)	예상 열수	제작사
Dakland(USA)	60	23-24열	ZPMC(China)
Xiamen(China)	62	24-25열	ZPMC(China)
North Sea Terminal(Canada)	62	24-25열	ZPMC(China)
Salalah port(Oman)	63.5	25-26열	ZPMC(China)
Yokohama(Japan)	65	25-26열	IHI(Japan)
ECT Rotterdam	66	25-26열	Noell(German)

주 : ZPMC : Zenhua Port Machinery Corp.

IHI : Ishikawajima Harima Heavy Industries(石川島播磨重工業株式會社).

ECT : Europe Combined Terminal.

위 표에서 예상 열수는 각각의 크레인 아웃리치를 기준으로 수용 가능한 열수를 나타낸 것으로서 열당 2.55m¹⁰⁾를 적용하였다. 이와 같은 컨테이너 크레인 아웃리치 증가와 더불어 나타난 컨테이너 크레인 제작 기술상의 변화는 듀얼 호이스트 세컨드 트롤리(Dual Hoist Second Trolley, 이하 DHST)시스템을 채택하여 양적하 생산성을 높이고 있다. DHST 시스템은 트롤리를 해측 트롤리와 육측 트롤리로 구분, 각 트롤리의 이동을 독립적으로 제어하여 각 트롤리의 이동을 동기화함으로써 양적하 생산성을 높이고 있다.

(2) 항로상의 대형선 통항 조건

세계 주요 항로는 파나마 운하, 수에즈 운하 및 말라카 해협을 통과하고 있기 때문에, 항로상의 운하 폭 및 수심 조건에 따라서 선형별로 운항여부가 결정된다.

9) Cargo Systems, 2001. 3.

10) 열당 기준 2.55m는 아웃리치 길이와 펜더 폭, 안벽에서의 서비스 도로 폭 등에 따라 달라지는데, 주요 터미널에서 실제 운영되고 있는 실적치를 평균한 것임.

각 운하별로 컨테이너선 통과 조건에 따라 파나마스급, 포스트파나마스급, 수에즈막스급, 말라카막스급으로 분류하고 있다.

파나마스급은 2,500~4,400TEU로서 선폭, 흘수, 선장이 각각 32m, 13m, 294m이다. 그러나 파나마 운하 당국은 기존의 포스트파나마스 선박과 다음 세대의 1만 2천TEU급 초대형 컨테이너선의 통항이 가능하도록 제3갑문 건설을 추진할 계획에 있다. 제3갑문 건설 여부는 2002년 말까지 결정될 예정이며, 2002년부터 2010년 사이에 40억달러 이상을 조달하는 것이 가장 큰 난점으로 제기되고 있다.

수에즈막스급은 1만 2천TEU급으로서 선폭, 흘수, 선장이 각각 50m, 17m, 400m이다. 수에즈 운하는 단계적으로 수심과 수로 폭을 확대하는 장기운하개량 사업을 추진하고 있으며, 그 결과 2010년에는 최대 35만톤급 VLCC 유조선의 통과가 가능할 전망이다. 2001년 7월 말 제1단계 개량사업 완공으로 운하수심을 기존 14m에서 21m로 확장한 수에즈 운하 당국은 2001년 9월 이후 최대 21만톤의 대형선까지 통과시키고 있다.¹¹⁾ 그리고 말라카막스급은 1만 8천TEU급으로서 선폭, 흘수, 선장이 각각 60m, 21m, 400m이다. 따라서 대형선이 건조된 후 투입될 항로에 따라 선박별 제원기준은 달라져야 한다.

<표 2-6>

선형별 구분

구 분	Panamax	Suezmax	Malaccamax
적재능력(TEU)	3,000	12,000	18,000
선박길이(m)	294	400	400
선박 폭(m)	32	50	60
흘수(m)	13.5	17.04	21

자료 : *Container Shipping Network Economy*, Malaca-max(2), 2000.

(3) 선적량 확보를 위한 선사 간 과당경쟁 심화

선박 대형화는 또한 특정 기항지에서 집하능력 확보를 위한 해운사 간 경쟁을 유발한다. 대형선 기항지에서 충분한 화물량이 확보되지 않으면 그만큼 선적률이 저하되어 대형화에 따른 기대 이익이 상쇄된다. 세계 정기선 해운시장은 미국에서 시작된 세계 경제성장 둔화로 그 동안 잠재되어 있는 선복과잉 현상이 표면화됨에

11) 최중희, 「지구촌해운물류」, 제95호, 2001. 8. 20, p.10.

따라 선박 감축 필요성이 본격적으로 대두되고 있다.

컴페어데이터(ComPairData)사는 태평양 항로의 컨테이너 선박량이 지속적으로 증가하여 공급 초과현상을 나타낼 것으로 전망하고 있다. World Liner Supply 자료에 의하면 태평양 항로의 컨테이너물동량 감소에도 불구하고 2000년 7월 이후 컨테이너 선박량은 9%나 증가하여 공급 초과현상을 나타낼 것으로 전망하고 있다.¹²⁾ 태평양항로의 주간 총선박량은 2000년 7월 18만 9천TEU에서 2001년 7월 20만 5천TEU로 증가하였는데, 이러한 선박량 증가율은 컨테이너 물동량 증가율을 훨씬 상회하고 있다. 또한 일본해사산업연구소가 발표한 ‘정기항로를 둘러싼 환경변화와 선사경영의 대응’ 조사 보고서에 따르면 선사들은 2002년에 태평양과 유럽항로에서 선박 과잉이 발생할 것으로 예상하고 있다. 또한 함부르크 소재 Laeizt사의 회장이자 함부르크 선주협회 회장이기도 한 Nikolaus Schues씨는 1만 2천TEU급 또는 1만 8천TEU급 선박 초대형선이 경제적이라고 할지라도, 기항지에서의 화물을 충분히 확보할 수 있는가가 문제라고 지적하였다.¹³⁾

<표 2-7>

주요 글로벌 제휴그룹 및 해운사별 전략적 제휴 현황

구 분	실시시기	항로	제휴형태
CSCL/ZIM	2000. 2	아시아/북미서안	선박교환
CSCL/CMA-CGS/P&ON	2000. 4	아시아/북미서안	공동운항
CSCL/OOCL/ZIM	2000. 5	아시아/호주	공동운항
COSCO/ZIM	2000. 5	지중해/북미동안	선박교환
COSCO/ZIM	2000. 8	아시아/지중해	선박교환
COSCO/MOL/NYK/P&ON	2001. 2	아시아/뉴질랜드	선박교환
COSCO/Evergreen/K-Line/MISC	2001. 3	인도/구주	공동운항
COSCO/Evergreen	2001. 4	동남아/홍해	공동운항
DNA/K-Line/PIL/SCI	2001. 6	극동/남아시아	공동운항
Evergreen/TNWA	2001. 5	아시아/북미	선박교환
Maersk-Sealand/TNWA	2000. 7	북미동안/구주	공동운항
CP Ships/TGA	2000. 7	북미동안/구주	공동운항
Hapag-Lloyd/P&ON/ZIM	2001. 2	지중해/북미동안	공동운항
K-Line/한진해운	2001. 3	아시아/구주	선박교환

자료 : 강종희 외, 「2002년 KMI 세계해운전망」, 한국해양수산개발원, 2001. 12.

12) 백종실, 「지구촌 해운 물류」 제92호, 2001. 7. 30, p.9.

13) 해사산업연구소, 「정기항로를 둘러싼 환경변화와 선사경영의 대응」, No.422, 2001. 8, pp.26-36.

이와 같은 선박량 증가와 더불어 대형선 기항이 일반화되면 특정 터미널에서의 선적량 확보를 위한 과당 경쟁을 피하기 위해 해운사 간 전략적 제휴 필요성이 제기된다. 이와 같은 전략적 제휴 필요성에 따라, 1995년 2월 프랑스의 CGM사, 말레이시아의 MISC사, Nedlloyd사, APL, 일본의 MOL사의 글로벌망 구축 등 해운사 간 글로벌 제휴(global alliance)가 시작되어, Maersk/Sealand처럼 해운사 간 기업 합병(M&A)에 까지 이르고 있다. 이와 같은 해운사 간의 전략적 제휴는 각 해운사의 이해관계에 따라 2년 또는 3년 단위로 제휴내용을 변경하고 있는데, 2000~2001년을 기준으로 <표 2-7>과 같이 각 해운사별로 기항지에서 선적량 교환 및 항로별 공동운항 등의 전략적 제휴를 실시하고 있다. 이와 같은 전략적 제휴는 선박 대형화로 인한 특정 기항지에서의 화물 확보를 위해 해운사 간 과당 경쟁을 피하고, 각 해운사가 비교 우위에 있는 지역을 분담하여 영업망을 구축함으로써 선박 대형화에 따라 제기될 수 있는 선적률 저하를 피할 수 있다.

계속적인 컨테이너선 대형화가 진행된 후 일정 시점이 지나면 대형선의 기항이 일반화되어 특정 기항지에서의 선박량 확보를 위한 선사 간 경쟁 심화는 결국 컨테이너선 대형화에 부정적 요인으로 작용하게 된다.

3. 대형화 추세 및 전망

1) 대형화 추세

컨테이너선박의 대형화는 1960년대의 1세대 컨테이너선박을 시작으로 하여 파나막스급, 포스트파나막스급으로 발전하였으며, 1990년대 후반기부터는 슈퍼 포스트파나막스(Super Post Panamax)급으로 급속히 대형화하고 있는 추세이다. 1972년경에 3천TEU급 컨테이너선박이 시장에 출현하여, 1984년부터 4천TEU급, 1995년부터 5천TEU급 컨테이너선박이 출현하였으며, 1996년부터 6천TEU급이 출현하였다.

Container Age(1999.12)에 의하면 1999년 컨테이너선박 총 척수는 3,708척으로 이중 4천TEU급 이상 선박이 211척(5.7%)이며, 이는 1998년 1월에 비하여 58척 증가한 것이고, 2001년에는 총 척수가 3,840척으로 1999년에 비해 132척 증가(3.6% 증가)하고, 이 중 4천TEU급 선박은 50척 증가(23.7% 증가)한 것으로 집계되었

<표 2-8>

컨테이너선의 세대별 발전 현황

구 분	I 세대	II 세대	III 세대	IV 세대	V 세대	VI 세대	VII 세대	VIII 세대
발전방향		대형/고속화	에너지절약화	거대화		초거대화		
명 칭	피더형	헨디형	준파나막스	파나막스	포스트 파나막스	슈퍼포스트파나막스		울트라 막스
시 기	60년대 후반	70년대	70년대 말	80년대 후반	90년대 전반	90년대 후반	90년대 말	21세기 초
선형(TEU)	700 ~ 1,500	1,800 ~ 2,300	2,000 ~ 2,500	2,500 ~ 4,400	4,300 ~ 5,400	6,000 ~ 6,670	7,000 ~ 8,700	10,000 ~ 13,000
건조선사	NYK	MOL	Safmarine	Hapag-Lloyd	APL	Maersk	Maersk	-
건조연도	1968년	1973년	1979년	1991년	1988년	1996년	1997년	(2005년)
선명	Hakonemaru (箱根丸)	뉴저지호	S.A. Waterpark	Levenkussen E.	P. Truman	Regina M.	Souverin M.	-
적재능력 (TEU)	752	1,887	2,464	4,626	4,340	6,418	6,600	(13,000)
선장-Lpp(m)	187.0	263.3	247.4	281.6	260.8	302.3	331.5	(365.0)
선장-Loa (m)	200.0	280.0	258.5	294.0	275.2	318.2	247.0	(380.0)
선폭(m)	26.0	32.2	32.2	32.25	39.4	42.8	42.8	(55.0)
선창깊이 (m)	15.5	19.6	24.1	21.4	23.6	24.1	24.1	(30.0)
최대흘수 (m)	10.5	11.5	13.2	13.5	12.5	14.0	14.5	(15.0)
톤(GT)	16,240	37,799	52,615	53,800	50,206	81,488	91,560	(150,000)
선창내 (단)	6	7 ~ 9	8	8	8	9	9	(10)
갑판(단)	2	2 ~ 3	3	5	4	6	6	(7)
선창횡적수 (개)	7	9	10	11	12	14	14	(18)
갑판횡적수 (개)	9	12	13	13	16	17	17	(22)
주기관 (마력)	27,800	69,600	34,840	49,640	59,960	74,640	74,555	(140,000)
항해속도 (노트)	22.6	26.0	19.5	24.5	24.2	25.0	26.4	-
추진축수 (개)	1	1	1	1	1	1	1	(2)

주 : ()안의 수치는 예상치임

자료 : 해외해사정보(일본).

다.¹⁴⁾ 이와 같은 결과로 전체 컨테이너선박 중 4천TEU급 이상 선박의 증가율이 중소형 선박에 비하여 상대적으로 높음을 알 수 있으며, 대형선박의 발주는 계속 되고 있는바, 장래의 대형선박 비율은 더 높아질 것으로 추정된다.

또한 규모의 경제를 추구하기 위한 해운사들의 선형별 발주 추세를 살펴보면, 1989년 한해 동안 건조된 컨테이너선은 124척이었는데, 1990년 이후 계속 증가하여 1995년 345척으로 급격히 증가하다가 1997년에는 166척으로 감소하였다. 그러나 이러한 선박 건조 척수의 증가와 더불어 나타난 특징은 1998년도 이후부터 4천TEU급 이상 선박의 건조비율 증가이다(<표 2-9> 참조). 1997년에 건조된 159척 중 4천TEU급 이상 선박의 비율은 10%이나, 1998년 27%, 1999년 50%로 급격히 증가하였다.

<표 2-9> 선형별 건조 실적

단위 : 척

구분	1994	1995	1996	1997	1998	1999
999 미만	70	93	98	69	49	27
1,000 -1,999	83	128	90	44	45	20
2,000 -2,999	48	83	82	30	35	14
4,000 이상	41	41	22	16	49	33
계	242	345	292	159	178	65
평균선형(TEU)	1,949	1,886	1,749	1,892	2,746	3,437

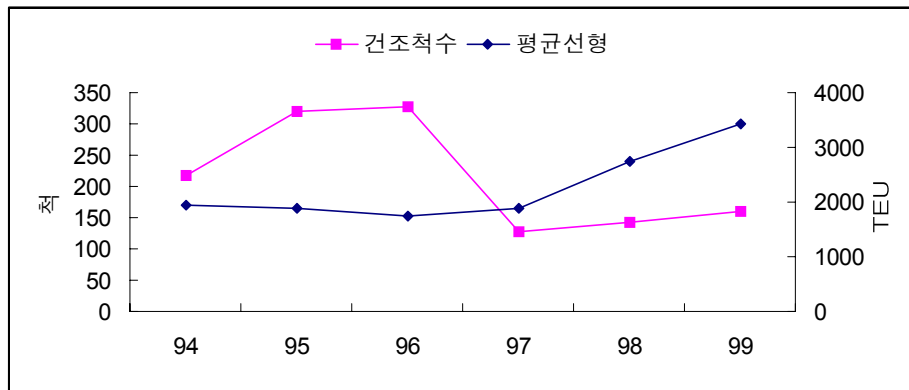
자료 : *Shipping Statistics and Market Review*, No.1, 1999, Jan./Feb, pp.68-69.

<그림 2-6>은 1994년부터 1999년까지 건조된 컨테이너선을 기준으로 총 건조 척수와 총 선박규모에 의한 평균 선형의 변화를 보여 주고 있다. 1996년까지 발주된 선박의 평균 선형규모는 2천TEU였으나 1998년은 약 2,800TEU로 40% 증가하였으며, 1999년에는 3,500TEU로 평균 선형에 있어서 1997년 대비 75%의 급격한 증가를 나타내고 있다.

또한 2004년까지 인도 예정인 총 323척 중 5천TEU급 미만 선박이 184척(57% 차지), 5천TEU급 이상 선박이 72척(43%)을 나타내고 있다. 특히 5천TEU급 이상 72척 중 5천~6천TEU 24척, 6천~7천TEU 31척, 7천TEU급이 8척을 차지하고 있으며, 1만TEU급 선박도 2002년에 인도될 예정이다.

14) Container Age-Sha, *Container Age*, No.389, 1999. 12.

<그림 2-6> 평균선형 비교에 의한 대형화 추세(1994~1999)



<표 2-10> 세계 주요 선사의 컨테이너선 발주 현황(2002. 6)

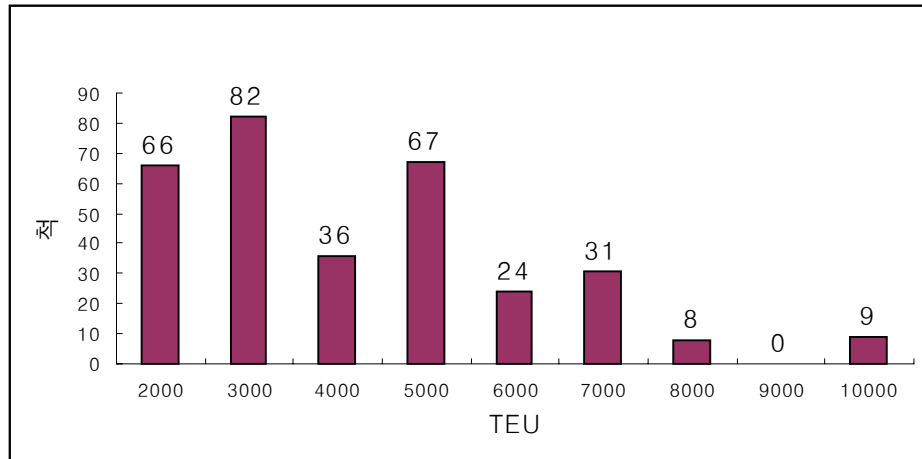
TEU규모	발주(척)	비율(%)	조선소	선사	인도예정일
1,000-2,000	66	20	-	-	-
2,000-3,000	82	26	-	-	-
3,000-4,000	36	11	-	-	-
4,000-5,000	67	21	-	-	-
5,000-6,000	24	7	Hyundai, Samsung 등	Hyundai, China Shipping 등	2003 2004
6,000-7,000	31	10	Daewoo, Hyundai Samsung, IHI 등	NYK, MSC 등	2002 2004
7,200	2	2	Hyundai	Hapag-Lloyd AG	2003
7,700	6		Samsung	OOCL	2004
8,000-9,000	0	0	-	-	-
10,000	3	3	Odense Steel Shipyard	Moller, AP	2002
10,150	6		Odense Steel Shipyard	Moller, AP	2004
계	323	100	-	-	-

주 : 인도 예정일은 해운 사정에 따라 지연되기도 함.

자료 : Fairplay Solution, ISSUE NO.69, 2002. 6.

이와 같은 컨테이너선 대형화 과정에서 나타난 특징은 7천TEU이후 8천~9천 TEU급 선박을 건조하지 않고 곧바로 1만TEU급 선박을 건조하고 있다는 점이다.

<그림 2-7> 세계 주요 선사의 컨테이너선 발주 현황(2002. 6)



이와 같은 컨테이너선의 발주 추세에 비추어, 국내 4개 조선소에서 5천TEU급 이상 선박의 건조를 주도하고 있다. 1997년 이후 삼성중공업이 4천TEU급 4척을 인도하였으며, 현대중공업, 삼성중공업, 한진중공업이 5천TEU급을 각각 22척, 19척, 12척 인도하였다. 또한 현대중공업, 대우중공업, 한진중공업, 삼성중공업이 6천TEU급을 각각 13척, 8척, 5척, 3척 인도하였다.

<표 2-11> 국내 조선소에서 건조한 컨테이너선 현황

구 분	대 우	삼 성	현 대	한 진	계
4000TEU급	-	4	-	-	4
5000TEU급	-	19	22	12	53
6000TEU급	8	3	13	5	29
7000TEU급	-	-	2	-	2
계	8	26	37	17	88

주 : 국내 조선소에서 1997년 이후 2002년 5월 말 현재 건조한 선박.

자료 : 국내 조선소 내부자료.

특히 1997년부터 2002년 5월 말 현재까지 6천TEU급 29척을 포함하여 현재 운항 중인 선박 중 최대인 7,200TEU급 2척을 국내 4개 조선소에서 건조하였다는 사실은, 국내 조선업계가 대형 컨테이너선 건조를 주도하고 있음을 나타낸다.

2) 대형화에 대한 장기적 전망

(1) 시계열 자료에 의한 전망

컨테이너선의 과거 건조 실적과 전문가들의 장기적인 대형화 전망을 종합하여 향후 출현 예상되는 선형을 제시하고, 또한 대형화로 인해 제기되는 제약요인에 따라 대형화의 한계를 제시하였다. 먼저 1970년대 3천TEU급 선박이 출현한 이후 1980년대에 4천TEU급, 1990년대 5천TEU급이 출현하고, 2001년에는 6천TEU급 이상 선박이 발주되는 등 2000년대에 들어 대형화가 급격히 진행되고 있는데, 10년 이후 장기적인 측면에서 출현이 예상되는 컨테이너선의 최대 규모는 어느 정도인가에 대한 의문을 제기할 수 있다. 1968년부터 2001년까지 33년 동안 *Lloyd's List* 자료의 각 연도별 최대 선박건조 실적에 *World Shipyard Monitor*(Clarkson사)의 2004년 인도예정인 선박 자료를 포함시켜 단순 회귀분석한 결과는 다음과 같다.

$$Y = 411.687 + 16.948X \quad X: \text{기준 연도}$$

이와 같은 건조 연도를 기준으로 한 연도별 최대 선형의 시계열 분석 결과 2005년에는 약 8천TEU급, 2010년에는 약 9천TEU급의 출현이 예측되고, 2015년경에는 1만TEU급, 2020년경에는 1만 1천TEU급이 각각 출현될 것으로 나타났으나, 1만TEU급이 이미 발주되어 2002년에 인도되었다. 따라서 향후 컨테이너선의 대형화는 지금까지 진행되어 온 시계열 추세보다는 빨리 진행되리라 예상된다.

(2) 전문가 그룹의 장기적 전망

① Lloyd's와 OSC(Ocean Shipping Consultants)의 대형화 전망

영국에 있는 해운관련 전문회사인 OSC가 2000년 8월에 발간한 'North European Containerisation'보고서에 의하면 아시아-유럽항로에 2005년에 8,500TEU급 선박이 운항될 것이라고 전망하고 있으며, 2010년에는 12,500TEU급이 취항할

것으로 전망하고 있다. 또한 2008년까지 1만 2천TEU급 선박이 20~24척, 2012년까지는 54척이 출현할 것이라고 예측하고 있다.

Lloyd's사의 Tony Mason씨는 2001년 10월에 알헤시라스에서 개최된 세미나에서 2010년이 되면 1만~1만 2천TEU급이 기간항로에서 서비스 루트를 형성하게 될 것이라고 예상하였다.

② Hans Payer

독일 선급협회의 중역인 Hans Payer는 이미 1만 2천TEU급 초대형 컨테이너선의 설계작업이 이루어지고 있다고 밝히면서 앞으로 2년 이내에 1만 2천TEU급 선박의 발주 가능성을 배제하지 않고 있다.¹⁵⁾ 그러나 한편으로는 이와 같은 초대형선의 구체적 발주는 해운 경기가 악화되면 그 발주 시기가 지연될 수밖에 없음도 동시에 지적하고 있다. 물론 세계 각국의 컨테이너항만의 터미널 조건이 선박 시간당 하역 생산성 등으로 볼 때 대형선 입항을 위해 충분하지는 않지만, 각국의 주요 터미널은 이러한 선박 대형화 추세에 따라 항만 개발을 계속하여 왔음을 언급하였다.

③ ESCAP

ESCAP은 컨테이너물동량을 추정하면서 현재의 컨테이너선 선형 변화가 크지 않고 항차 수만 증가하는 경우와 1만~1만 2천TEU급 컨테이너선이 출현하여 소수의 거점 항만만을 기항할 경우의 두 가지 시나리오로 나누어 분석하였다. 컨테이너선의 선형 변화가 크지 않고 서비스 빈도만 증가할 경우 컨테이너 화물의 연간 증가율은 7%로서 2011년에는 2억 1,500만TEU로 예상하였으며, 1만~1만 2천TEU급 컨테이너선이 소수의 거점 항만만 기항할 경우 역내 환적물동량은 200만TEU로 증가할 것으로 예상하고 있어 대형화에 따른 환적물동량이 더욱 증가할 것으로 내다보고 있다.¹⁶⁾

④ 일본해사문제연구소

‘정기항로를 둘러싼 환경변화와 선사경영의 대응’ 조사 보고서에 따르면 조사에 응한 선사의 1/3은 적어도 2개 항로에서 8천TEU급 대형선이 일반화될 것으로 예상하고 있으나, 1개 사는 최대 선형이 1만 3천TEU급 이상이 될 것이라고 응답했다.

15) *Fairplay Daily News*, 2000.9. 29.

16) 백종실, 「지구촌 해운 물류」, 제92호, 2001. 7. 30, p.8.

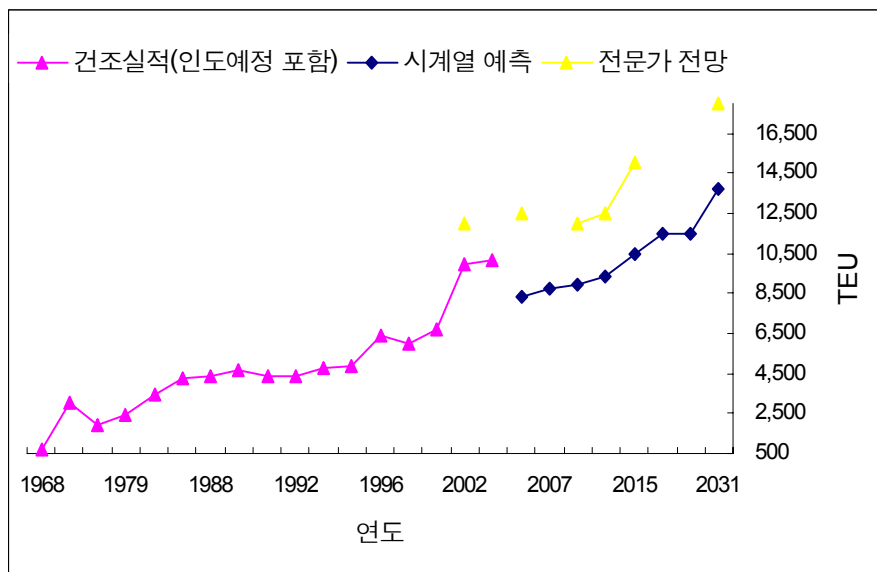
⑤ 기타 관련 기관의 대형화 전망

Drewry사는 향후 2005년에 9천~1만TEU급 포스트파나막스급이 일반화될 것으로 전망하고 있다.

이와 같이 해운관련 전문기관들의 대형화에 대한 장기적인 전망은 2005년경에는 1만 2천TEU급, 2015년경에는 1만 5천TEU급 그리고 2031년경에는 1만 8천TEU급의 출현을 예상하고 있다.¹⁷⁾

회귀분석에 의한 향후 대형화 예측 결과와 전문가 그룹이 출현 예상한 선박 규모를 상호 비교하면 <그림 2-8>과 같다.

<그림 2-8> 회귀분석과 전문가 그룹의 예측 비교



즉 전문가 그룹은 건조실적에 근거한 시계열 예측결과보다 대형화가 급격히 진행되리라 예상하고 있음을 알 수 있다.

⑥ 대형화에 따른 선박 제원 변화

이와 같은 TEU단위의 선박 대형화는 결국 흘수, 선장 및 선폭의 증가를 초래하

17) Drewry Shipping Consultants, *The Drewry Container Market Quarterly*, London, 2000. 5.

게 되는데, 항만의 입장에서는 선박 대형화를 고려한 수심 및 컨테이너 크레인의 아웃리치를 검토하여야 한다. 선박 대형화에 따른 선박 제원은 <표 2-12>와 같다.

<표 2-12>

선형별 제원 비교

선박규모(TEU)	선장(m)	흘수(m)	선폭(m)	열수	구 분
7,600	321	14.5	42.8	16.9	조선소 기술적 검토
8,000	300	14.5	45.6	18.1	
8,800	347	14.0	45.3	17.9	
9,100	330	14.5	45.6	18.1	
10,000	334	14.5	49.0	19.4	
12,000	350	14.8	57.0	22.7	삼성중공업&ABB
12,000	400	17.04	50.0	19.9	Suez-Max
15,000	400	14-15	69.0	27.6	American Shipper
15,000	400	15.0	66.0	26.4	G. De Monie
15,000	400	16.0	60.0	23.9	Rijnsbrij
18,000	400	20.0	70.0	28.0	Rijnsbrij

자료 : 국내 조선소 내부자료.

G. De Monie, "Re-evaluating the Economics of Transshipment", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2001.

Joan C. Rijnsbrij, "Impact of Tomorrow Ships on Landside Infrastructure", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2001.

위 표에서 선폭에 따른 Deck에서의 적재가능 예상 열수는 다음 식에 의하여 개략적으로 계산된 결과이다.

$$\text{예상 적재 열수} = \frac{\text{선폭}(m) - \text{양 끝 여유}(0.6) \times 2}{8\text{feet} \times 0.3048 + \text{컨테이너 여유간격}(0.02)}$$

1만 2천TEU급의 경우 흘수가 14.5m를 전후로 하여 분포하기 때문에 수심은 약 16m 전후가 되어야 하고, 선폭은 57m로서 약 23열까지 처리 가능한 컨테이너 크레인이 설치되어야 한다.

(3) 장기적인 터미널의 대형선 수용능력

시계열 분석 및 전문가 그룹의 장기적 대형화 전망과 함께 세계 주요 터미널의 대형선 수용 능력을 동시에 검토하여야 한다. 조선 전문가의 견해에 따르면 기술적으로 컨테이너선의 대형화는 계속적으로 가능하다고 한다. 그러나 세계 주요 터미널의 수심은 향후 준설 후 확보 가능한 수심을 포함하여 16m 이내기 때문에 만재 흘수가 14.5m 이상인 대형선의 입항은 불가능하다. 그리고 현재 운영 중인 컨테이너 크레인의 최대 아웃리치는 60m이나 일본의 요코하마나 ECT(2004년 인도 예정)는 아웃리치가 66m인 컨테이너 크레인을 발주 중에 있다. 또한 아웃리치 길이가 주어졌을 때 수용 가능한 최대 선폭은 삼성중공업 등 조선사에서 적용하고 있는 해측 레일에서 펜더까지의 거리 및 작업 여유 등을 고려하여 계산 가능하다. 이와 같은 방법에 의하여 아웃리치가 66m인 컨테이너 크레인이 수용할 수 있는 최대 선폭은 약 60m까지 가능하다.

아웃리치 66m를 기준으로 한 선폭 산정

$$\text{선폭} = \text{크레인 아웃리치} - [\text{해측 레일부터 펜더까지 거리} + \text{작업여유} - \text{컨테이너 폭}] = 66\text{m} - [5.0\text{m} + 2.4\text{m} - 1.2\text{m}] = 59.8\text{m}$$

그리고 아웃리치를 기준으로 하여 아웃리치 길이 66m인 컨테이너 크레인이 수용 가능한 Deck 위에서의 컨테이너 장치 가능 열수는 약 25열(열당 2.55m 적용)이 된다. 따라서 건설계획 및 준설계획을 고려하여 향후 세계 주요 터미널의 대형선 수용 능력은 수심 16m, 크레인 아웃리치 66m 이내에서 가능하다고 할 수 있다.

(4) 장기적인 대형화 전망

따라서 시계열 자료에 의한 대형화 전망과 전문가 그룹의 대형선 출현 전망, 세계 주요 터미널의 대형선 수용 능력 및 관련 비용을 고려한 대형선 건조 능력을 검토해 볼 때 향후 출현 가능한 컨테이너선의 제원은 다음과 같이 예상할 수 있다.

첫째, 건조 기술적으로 가능하고 비용 측면에서 경제성이 검증된 선박

- 흘수 14.8m, 선폭 50m, 선장 350m의 1만 2천TEU급 선박

둘째, 항만 건설계획을 고려한 세계 주요 터미널의 수용 능력에 따른 제원

- 흘수 15m, 선폭 60m, 선장 343m(흘수의 약 23.65배 고려) 선박

이와 같은 컨테이너선 대형화에 대한 긍정적 견해와 부정적 견해, 선박 건조기술 및 향후 세계 주요 터미널의 개발계획을 종합하면 흘수 14.5~15m, 선폭 50~60m, 선장 343~350m인 1만 2천TEU급 선박이 궁극적으로는 출현되리라 예상된다. 그러나 1만 2천TEU급의 출현 시기에 있어서는 시계열 예측에서는 2020년 전후, 전문가들은 2005년을 전후로 예상하고 있어 차이를 보이고 있다. 따라서 향후 해운 경기에 따른 선사들의 대형화 추구 정도에 따라 1만 2천TEU 선박의 출현시기가 달라지리라 예상되지만, 지금까지 진행되어 온 대형화 추세보다 급격히 진행되리라 예상되어 대략 2010년을 전후하여 1만 2천TEU급이 주요 기간항로에 출현하리라 전망된다.

4. 1만 5천TEU급 초대형 컨테이너선의 출현 전망

초대형 컨테이너선에 대한 정의는 상대적인 의미로서 발표자료마다 초대형선의 의미를 각각 다르게 부여하여 사용하고 있다. Leading Industry Analyst사는 2002년을 기준으로 세계 컨테이너선의 운송능력이 600만TEU에 이를 것으로 전망하면서 7천~8천TEU급 선박을 초대형 컨테이너선(Super Container Ship)으로 언급하고 있다. 또한 일본의 K-line사는 2001년 7월 30일 JEX(Japan Europe Express 항로)에 5,500TEU급의 Golden Gate Bridge호를 투입하면서 이를 포스트파나막스급 초대형선으로 언급하고 있다.¹⁸⁾ 따라서 초대형선은 상대적인 의미로 사용될 수밖에 없다. 즉 4천~5천TEU급에 비해서 7천~8천TEU급은 대형선이라고 할 수 있으며, 또한 1만 2천TEU급은 7천~8천TEU급에 비해 초대형선이라고 할 수 있다. 그러나 보고서에서는 아직 운항되고 있지는 않지만 추후 출현이 예상된 1만 2천TEU급과 그 가능성이 검토되고 있는 1만 5천TEU급 등을 초대형선이라고 기술한다.

일본 전문가들은 1만 2천TEU급 초대형선 이후 그 이상의 초대형선의 출현을 예상하고 있다. 일본해사문제연구소의 ‘정기항로를 둘러싼 환경변화와 선사경영의 대응’ 조사 보고서에 따르면 조사에 응한 회사 중 1개 사는 최대 선형이 1만 3천TEU급 이상이 될 것이라고 응답했다.

한편 Delft 공대 교수인 Rijssenbrij는 ‘TOC(The Terminal Operations Conference & Exhibition)2001’에서 향후 15~30년 이내에 흘수 14~16m 인 1만 5천TEU, 흘수

18) 최중희, 「지구촌 해운 물류」, 제92호, 2001. 7. 30, p.10.

20m인 1만 8천TEU급 선박의 출현을 예상하였다.¹⁹⁾ 또한 1999년 영국 Napier 대학의 Alfred, J. Baird 교수가 세계 상위권 30개사를 대상으로 설문조사를 실시하였는데, 응답자의 54%가 2020년까지 1만TEU급 이상 선박의 출현을 예상하고 있으며, 이 중 특히 상위권 10개 선사 중에서는 2015년 이후 1만 4천TEU급의 출현을 예상하는 선사도 있다.²⁰⁾

함부르크 소재 Laeizt사의 회장이자 함부르크 선주협회 회장이기도 한 Nikolaus Schues는 Hapag-Lloyd사가 1만 2천TEU급 또는 1만 8천TEU급 선박을 검토하고 있다고 소개하였다. 그러나 이와 같은 초대형선이 건조될 것인지, 그리고 실제로 그와 같은 초대형선이 필요한지에 대해서는 아무도 장담할 수 없다고 주장하였다. 또한 Nikolaus Schues는 그와 같은 초대형선이 경제적이라고 할지라도, 기항지에서 화물을 충분히 확보할 수 있는 것이 문제라고 지적하였다.

이와 같이 1만 5천TEU급 이상의 대형선 출현 시기는 Rijsenbrij가 예상한 2015년 이후에 이에 대한 본격적인 논의가 전개되리라 전망된다. 따라서 앞으로의 대형화는 지금까지 진행되어 온 것보다 급격히 진행되리라 예상되지만, 1만 5천TEU의 구체적인 출현 시기에 있어서는 해운 경기, 하역시스템의 변화 등에 따라 달라질 수도 있다. 한편 관련 자료에서 발표되고 있는 1만 5천TEU급 선박에 대한 개략적인 제원은 <표 2-13>과 같다.

<표 2-13> 1만 5천TEU 이상 선박의 제원

구분	선장(m)	흘수(m)	선폭(m)	열수(열)	규모(TEU)
American Shipper*	400.0	14.0-15.0	69.0	28	15,000
G. De Monie**	400.0	15.0	66.0	26-27	15,000
Rijsenbrij***	400.0	16.0	60.0	23-24	15,000
Rijsenbrij***	400.0	20.0	70.0	27-28	18,000
Malacca-Max	400	21	66	26-27	18,154

주 : * : American Shipper, 1996. 7, p.54.

** : ITMMA, Terminal Management, 1985.

*** : Joan C. Rijsenbrij, "Impact of Tomorrow Ships on Landside Infrastructure", The Terminal Operations Conference & Exhibition, 2001.

자료 : 국내 조선소 내부자료.

19) Joan C. Rijsenbrij, "Impact of Tomorrow Ships on Landside Infrastructure", The Terminal Operations Conference & Exhibition, 2001.

20) Alfred J. Baird, "Container Vessels in the New Millennium : Implications for Seaports", Proceedings of the IAME Conference Liner Shipping, 1999, pp.141-173.

그러나 1만 5천TEU급 초대형선이 출현하기 위해서는 다음과 같은 조건이 충족되어야 한다.

첫째, 기항지에서의 충분한 물량이 확보되어야 한다.

선사들이 대형화를 추구하는 기본 전제는 규모의 경제에 따른 단위 물류비용의 절감이다. 1만 5천TEU급이 기항하는 터미널에서 충분한 선적량을 확보하지 못하면 규모의 경제가 상실될 수 있기 때문에, 컨테이너의 절대 물량이 증가하여야 한다.

둘째, 대형선이 기항할 수 있는 주부두와 피더 부두로의 역할 분담이 이루어져야 한다.

초대형선이 출현한다고 해서 항로상에 위치하는 모든 터미널을 기항할 필요는 없다. 물론 첫째에서 지적한 것처럼 터미널에서의 절대 O/D 물량이 충분하면 초대형선의 기항을 적극적으로 검토하여야 한다. 따라서 초대형선이 출현하게 됨으로써 항로 조정이 이루어지고 항로별 선단을 구성하는 선형 구성도 달라진다. 초대형선은 주항로상의 주부두를 기항하고, 피더부두는 주부두로부터의 환적화물을 담당하게 된다. 결국 초대형선이 기항할 수 있는 주부두와 피더부두 사이의 환적 물량이 증가하는 결과를 초래한다.

셋째, 터미널은 초대형선이 기항할 수 있는 물리적 조건을 갖추어야 한다.

터미널은 흘수 15~16m 이상인 초대형선을 수용할 수 있는 수심을 확보하여야 하고, 또한 선폭 60~69m 이상인 초대형선의 양적하 작업을 수행할 수 있는 컨테이너 크레인이 설치되어야 한다.

넷째, 재항시간 단축을 위한 새로운 개념의 항만 하역시스템이 개발되어야 한다.

초대형선의 작업량이 증가함에 따라 주부두에서의 재항시간도 증가하게 된다. 그러나 적정 수준 이상의 재항시간 증가는 초대형선의 회전율을 저하시킨다. 따라서 초대형선의 재항시간을 적정 수준으로 유지하기 위해서는 안벽에서의 양적하 생산성 향상뿐만 아니라 야드에서의 작업 생산성, 게이트 반출입시간 단축 등이 이루어져야 한다.

제3장 초대형 컨테이너선 출현시 예상되는 변화와 요구사항

1. 해운선사에 미치는 영향

1) 선박가격의 상승

투입선박이 대형화되면 선주의 선박 투자비가 늘어나게 된다. 최근 미주항로나 구주항로에서 5천TEU급 이상 선형의 대형선박이 3천TEU 내외의 선박을 대체하고 있다. 구주항로의 주간 정요일서비스의 경우 일반적으로 8척을 1선단으로 구성하여 56일을 1항해 회항기간으로 서비스하고 있다. 이 경우 기존의 3천TEU급 선박을 운영할 경우 모두 자사선으로 구성한다면 선박 투자비는 선박당 선가가 3,300만달러이므로 총 2억 6,400만달러, 즉 3,430억원이 소요된다. 이에 비해 5,500TEU급 선박으로 대체한다면 선박 투자비는 선박당 선가가 5,775만달러로 총 4억 6,200만달러, 즉 6천억원이 소요된다. 따라서 2,578억원의 선박 투자비가 추가적으로 발생한다. 한 항로에서 경쟁력을 유지하기 위해서는 적어도 3, 4개 항로를 유지해야 하므로 대리점 운영, 선석투자 등의 부대비용을 제외하더라도 3천TEU 선형에서 5,500TEU 선형으로 대형화함에 따라 추가 부담해야 할 선주의 선박 투자비는 약 7,500억원에서 1조원 규모가 된다.

초대형 컨테이너선이 투입될 경우 선박 투자비는 더욱 증가하게 된다. 현재까지 8천TEU급 이상 컨테이너선의 건조가격에 대한 자료가 없기 때문에 여기서는 우리나라 조선소의 의견을 통합해 선형별 TEU당 건조비로 초대형선의 선가를 추정하였다. 4,500~5,500TEU급 선박의 경우 TEU당 건조가격은 약 미화 1만달러에서 11,000달러 사이가 되며, 7천~9천TEU급 선박의 경우는 TEU당 건조가격이 낮아져 9천달러에서 1만달러로 추정하였다. 그리고 1만 2천TEU이상 선박은 TEU당 8,500달러로 선가를 추정하였다. 이에 따라 8천TEU 컨테이너선은 7,600만달러, 1만 2천TEU 선박은 1억 200만달러, 그리고 1만 5천TEU 선박은 1억 2,750만달러 규모로 추정되었다.

<표 3-1>

초대형 컨테이너선의 건조가격 추정

단위 : 만달러

구 분	TEU당 건조가격(달러)	건조선가
2,500TEU	12,000	3,000 ¹⁾
5,500TEU	10,500	5,775 ²⁾
8,000TEU	9,000~10,000	7,600 ²⁾
12,000TEU	8,000~9,000	10,200 ²⁾
15,000TEU	8,000~9,000	12,750 ²⁾

주 : 1) Clarkson Research Studies, *Container Intelligence*, 2002. 6.

2) 국내 조선소 자료.

초대형 컨테이너선의 추정가격으로 본 8척 구주항로 선단 구성에 필요한 선박 투자액은 5,500TEU 선대에 비해 1만 2천TEU 선대의 경우 약 4,600억원이 더 소요되며, 3개 항로만 운영하여도 약 1조 4천억원이 추가로 투자되어야 한다. 만약 선주가 선박의 대형화에도 불구하고 총 선박 투자비를 동일하게 유지하고자 한다면 5,500TEU 8척 선단을 1만 2천TEU 5척 선단으로 축소해야 할 것이다.

2) 운항 스케줄의 변화 불가피

선박의 기항지 수는 항로의 길이와 투입 선박 수에 의해 결정된다. 아시아/북미 항로의 경우 일반적으로 35일을 주기로 주간 정요일서비스하며, 5척을 투입하는 것이 전형적이다. 한진해운의 남중국/북미서안 직항서비스(PSX : Pacific - South China Express) 항로의 경우 기항지는 다음과 같다. 괄호 내는 입출항 요일이다.

안티엔(일/월)-홍콩(월/월)-카오슝(화/수)-부산(금/토)-롱비치(화/목)-오클랜드(금/금)-부산(화/수)-카오슝(토/일)-안티엔(일/월)

한진해운은 동 항로에 5,500TEU급 5척을 투입하고 있다. 이 경우 북미 수출 선적항은 안티엔, 홍콩, 카오슝, 부산 등 4개 항이며, 북미 수출 양하항은 롱비치, 오클랜드 2개항이다.

한편 아시아/구주 항로의 경우 일반적으로 8척 선박을 투입하는 주간 정요일서

비스를 56일 주기로 하고 있다. 현대상선의 아시아/유럽 직항서비스(AEX : Asia-Europe Express) 항로의 경우 기항지는 다음과 같다.

광양항(토/일)-부산(일/월)-하카다(월/화)-카오슝(수/목)-카오슝(APL, 목/목)-홍콩(금/금)-싱가포르(월/화)-르아브르(수/목)-로테르담(목/금)-함부르크(토/월)-사우스햄턴(화/수)-콜롬보(수/수)-싱가포르(토/일)-홍콩(수/수)-카오슝(목/목)-광양(토/일)

구주 수출 선적항은 광양, 부산, 하카다, 카오슝, 홍콩, 싱가포르 등 6개항이며, 구주 수출 양하항은 르아브르, 로테르담, 함부르크, 사우스햄턴 등 4개항이다. 현대상선은 동 항로에 5,050TEU 선박 8척을 투입하고 있다.

선박이 초대형화될수록 선가가 상승하기 때문에 해운선사들은 가능한 한 선단 구성선박 척수를 단 1척이라도 줄이려고 노력하고 있다. 아시아/북미항로의 경우 2,500TEU급 선박이 주력기종일 때 6척 42일 주기의 정요일서비스를 해왔으나 4천~5천TEU급으로 대형화되면서 5척 35일 주기의 서비스로 바뀌었고, 최근에는 4척으로 운항되는 28일 주기의 서비스도 출현하였다. 구주항로의 경우도 1996년 이전에는 한 선단이 9척으로 구성되어 총 63일을 주기로 정요일서비스하였으나, 최근에 와서는 8척, 56일의 주기 서비스가 보편화되었다.

선박 한척이 선단에서 감소하게 되면 운항일수를 1주일 단축해야 할 필요성이 생기며, 이를 위해서는 항로 도중에 있는 기항지의 경우 4~5개 항만을, 그리고 항로의 양끝단에 있는 항만의 경우 2~3개 항만을 기항지에서 제외시켜야 한다.

1만 2천TEU나 1만 5천TEU로 선박이 초대형화되면 선주의 입장에서선 고선가에 따라 투입선박 수를 감소시키려 할 것이며, 이에 따라 운항 스케줄 또한 단축되어 많은 기항지를 제외시켜야 할 것이다.

3) 선박당 양적하 컨테이너 화물량 증가

초대형 컨테이너선이 취항하기 위해서는 대량의 화물이 확보되어야 한다. 운항 원가와 건조원가에서 규모의 경제효과를 나타내기 위해서는 초대형선의 수송능력에 맞는 대량의 화물이 필요할 것이다.

일반적으로 정요일서비스를 하는 선박들의 입항 항만당 양·적하 취급물동량은 입항 항만 수에 의해 결정된다. 예를 들어 북미항로의 경우 대규모 전략적 제휴(Strategic Alliance)선사의 선박 선형은 3천~5,500TEU로 평균 4,500TEU이다. 5,500TEU의

경우 만재시 한 선박의 양·적하 총 물동량은 1만 1천TEU가 된다. 보통은 선적지 3개항, 양하지 3개항으로 구성되는 것이 일반적이다. 양·적하 화물의 균형이 맞지 않는 경우 기항지 수를 9개까지도 다소 신축적으로 조정할 수 있다. 기항지 수가 6개인 경우 만재 운항시 입항 항만당 약 1,800TEU의 화물을 양·적하하게 된다. 그러나 실재는 운항선박의 슬롯이 만재되지 않기 때문에 입항 항만당 평균 1,200~1,300TEU 정도를 양·적하하고 있다.

초대형선이 취항하게 되면 앞서 언급한 대로 현재의 운항스케줄과 입항 항만의 구조는 바뀌게 될 가능성이 크다. 즉 현재 북미항로의 6개 입항항만과 기타 항로의 10여개 입항 항만 수가 축소될 가능성도 있는 것이다 이렇게 되면 1만 2천TEU 취항을 가정할 경우 양적하 취급물동량은 2만 4천TEU가 되며, 북미항로의 경우 한 항만당 6천~8천TEU씩, 그리고 구주항로의 경우 5천~6천TEU씩 양·적하해야 할 것으로 예상된다.

즉 선형이 대형화되는 것 이상으로 입항 항만당 양적하 화물량이 증가하는 것은 초대형선화됨에 따라 입항 항만 수가 감소될 것으로 보이기 때문이다.

선박의 입항 항만 수를 줄이면서도 초대형선이기 때문에 대량의 화물을 확보해야만 운항채산성이 있게 된다. 따라서 초대형선의 선주 입장에서는 대량의 화물을 집하해야 하며, 이를 위해 수출입 화물의 집하노력도 증가시켜야 하지만 궁극적으로는 환적물량(T/S 화물)의 확보여부에 취항 채산여부가 달려 있다고 할 수 있다.

부산항의 경우 지난 2001년 기준으로 선박당 양적하물동량(TEU)은 평균 1,552TEU였고, 이 중 수출입 화물이 70%, 환적 화물이 30%를 차지하였다. 북미항로의 경우나 구주항로의 경우 부산항에서 1만 2천TEU급 초대형 컨테이너선에 양적하 물동량을 선박당 6천TEU로 할 경우 현재의 수출입 화물과 환적 화물의 비율 7:3을 적용한다면 수출입 화물이 4,200TEU에 달하게 된다. 이는 2001년 기준 부산항에 입항하는 선박의 평균 수출입 양적하 화물 1,100TEU의 3.8배에 해당하는 규모이다.

<표 3-2>

선박당 양적하물동량

단위 : TEU

구 분	수출입	환적	계
평균(비율)	1,115(71)	437(29)	1,552
최대	3,299	2,363	4,421

자료 : 감만 현대터미널 자료(2001년 기준).

2. 해산물류에 미치는 영향

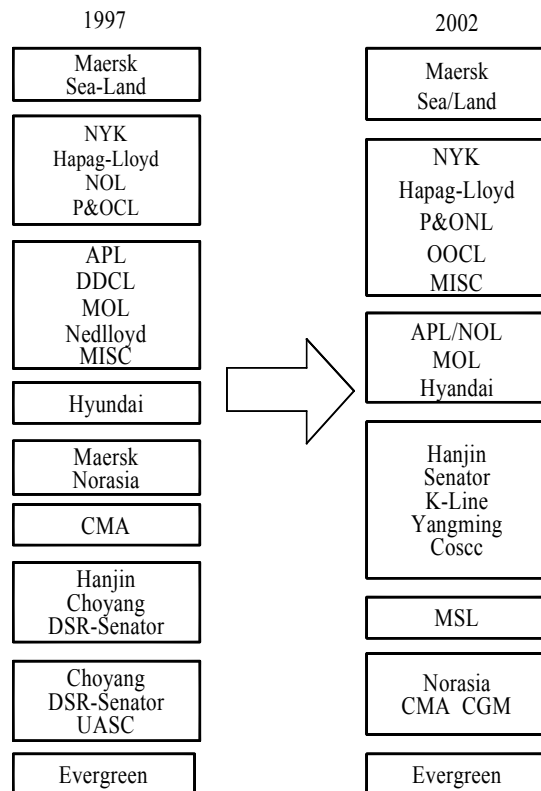
1) 전략적 제휴선사의 대규모화와 시장지배력 강화

1996년 이후 세계 정기선 해운의 급속한 경쟁 심화의 배경은, 미국의 MLB(Mini Landbridge) 활성화에 의한 선박의 대형화(Post-Panamax)와 1984년 신해운법에 의한 1998년 신해운법 개정에 의한 자유경쟁 실현으로 요약될 수 있다.

1998년에 개정된 미국 신해운법은 1984년의 신해운법보다 더욱 규제를 완화하고 자유경쟁체제로 변화시킴에 따라 1996년 이후 주요 항로에서 경쟁이 심화되었고 운임이 크게 하락하였다. 이에 따라 1996년 이후 대형 선사들의 전략적 제휴상합종연횡이 계속되었다. P&O와 Nedlloyd의 합병, NOL에 의한 APL의 흡수, Maersk의 Sealand 흡수 등 대형 합병이 이루어졌다.

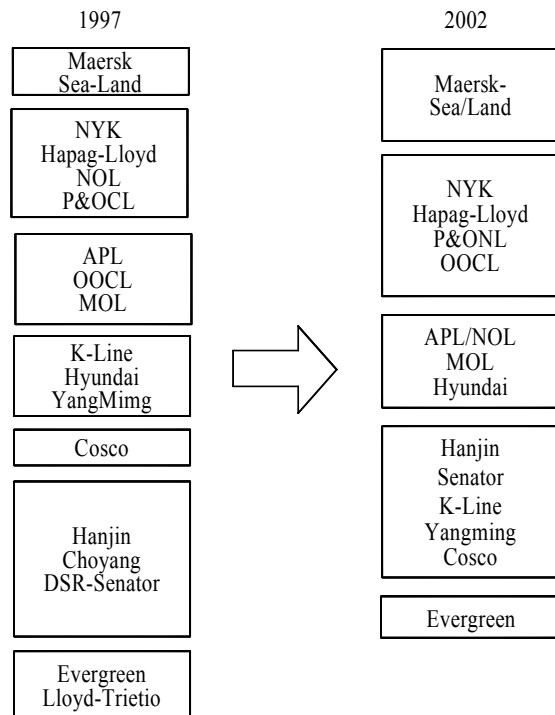
<그림 3-1>

대규모 전략적 제휴그룹화의 진전(북미항로)



<그림 3-2>

대규모 전략적 제휴그룹화의 진전(아시아/북미항로)



1998년 이후에는 투입선박이 더욱 대형화되기 시작하였다. 앞서 언급한 대로 선박의 대형화에는 막대한 추가 투자비가 소요되는바, 이러한 투자 위험을 분산시키기 위해 전략적 제휴 선사가 더욱 대규모화될 수밖에 없는 상황이 되었다. 2002년 4월에는 한진해운이 중국의 코스콘, 대만의 양명해운, 일본의 케이라인 및 독일의 세나토라인 4개사와 제휴, 14개 항로에 대한 상호선박 교환서비스를 개설하는 초대형 전략적 제휴를 개시하였다. 이로써 한진해운이 주도하던 유나이티드얼라이언스 그룹과 CKY그룹(Coscon, K-Line, Yangming그룹)이 제휴하여 선박 규모가 337척 85만TEU인 세계 최대 규모의 해운 제휴그룹이 되었다.

대형 전략적 제휴선사들의 선박량 점유율 및 컨테이너물동량 취급비중, 즉 시장 지배력이 향후 더욱 강화될 것으로 예상된다. 즉 전략적 제휴그룹이 더욱 대규모화 그리고 소수화되면서 시장에서 과점체제를 갖추어 나가게 될 것이다. 대형 제휴그룹의 시장지배력 강화와 선대 대형화는 기간 항로에서 기항항만을 축소시키고, 그 결과 중심항만과 피터항만으로 이원화시키는 결과를 가져 오게 된다.

2) 기항 항만의 변경

해운회사들이 1984년 미 신해운법에 의해 촉발된 화주들의 물류비 절감 압력에 대응하기 위해 대형선을 투입하여 규모의 경제효과를 추구하는 한편, 선박을 공동으로 이용하고 화물을 공동으로 집화하는 상호협력을 통하여 자사 이윤의 효율성을 높이고, 투자 리스크를 분산하기 위해 공동운항 및 전략적 제휴를 하고 있다.

그러나 이러한 해운회사들의 변화는 항만 간에 경쟁을 심화시키는 요인이 되고 있다. 전략적 제휴그룹의 기항지로 선택된 항만 및 터미널은 큰 이익이 되는 반면, 이들 그룹의 기항지 변경으로 선사가 이전한 항만 및 터미널의 경우는 커다란 충격이 될 수밖에 없다. 이는 대규모 전략적 제휴그룹의 유치에 성공하는 항만과 실패하는 항만이 발생하여 기존에 형성된 항만의 취급물동량 순위에도 영향을 미칠 수 있다. 또한 초대형 중심항만의 개념이 등장할 가능성도 높다.

예를 들면 Maersk-Sealand사는 동남아시아의 중심항을 싱가포르에서 말레이시아의 탄중펠레파스(Tanjung Pelepas)항으로 변경하였으며, 또한 Grand Alliance와 United Alliance 그룹은 로테르담항이 선박의 초대형화에 비해 하역 생산성이 저조하다는 이유로 일부 서비스를 다른 항만으로 전환 배치하였다. 기항항만의 변경은 항만비용의 절감, 또는 재항시간의 단축을 위해 이루어지는 경우도 있다. 그러나 가장 중요한 요인은 물동량의 변화에 기인한다고 할 수 있다. 아시아/북미항로의 경우 중국의 약진이 매우 두드러지고 있다. <표 3-3>에서 볼 수 있듯이 아시아/북미 수출항로(E/B) 전체 물동량의 50% 이상이 홍콩/중국에서 발생하며, 수입항로(W/B)에서도 홍콩/중국이 가장 많은 물동량을 처리하고 있다.

<표 3-3> 아시아/북미항로 컨테이너 화물

① 아시아/북미 수출항로(E/B)

단위 : 천TEU

구 분	일본	중국/홍콩	대만	한국	아세안 5개국	합계
1998	792	2,709	659	386	951	5,497
1999	798	3,238	656	425	1,021	6,138
2000	801	3,939	647	452	1,117	6,956

자료 : 「일본 쉬핑 가제트」, 2001.

② 아시아/북미 수입항로(W/B)

단위 : 천TEU

구 분	일본	중국/홍콩	대만	한국	아세안 5개국	합계
1998	792	770	325	308	393	2,717
1999	798	811	319	389	443	2,903
2000	801	1,003	309	433	546	3,253

자료 : 「일본 쉬핑 가제트」, 2001.

이에 따라 주 60~70편의 서비스가 이루어지는 아시아/북미항로에서 홍콩이나 상해 또는 기타 중국 항만을 기항지로 삼지 않는 항로는 살아남기 어렵게 되었다. 홍콩항이 2000년 이후부터 싱가포르를 제치고 세계 1위의 컨테이너항만이 되었으며, 상해항도 수심의 제약에도 불구하고 2001년에 633만TEU를 처리하여 세계 5위의 항만으로 부상하였고, 2002년에는 처리 물량이 750만TEU까지 증가될 것으로 전망하고 있다.

중국 항만의 부상에 따라 상대적으로 한국과 일본 항만의 지위는 약화되고 있다. 일본 및 한국 항만을 지나치는 서비스항로가 증가하고 있는 반면 상해 등 중국 항만에는 많은 항로가 신규로 개설되고 있다.

중국 정부는 물동량 급증사태를 맞고 있는 상해항의 심각성을 인식하여 상해 푸둥지구 해안으로부터 동남 30km에 위치한 양산지구에 50선석 정도의 거대한 컨테이너부두를 건설하기로 하였다. 3km에 달하는 연육교 건설의 문제점, 그리고 완공되어 개장까지 소요기간의 장기화란 문제점을 갖고 있지만 부두건설계획은 진행될 것으로 보인다. 그러나 중국의 컨테이너물동량이 2020년에 5천만TEU를 초과할 것으로 중국 정부는 예상하고 있기 때문에 현재의 추세대로 항만을 건설하고 확충한다 하더라도 향후 15~20년 간 중국은 컨테이너터미널 처리능력 부족을 면하기 어려울 것으로 예상하고 있다.²¹⁾

이는 중국의 물동량 증가에 따라 중국의 수출입 컨테이너물동량에 대한 인근항만의 피터서비스가 향후에도 계속 증가됨을 의미한다.

3) 펜들럼서비스와 기항 항만의 축소

5천~6천TEU 급으로 투입선박이 대형화됨에 따라 파나마 운하를 통과하여 서

21) Port & Harber, 「國際經濟力の 強化」, 2002. 6.

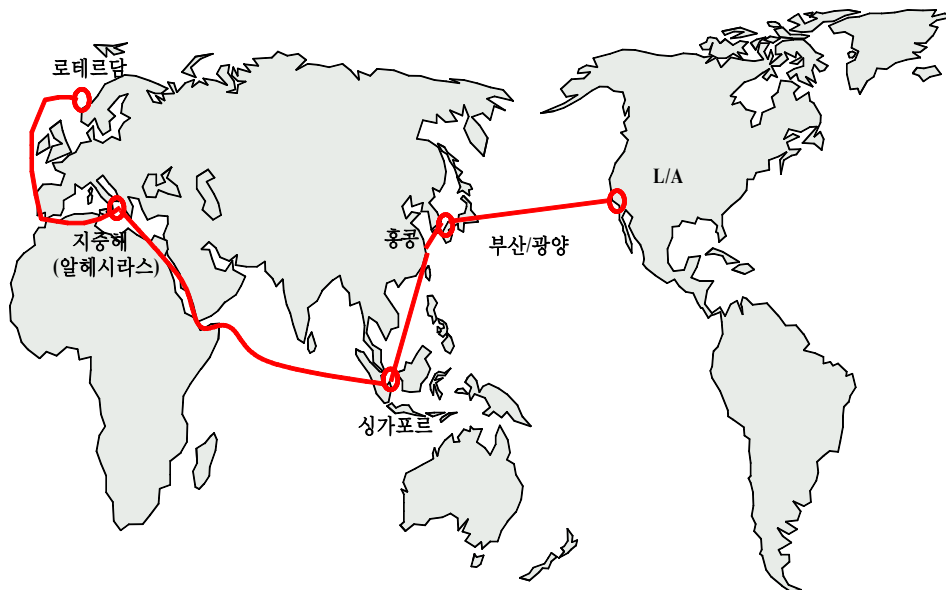
비스하는 세계일주 서비스는 감소되었고, 대신 아시아를 중심축으로 하여 북미/아시아/구주 간 펜들럼서비스(Pendulum Service)가 증가하였다. 북미/아시아/구주의 펜들럼서비스가 크게 증가되고 있는 또 다른 이유는 다음과 같이 요약할 수 있다.

선박의 대형화로 선가가 높아짐에 따라 선박을 효율성 있게 활용하기 위해 북미 구주항로 양방향으로 서비스하게 되면 북미-극동, 극동-유럽 간 화물을 모두 취급할 수 있는 장점이 있다. 또한 동남아시아의 경제 발전에 따라 북미/극동항로가 동남아시아까지 연장되어야 할 필요성이 생겼는데, 이에 따라 추가 투자를 하지 않고도 극동/구주항로로 서비스할 수 있는 장점이 있으며, 또한 동남아 역내 양방향 항로도 모두 서비스할 수 있는 장점이 있다.

따라서 향후 1만 2천~1만 5천TEU급으로 선박이 초대형화되면 위와 같은 이유로 우선적으로 펜들럼서비스에 투입될 것으로 예상된다. 또한 이러한 초대형선은 대량화물을 취급하므로 항만 내 재항시간이 기존 5천~6천TEU급의 2배 이상 소요되기 때문에, 그리고 한선단 구성 선박을 최소화하기 위해 기항 항만을 최단거리로 그리고 기항 항만 수를 대폭 축소시켜야 하는 해상운송구조의 변화가 예상된다. 초대형 컨테이너선의 펜들럼서비스와 최소화한 기항 항만을 도식화하면 <그림 3-3>처럼 표시될 수 있다.

<그림 3-3>

초대형 컨테이너선의 펜들럼서비스



1만 5천TEU급 초대형 컨테이너선의 취항시 어떤 해상운송구조가 될 것인가에 대해 여러 학자들이 검토하였는데, 공통적인 것은 기항 항만, 즉 허브항만의 수가 크게 줄어들고, 허브항만을 중심으로 인근 지역에 피더서비스가 이루어지는 구조를 예상하고 있는 것으로 나타났다.

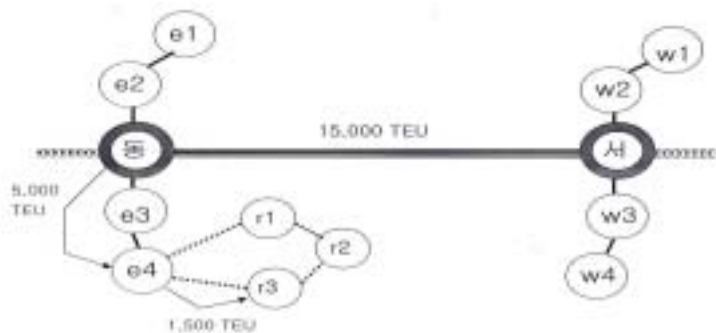
독일의 Hans Payer 박사는 1만 5천TEU급 선박 운항시 전세계에 4개의 초대형 허브항만(mega-hub)에 기항하고, 동/서방향로와 서/동방향로의 양방향으로 운송되는 북미서안/극동/지중해/북미동안의 구도를 제시하였다.²²⁾

그리고 이 초대형 허브항만은 환적항만으로 바다에 떠있는 형태(off-shore)를 제시하였고, 이 항만에는 2개의 1만 5천TEU급 선석과 6개의 대형 환적 부두, 그리고 18개의 소형 환적선 부두로 구성되는 것을 제안하였다.

De Monie 박사는 1만 5천TEU급 초대형 컨테이너선이 동서 간 최단항로에 취항하고, 각 취항항만에서 남북 간 항로의 선박(250~6천TEU)에 전량 환적(T/S)되는 해상운송 구조를 제시하였다. De Monie는 1만 5천TEU급 선박이 기항하는 항만 수를 4개로 보고 북미서안, 북미동안, 지중해, 동남아시아의 항만으로 구성되는 동서 항로 운송망을 제시하였다.²³⁾

<그림 3-4>

동서 기간항로 및 남북 연계항로

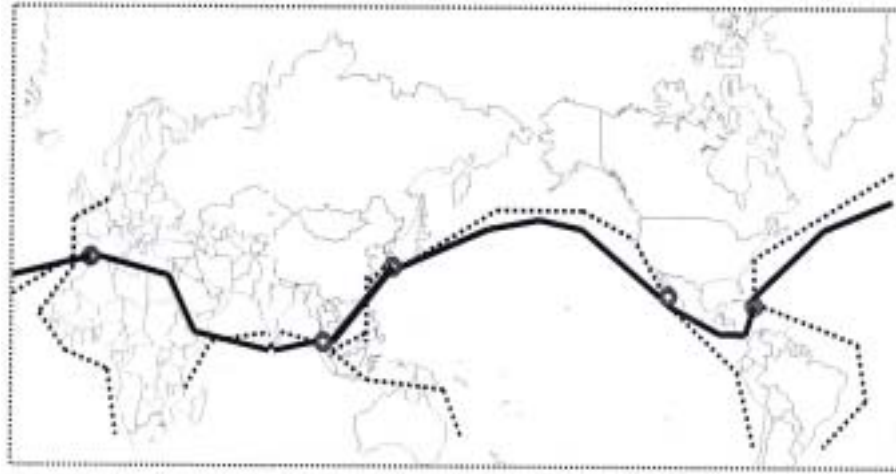


22) H. G. Payer, "Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8000, 10,000 or Even 15,000TEU", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1999.

23) G. De Monie, "Re-evaluating the Economics of Transshipment", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2001.

미국의 국립 항만 수로연구소의 Ashar 박사는 파나마운하 확장을 전제로 하여 동서세계일주항로(Equatorial Round The World Service)를 제시하면서 기항 항만 수를 북미서안, 북미동안, 지중해, 인도양, 동남아, 극동 등 6개 정도를 포함하고 있다. 이 경우에도 기항항만은 순 환적항(Pure Transshipment Port)의 기능을 갖으며, 여기에서 피더선으로 남북 간 연계운송이 이루어지는 구조를 구상하고 있다.²⁴⁾

<그림 3-5> 초대형 컨테이너선 운항패턴



3. 항만에 미치는 영향

1) 중심항 출현 및 피더항 전략 양극화

중심항(Mega-Hub port)은 타지역 항만으로부터 피더서비스를 받아 기간항로상의 본선에 선적하여 수송하는 기능을 갖고 있는 항만을 의미한다.

대형 컨테이너선에 의한 기간항로(Main Trunk Line)서비스는 운항시간의 단축과 정시화가 철저히 추구되어 기항지가 특정지역의 중계무역중심지나 대규모 배후지를 갖는 항만으로 한정되었다. 그 결과 중계 기간항로 서비스망의 기항지였던

24) A. Ashar, "The Forth Revolution and Transshipment Potentials for Panama Ports", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2000.

일부항만이 피더서비스망의 기항지로 전락하였다. 대표적인 사례가 1980년대 후반에 3천TEU를 초과하는 대형 컨테이너선의 본격 등장에 따라 당시 미국동안, 유럽대륙, 일본이라는 커다란 무역 배후지를 갖고 있던 뉴욕항, 로테르담항, 고베항 등이 수위 또는 상위에서 후퇴하고, 별로 큰 배후지를 갖고 있지 않고 중계무역에 의존하던 홍콩항, 싱가포르항, 카오슝항 등이 수위 또는 상위로 뛰어 올랐다.

1만 2천TEU나 1만 5천TEU로 컨테이너선이 초대형화되면 앞서 검토한 바와 같이 전세계에 4개 내지 6개 정도의 초대형 중심항(Load Center)으로 기항지가 한정되고, 여기서부터 남북항로로 피더서비스가 이루어지게 될 것으로 예상된다. 현재의 중심항 개념은 Yehuda Hayuth의 개념²⁵⁾처럼 대규모 배후지를 보유하고 있는 중심성(Centrality)과 중계 및 환적화물을 처리하는 중계성(Intermediacy)의 두가지로 설명되었으나, 초대형선 출현시에는 중심항의 성격이 중계성에 더욱 비중을 두게 될 것으로 보인다.

앞서 언급한 대로 독일의 Hans Payer 박사나 미 수로연구소의 Ashar 박사 등은 1만 5천TEU급 선박 기항에 적합한 초대형 중심항을 해안에 떠있는 터미널로서 전체화물을 환적화물로 처리하는 항만으로 제안하고 있다.

따라서 1만 5천TEU급 초대형 컨테이너선이 취항하게 되면 현재의 각국별 중심항 체제는 지역별 중심항 체제로 바뀌게 될 것이다. 동북아지역을 예로 들면 현재 한국의 부산/광양항, 일본의 고베/오사카항, 중국의 홍콩/상해항 대만의 카오슝/킬룽항의 각국별 중심항은 동북아지역 중심항 1~2개로 재편되고, 나머지는 피더서비스로 연결되는 항만이 될 것이다. 물론 1만 2천TEU나 1만 5천TEU 보다 적은 선형의 선박서비스는 국별 중심항 체제로 유지될 수 있을 것이다.

이 경우 동북아 초대형 허브항만은 중국, 한국, 일본 등의 동북아 수출입 화물을 중계하여 세계 각국의 간선항로로 연계 수송하는 대규모 환적항만으로 정의될 수 있다. 이러한 동북아 초대형 허브항만이 되기 위한 조건은 첫째, 중국, 일본, 한국과의 거리가 가까워야 한다. 대형선은 항해거리가 다소 늘어난다 해도 수송 컨테이너 단위당 추가 비용이 크지 않은 반면, 피더선은 수송컨테이너가 상대적으로 소량이기 때문에 수송거리가 증가하면 컨테이너 단위당 비용 증가의 요인이 되기 때문이다.

둘째, 중심항으로서 입출항 선박에 대한 하역 생산성, 재항시간 등의 안정성, 정

25) Yehuda Hayuth, "Spatial Characteristics of Transportation Hubs : Centrality and Intermediacy", *Journal of Transport Geography*, 2(1), 1994.

시성, 확실성이 보장되는 우수한 서비스를 제공해야 하며, 이를 위한 항만시설, 장비, 하역시스템이 충분히 확보되어야 한다.

셋째, 환적 관련 제비용이 저렴하여 환적에 따른 부담을 최소화 해야한다. 초대형선으로 수송하지 않고 직항로서비스에 의해 수송될 경우 발생하지 않는 환적비용은 대부분을 초대형선 운항선사가 부담할 가능성이 크다. 따라서 초대형선 운항선사는 환적비용이 가장 절감될 수 있는 항만에 기항하려 할 것이다.

넷째, 북미/아시아/구주의 펜들럼서비스상 역방향의 피더가 발생하지 않는 지리적 위치를 갖고 있어야 한다. 유럽항 중국 화물이 일본에서 환적할 경우와 상해항 이남 중국 화물이 한국에서 환적하는 경우가 해당될 수 있다.

이상의 요인을 감안할 때 현재까지 동북아지역에서 초대형 허브항만으로 검토되고 있는 우리나라의 부산/광양항 인근, 중국의 양산지구 켄부두, 일본의 오키나와 섬 등이 경쟁관계에 놓일 수 있다.

2) 하역생산성 향상으로 재항시간 단축

현재 부산항의 순작업시간당 컨테이너 크레인 생산성은 약 30개(lift)미만이며, 세계적으로도 컨테이너 크레인의 순작업시간당 생산성은 25~30개 정도이다.²⁶⁾ 그리고 시간당·선박당 처리 생산성이 100개를 넘는 항만은 몇 개 안된다. 해운 선사들은 재항시간 단축을 위해 이러한 컨테이너터미널의 안벽 생산성에 대해 만족하지 못하고 있는 상황이다. 따라서 최근 5천TEU급 이상 대형 컨테이너선을 취항시키고 있는 선사들은 하역생산성이 낮은 터미널에서 하역생산성이 높은 인근 터미널로 기항지를 바꾸는 사례도 나타나고 있다.

향후 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU의 초대형 선박이 취항하게 되면 고가의 선박을 효율적으로 활용하기 위해 선주들은 재항시간 단축에 더욱 많은 역점을 두게 될 것이다.

1만 5천TEU급 선박을 검토하기 위해서는 우선 이 초대형 컨테이너선이 현재 5천TEU 선박처럼 복수의 항만에 걸쳐 선적하고 복수의 항만에 양하하는 해상운송 시스템을 갖는 경우와 앞서 언급한 대로 초대형 중심항에 입항하는 허브앤스포크의 해상수송 시스템을 갖는 경우로 나누어 검토해야 한다.

26) Joan C. Rijsenbrij, "Impact of Tomorrow Ships on Landside Infrastructure", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2001.

전자의 경우 선적항 2개, 양하항 2개를 가정하면 양적하물동량이 30,000TEU가 되고 lifts/TEU 환산계수 1.5를 적용하면 입항 항만당 5천LPC가 된다. 이에 비해 후자의 경우는 선적항과 양하항을 합쳐 2~3개항을 가정하고 있기 때문에 입항 항만당 6,670~1만LPC가 된다.

24시간 내에 양적하 작업을 끝내기 위해서는 전자의 경우 선박당 생산성이 시간당 210개, 후자의 경우는 280~420개에 달하게 된다. 6개의 컨테이너 크레인을 기준으로 할 때 시간당 35~70개의 컨테이너를 처리해야 한다.

<표 3-4> 1만 5천TEU 선박에 대한 요구 생산성 분석

선박선형	5,000TEU	12,000TEU	15,000TEU
해상운항형태	복수항 선적·양하	복수항 선적·양하	초대형중심항기항
평균 LPC	1,900~2,400	5,000	6,670~10,000
컨테이너 크레인의 기계적 생산성	50	50	60
컨테이너 크레인의 운영 생산성	30	35	40
양적하 시간	20시간	24시간	24시간
선박당 요구 생산성(lifts/hr)	100	208	280~420
요구 크레인 수	4	6	7~11

주 : 기존 크레인의 성능이 20% 개선된 것을 가정.

1만 5천TEU 선박이 초대형 중심항기항의 운항형태를 가질 경우 기존 크레인의 성능이 개선된 것만으로는 선박당 요구 생산성을 충족시킬 수 없다. 크레인 대수를 6대 정도로 하기 위해서는 컨테이너 크레인의 운영 생산성이 시간당 70개, 그리고 기계적 생산성은 시간당 100개가 되는 새로운 개념의 컨테이너 크레인이 개발되어야 한다. 기계적 생산성이 시간당 100개에 이르는 컨테이너 크레인은 현재 여러 가지가 개발 중에 있다.

한편 기존의 컨테이너 크레인을 사용하면서도 생산성을 높여 선박의 재항시간을 단축시키고 있는 사례도 있다. 암스테르담항의 세레스 파라곤 터미널(Ceres Paragon Terminal-이하 CPT)은 세계 최초로 컨테이너의 선적 및 하역을 전체의 양쪽에서 동시에 수행하는 만입선석(Indented Berth)을 도입하여 기항 선사들에게 시간당 250개의 처리를 보증하고 있다. 양쪽에서 총 8대의 컨테이너 크레인이 동시에 작업하기 때문에 크레인당 32개의 생산성만 보인다면 시간당 250개씩 처리가 가능하다고 한다.

그러나 초대형선의 재항시간을 단축시키기 위한 생산성 향상 요구는 안벽의 컨테이너 크레인만으로 충족될 수 없다.

컨테이너 크레인의 기계적 생산성과 실제 작업시 생산성에 차이가 나는 주된 요인은 컨테이너 크레인의 야드 크레인(RTGC, RMGC 등)과 야드 트랙터가 독립적으로 작업할 수 없기 때문이다. 즉 컨테이너 크레인이 야드 트랙터 및 야드 크레인 때문에 대기하게 되는 작업 지연요인이 생기기 때문이다

따라서 컨테이너 크레인뿐만 아니라 터미널의 구조, 나아가 야드에서의 컨테이너 화물처리를 고생산성화할 수 있는 기술·개발이 필요한 실정이다.

3) 인프라 구비요건

컨테이너선의 대형화는 급격히 늘어난 화물량에 전적으로 기인한다. 이러한 컨테이너선의 대형화 추세에 따라 싱가포르, 홍콩, 로테르담 등 주요 컨테이너항만에서는 하역시설의 자동화와 함께 대형 컨테이너선이 접안하여 컨테이너를 양적·적하할 수 있도록 하역시설의 증설을 추진하고 있다. 이는 대형 컨테이너선이 입항하는 허브포트로서의 역할을 수행함으로써, 해상물류기지로 발돋움하기 위해서이다. 초대형선의 출현에 따른 항만시설의 인프라 구비 요건에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

(1) 수 심

1만 2천TEU 및 1만 5천TEU급 이상의 초대형 컨테이너선이 기항하는 중심항(Mega-Hub Port)이 되기 위해서는 초대형선이 기항할 수 있는 물리적 조건을 갖추어야 한다. 즉, 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU 선형의 선박 흘수(15~16m)를 고려한 수심을 확보하여야 한다. 선박 대형화를 주도하고 있는 7천TEU급의 만재 흘수는 14.5m, 1만 8천TEU급은 20m까지 발표되고 있다. 그러나 <표 2-2>와 같은 7천 TEU급 이상 선박의 흘수는 선박건조 기술적으로 선장과 선폭에 따라 달라진다. 따라서 터미널 개발계획을 수립할 때는 터미널 개장 이후 출현이 예상되는 최대 선형의 제원을 고려하여 터미널 수심이 검토되어야 한다.

세계 주요 항만 컨테이너터미널의 부두 수심 증설계획을 살펴보면 <표 3-5>와 같다.

<표 3-5>

세계 주요 항만의 컨테이너부두 수심계획

지역	국가	항만	수심계획	비고
아시아	한국	부산항	15m	신항만 16m 추진중
		광양항	15m	3단계부터 17m 예정
	중국	상해항	15m	계획확정
		후조항	14m	
	일본	고베항	15~16m	4선석 개장
		나하항	15~16m	구상 중
	필리핀	수빅(Subic) 만	12.8m	추진 중
	말레이시아	탄중펠레파스항	18m	구상 중
유럽	스리랑카	콜로보항	15~16m	항로 및 선회장
	네덜란드	로테르담항	16.65m/19m	1단계/2단계
	영국	템즈스포트 (Thamesport)항	15.5m	
	프랑스	던커크(Dunkirk)항	14.5m/16.5m	1단계/2단계
	독일	빌렘스하벤 (Wilhemshaven)	18.5m	
	이탈리아	제노아항	16m	
미주	포르투갈	시네스(Sines)항	17m	
		로스엔젤레스항	16.5m	
		뉴욕/뉴저지항	15m	항로준설
	캐나다	오텔랜드항	15m	
		헬리팩스(Halifax)항	16m	예정

(2) 하역장비

6,600TEU인 Sovereign Maersk 선박에는 컨테이너 크레인 6대까지 배치할 수 있으나 대다수 항만이 선박당 크레인 6대를 할당하기는 어려우며 평상시 4대 정도가 할당되어 사용되고 있다. 1만TEU급 선박은 선체길이 346.6m, 선폭 51.2m, 흘수 14.5m로 Maersk-Sealand사에 의하여 운항되고 있는 6,600TEU급 선박에 비해 선폭이 8.2m 늘어나게 된다.

향후 1만 5천TEU급 이상 초대형 컨테이너선이 기항하기 위해서는 이를 수용할 수 있는 항만 여건뿐만 아니라 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU 선형의 선박 선폭 증가

에 따른 충분한 아웃리치를 가진 하역장비가 설치되어야 한다. 즉, 선폭 60 ~ 69m 이상인 초대형선에 대하여 신속하면서도 안전한 양·적하 작업을 수행할 수 있는 컨테이너 크레인이 설치되어야 한다. 또한 안벽에서의 하역 생산성 증가와 더불어 이송장비 및 장치장에서의 장치장비 등에 대한 작업 생산성이 향상되어야 한다.

<표 3-6> 대형 컨테이너선박의 제원 비교

선종	TEU	DWT(톤)	길이(m)	선폭(m)	흘수(m)
P&O Nedlloyd Southampton	6,674	87,900	300	42.8	14.0
Sovereign Mearsk(1)	6,600	98,000	347	42.8	14.5
Suez-Max ship	11,989	157,935	400	50.0	17.0
15,000TEU container ship	15,000	220,000	400	66.0	15.0

자료 : G. De Monie, *Terminal Management*, ITMMA(University of Antwerp), 1985.

<표 3-7> 컨테이너 크레인 제원

크레인 기종	아웃리치(m)	처리가능 열수(Row)
스탠다드 파나막스	36 ~ 44	14 ~ 16
포스트 파나막스	44 ~ 48	16 ~ 18
슈퍼 포스트 파나막스	50 ~ 52	18 ~ 20
울트라 포스트 파나막스	54 ~ 56	20 ~ 22

(3) 기 타

초대형 컨테이너선이 기항하는 중심항(Mega-Hub Port)의 인프라 구비요건으로는 항만을 효율적으로 운영하기 위한 최고성능의 H/W, S/W 및 N/W정보·통신시스템, 관련기관 간의 표준화된 연계망 구축과 더불어, 우수 인력확보가 선결되어야 한다.

지금까지 항만의 경쟁원천은 선석 대기시간, 화물처리 속도 및 환적서비스 수준 등 주로 선박의 재항시간에 의해 결정되어 왔으나, 향후에는 선박 대형화에 따른 항만시설의 확충 및 운영의 효율화, 항만수요자에 대한 부가물류서비스 제공을 위한 여타 운송 및 항만운영업체와의 수직적 협력(Vertical Cooperation) 여부에 따라 항만 경쟁력이 좌우될 것이다.

제 4 장 선진국의 신개념 항만 하역시스템 개발

1. 서언

1960년대 화물의 컨테이너화 이후 컨테이너물동량의 지속적인 증가와 컨테이너선의 대형화, 해상 및 육상운송의 복합화 등 전세계 항만의 운영과 그 기능은 고객의 요구에 부응할 수밖에 없으며, 전통적인 터미널 설비로는 더 이상 미래 항만에 대한 대안이 되지 못하고 있다.

급격한 물동량의 증가에 대처하기 위하여 선진항만들은 신규 항만의 건설, 기존 항만의 리엔지니어링, 새로운 하역시스템의 개발 등 다양한 분야에서 개발과 투자를 지속적으로 수행하고 있다. 그러나 이 중 선진항만들이 최우선적으로 연구하고 개발하는 부분은, 항만의 초대형화, 통합화, 자동화를 중심으로 미래를 대비한 신개념 하역시스템의 개발이며, 이를 기초로 장래의 항만시설과 하역장비를 개발하고 있다.

본 장에서는 선진항만들의 초대형선에 대응하는 항만 하역시스템 개발과 대응 추세에 대해 살펴보고, 각 시스템별 장단점과 특징을 살펴본다.

신개념 하역시스템은 크게 3가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 안벽에서의 생산성과 서비스 수준을 증가시킬 수 있도록 기존의 안벽 하역장비인 컨테이너크레인(Container Crane : C/C)을 개선하거나 새로운 개념의 안벽 하역장비를 연구, 개발하고 있다. 현재 8천TEU급 컨테이너선이 출현하고 있는 상황에서 지금의 본선 하역장비인 컨테이너 크레인은 규모면에서 실질적인 한계에 도달해 있으며, 현재의 싱글 호이스트(Hoist) 타입의 전통적인 컨테이너 크레인의 하역능력으로 초대형선에 대한 서비스 조건을 충족시키는 것은 불가능하다. 이에 대해 선진항만과 장비제조사는 싱글 호이스트의 단점과 자동화를 통한 작업 연속성과 안전성 추구하기 위하여 다양한 연구, 설계, 개발을 통해 하역장비의 생산성을 크게 향상시키게 되었다. 세계 최초의 자동화 터미널인 ECT와 현재 건설 중인 CTA의 경우 DHST형태의 안벽 하역장비를 적용 또는 적용계획 중에 있으며,

자동화, 기계화 기술을 응용한 더블 트롤리, 거더의 이동 기능, 버퍼 크레인의 설치 등을 통하여 안벽 하역장비의 생산성을 높임으로써 초대형선에 대비하고 있다.

둘째, 터미널의 생산성은 단순히 안벽 하역장비의 생산성에 의존하는 것이 아니라 연계된 시스템, 안벽에서 야드로의 컨테이너 이송장비, 야드에서의 하역장비, 장치장의 운영시스템 등 상호간에 영향을 받게 된다. 따라서 해외 선진항만에서는 단순히 안벽 하역장비 생산성 증가가 터미널의 생산성 증가로 이어지지 않는다는 것을 인식하고, 장래 등장할 1만 5천TEU급 선박에 대해 만족할 만한 서비스를 제공하기 위해서 초대형 컨테이너선을 처리할 수 있는 안벽 하역장비뿐만 아니라 전혀 새로운 개념의 이송장비, 야드 하역장비와 그에 따른 저장시설 등 대규모의 화물을 신속하게 처리할 수 있는 통합적인 하역시스템의 개발에 박차를 가하고 있는 것이다.

셋째, 일부 항만들은 기존의 항만시설과 개념으로는 더 이상 미래에 등장할 초대형선에 대응할 수 없다는 관점에서 양현 하역시스템과 같은 안벽토목시설, 안벽과 야드의 통합운용시설인 스피드포트, 기존의 안벽시설을 배제한 플로팅터미널 등 새로운 개념의 항만시설 구축에 집중적 투자를 하고 있다.

결론적으로 기존의 안벽 하역장비, 이송장비, 야드 하역장비로 구분되어져 있는 현재의 항만 시스템으로는 각 하역장비의 물류 연계점에서 병목 현상을 유발하게 된다. 따라서 해외 선진항만에서는 안벽 하역장비의 생산성 향상과 더불어 안벽에서 야드로의 빠른 이송 방법, 또한 이를 최대한 빠르게 처리할 수 있는 야드 크레인과 운영시스템을 연구·개발하게 되었고, 또한 새로운 개념의 항만시설에 대한 연구도 진행하게 되었다.

본 보고서에서는 초대형선으로 대표되는 급변하는 항만 환경에 대응하기 위해 선진항만에서 이루어지고 있는 안벽 하역장비와 통합 하역시스템, 신개념 컨테이너터미널의 개발에 대한 현황을 살펴보고, 미래의 중심항만으로 새롭게 태어나기 위하여 우리나라 항만에 적용 가능한 새로운 항만 시스템을 제시하고자 한다.

2. 신개념 안벽 하역장비

본 절에서는 컨테이너터미널의 생산성에 가장 큰 영향을 주는 안벽에서의 능력을 증강시키기 위하여, 안벽 하역장비의 연구, 개발에 대한 선진항만과 장비제조

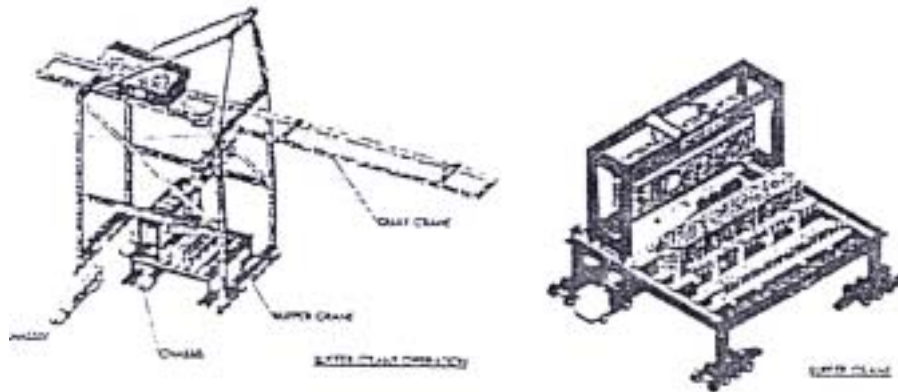
사의 대응 추세를 분석하였다.

기본적으로 기존 안벽 하역장비의 싱글 호이스트 단점을 극복하고, 자동화를 이루기 위한 안벽 하역장비들의 새로운 개념을 제시하였으며, 각 장비의 생산성과 기계적 특성, 기술성, 장·단점을 비교 분석하였다.

1) 버퍼 크레인(Buffer Crane)

<그림 4-1>

버퍼 크레인



자료 : Toru Takehara, "Improving Quay Crane Productivity Coping with the Future Ultra-Large Container Vessels", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.

(1) 시스템

이 크레인은 기존 크레인 아래 설치된 버퍼 크레인으로서 C/C(Container Crane)에서 하역된 컨테이너를 임시 보관 및 이송하는 기능을 한다. 즉 버퍼 크레인은 안벽 크레인의 아래에 위치하면서 안벽과 새시의 중간에서 서로 이어주는 역할을 하게 되며 버퍼 크레인에는 컨테이너와 야드트럭의 적재 흐름을 조절하기 위한 버퍼가 갖추어져 있다.

버퍼 크레인은 기존 항만에 설치되어 있는 포스트파나막스급 C/C에도 적용 가능하며, 기존 C/C 또는 다른 시설을 변형시키지 않고 설치가 가능하다. 버퍼 크레인에는 고무타이어가 설치되어 있어 스트레스가 적게 발생되고, 최대 높이는 어떤 C/C의 포털 타이빔보다도 낮게 설계되어 있다. 컨테이너 로딩데크 주변의 IBC 서비스지역은 공간이 충분하기 때문에 작업자들의 안정성이 보장되며, 버퍼 크레인

의 스트래들 트롤리는 컨테이너 로딩데크와 거더 끝에 있는 새시 입구 사이를 왕복하며 컨테이너를 지면에 있는 야드트럭으로부터 받거나 보내는 역할을 한다.

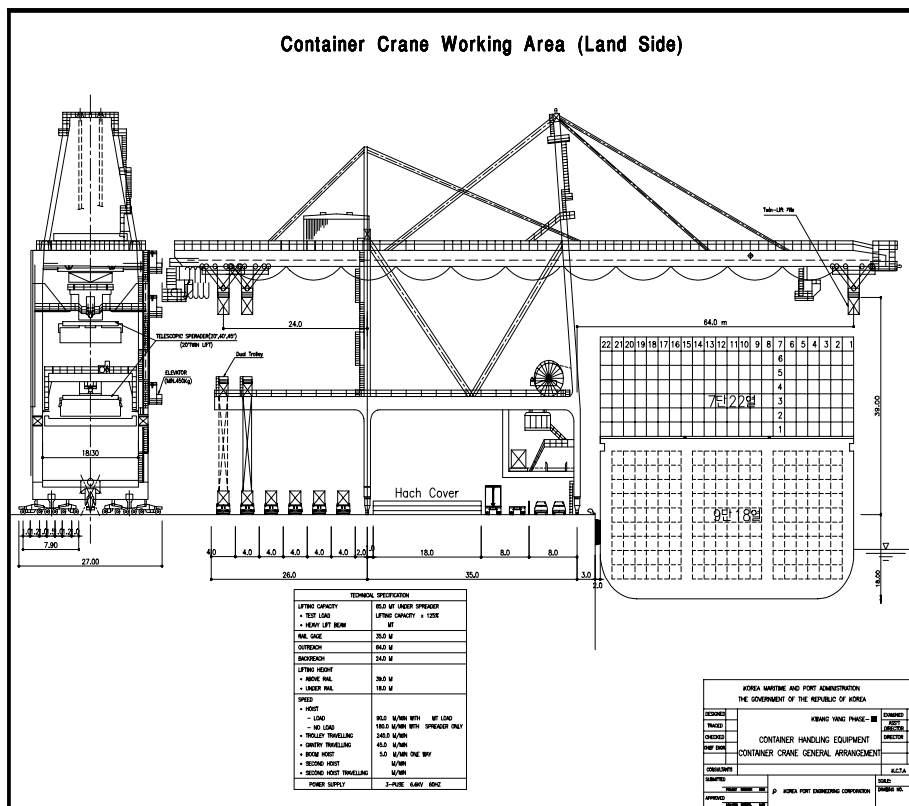
(2) 평가

구 분	설 명
생산성	• 이론적 생산성에 근접
개발사	• PACECO사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 없음
초대형선에 대한 대응성	• 사이클타임의 최소화 • 최소의 장비로 서비스 수준 향상 가능
신개념	• C/C의 개량화 • C/C 아래 새로운 버퍼 크레인 설치
기술성	• 장비제작의 용이 • 이송장비와의 연계성
장점	• C/C의 부수적 공정 불필요 - 외부트럭 도킹, IBC 공정 설치/제거, 기타 공정의 지연 방지 • 기존의 항만에도 적용가능
단점	• 기존 C/C와의 작업 연계성

2) DHST(CTA 타입)

<그림 4-2>

DHST(CTA 타입)



자료 : Thomas Koch, "Building the Terminal of the Future : The Altenwerder Experience", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.

(1) 시스템

DHST C/C는 자동화터미널에서 주로 적용되고 있으며, 단위 시간당 양·적하 생산성, 자동화 가능성이 일반 싱글 C/C에 비하여 상당히 우수한 편에 속한다. DHST C/C가 기존의 싱글 C/C와 다른 특징은 C/C 내 이동장비의 주행영역이 다르고, 양·적하 작업시 해측 작업과 육측 작업이 동시에 독립적으로 이루어진다는 것이다. 기존 C/C는 이동장비의 주행영역이 레일 스패내에 존재하나, 듀얼 C/C에서는 백리치영역에 이동장비 주행영역이 존재한다. 그리고 선박으로부터의 양·적하 작업은 해측 트롤리(Trolley)가 그리고 이동장비와의 상·하차 작업은 육측

트롤리가 각각 담당하고, 해측 트롤리와 육측 트롤리의 연계작업은 레일 스펠 내의 래셔플랫폼(Lasher Platform)을 통하여 이루어진다. 즉 래셔플랫폼은 일시적인 버퍼역할을 한다. 특히 육측 트롤리는 자동화 이송장비인 AGV(Automated Guided Vehicle)와의 연계작업이 이루어지는 곳으로서 자동화가 가능하다. 이와 같은 듀얼 시스템은 이미 기술적으로 검증되어 2003년 자동화터미널로 개장 예정인 CTA에서 채택하고 있다.

C/C 생산성과 밀접하게 관련된 호이스트 속도는 부하시 분당 90미터, 무부하시 분당 180미터 그리고 트롤리 속도는 분당 240미터이고, C/C 자체의 이동속도는 분당 45미터이다.

레일 스펠 내에는 해측 레일쪽의 래셔플랫폼 아래에 서비스 도로가 위치하고 있어서 특수화물 주행레인, 해치커버 순으로 위치한다. 백리치 영역은 AGV의 주행 레인이다. 또한 C/C는 비규격 화물의 양적하 작업 및 타워리프트 작업도 가능하도록 설계되었다.

<표 4-1> DHST(CTA타입)의 작업 속도

구 분	속 도
· 호이스트	
- 부하시	90.0m/min
- 무부하시	180.0m/min
· 트롤리 속도	240.0m/min
· 주행 속도	45.0m/min

자료 : PACECO, 내부자료.

트윈리프트 작업 및 1만 2천DWT 또는 1만 3천DWT급의 해치커버 중량을 고려한 C/C의 정격하중(Lifting Capacity)은 65.0MT이다. 주요국의 C/C 발주 추세를 보면 정격하중을 65.0MT로 발주하는 추세에 있으며, DHST 시스템을 채택한 CTA의 경우 정격 하중을 64.0MT로 적용하고 있다. 크레인의 아웃리치, 스프레더(Spreader) 인양 능력 및 백리치 등을 고려하였고, 또한 듀얼 시스템을 선택함으로써 싱글 시스템보다 중량이 증대될 것으로 예상된다. 국내 제작사에서 검토한 제원기준에 의하면 자중이 약 1,200톤으로 검토되었으나, 듀얼 C/C(CTA안) 자중은 2천톤으로 발표되고 있다.

ZPMC사에서 HHLA에 납품한 DHST C/C의 주행속도는 싱글 호이스트와 같이 분당 45미터로 서로 같으나, 육측과 해측 각각의 트롤리 이동거리가 짧고 트롤리 간 작업 동기화가 가능하여, 시간당 생산성이 45~55개(lifts)인 싱글 C/C에 비해 생산성이 20% 향상되어 시간당 약 54~66개(lifts)의 생산성이 기대된다(평균 약 60개(lifts)).

<표 4-2> DHST(CTA타입)의 생산성

구 분	생산성
제원기준	시간당 60개(Lifts)
실제 처리량	시간당 40개(Lifts)
총 작업 시간당 목표 생산성	시간당 30개(Lifts)

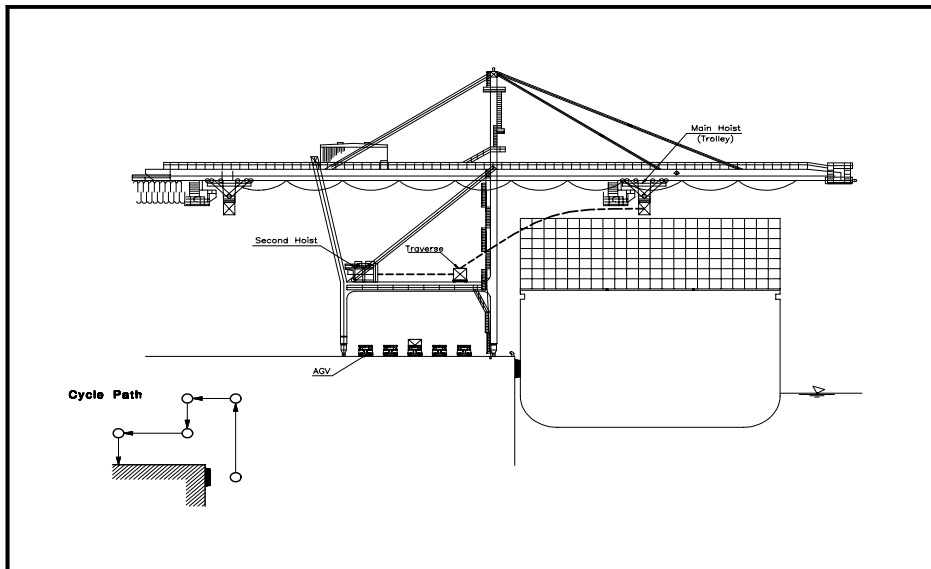
(2) 평가

구 분	설 명
생산성	• 기존 C/C에 비해 20% 생산성 증가
개발사	• ZPMC사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 독일 CTA 터미널 운영예정
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• C/C의 육측 자동화
신개념	• C/C의 개량화 • 백리치영역→안벽작업영역 • 세컨트롤리, 트래버서(수평이동장치), 고정식 플랫폼
기술성	• C/C 운영 시스템
장점	• C/C의 생산성 향상 • 적용의 용이성
단점	• C/C 운영 시스템의 정밀성

3) DHST(ECT 타입)

<그림 4-3>

DHST(ECT 타입)



자료 : Nelcon, 내부자료.

(1) 시스템

이 시스템은 위에 언급한 CTA 타입과 거의 유사한 형태로서 이송장비에 대한 하역방식에 다소 차이가 나며 그 외에는 동일한 시스템을 갖추고 있다. 이 방식도 마찬가지로 고정된 포털 빔위의 레일상을 트래버스(Traverse)가 횡행 이동하는 형식이다.

즉 선상작업을 수행하는 주 트롤리는 선상에서 플랫폼 트래버서 상단(해측 끝에 위치한 단위차)까지만 담당하고, 플랫폼 트래버서에서 이송장비 위까지의 작업은 세컨드 호이스트가 담당한다. 하역작업은 메인 호이스트(트롤리)→트래버서→세컨드 호이스트→이송장비(Chassis 또는 AGV) 순으로 서로 분담하는 작업 패턴으로 구성된 구조이다.

하역작업 사이클을 추가 설명한다면, 주 호이스트가 선박으로부터 컨테이너를 인상하여 해측 레그 포털 빔 레일 위에서 대기하고 있는 트래버서 위에 내려놓으면 이때 주 호이스트는 다음으로 하역할 컨테이너를 향하여 선박측으로 이동한다. 트래버서가 포털 빔 레일 위에서 육측 일정위치(이송장비의 대기위치)에 대기하고

있는 세컨드 호이스트 내부로 자동이동(Rope Trolley Type)하면 세컨드 호이스트는 트래버서상의 컨테이너를 인상하고, 그 즉시 트래버서는 해측 레그의 당초위치로 되돌아오며, 세컨드 호이스트는 지상에 대기하고 있던 이송장비에 컨테이너를 적재시킨다. 적재시는 역순으로 사이클이 구성된다.

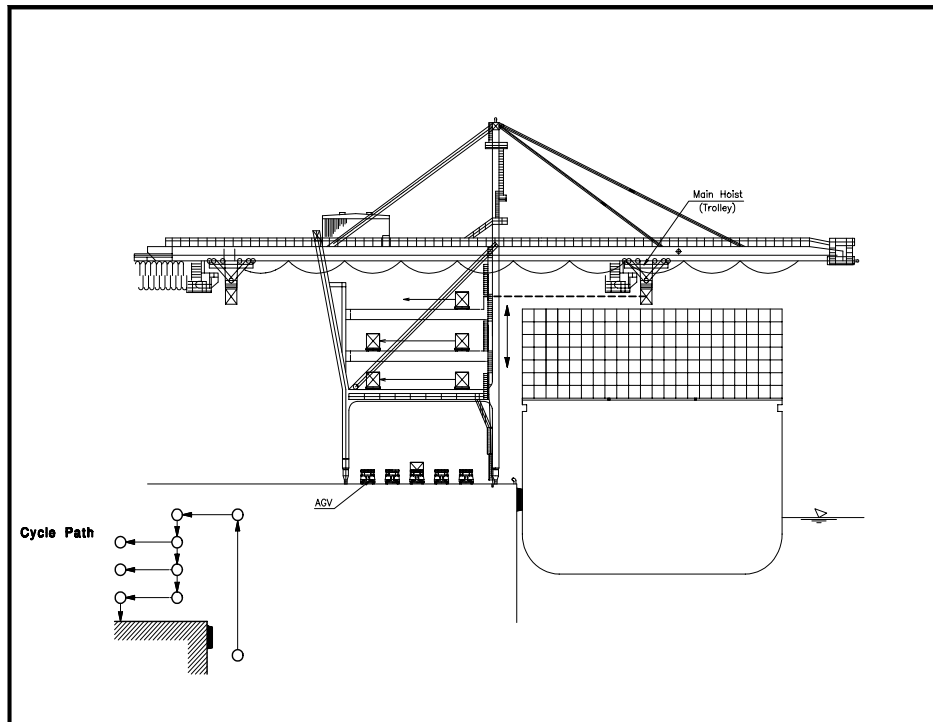
(2) 평가

구 분	설 명
생산성	• 기존 C/C에 비해 20% 생산성 증가
개발사	• ECT, Nelcon사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 네덜란드 ECT에서 운영 중
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• C/C의 육측 자동화
신개념	• C/C의 개량화 • 세컨트롤리, 트래버서(수평이동장치), 고정식 플랫폼, 새시로더
기술성	• C/C 운영시스템
장점	• C/C의 생산성 향상
단점	• 정밀한 C/C 운영시스템 요구

4) DHST(VIT 타입)

<그림 4-4>

DHST(VIT 타입)



자료 : KONE, 내부자료.

(1) 시스템

그림에서와 같이 크레인의 플랫폼(Platform)을 포털 빔상에 추가 설치하여 크레인 레그(Leg)측의 상하방향으로 이동함으로써 주 호이스트의 작업 이동거리를 최소화하기 위한 시스템이며, 이는 고정식 플랫폼에서 주 호이스트의 작업 경로와는 달리 이동식 플랫폼에서는 주 호이스트의 작업 경로를 균등 분담시켜 사이클타임을 보다 단축시키자는 개념으로 발전시킨 구조라 하겠다.

현재 Virginia International Terminal(VIT)에 2기가 설치된 이후에는 추가로 제작 설치된 것은 없는 것으로 알려져 있으며, 그 이유는 자동 제어 시스템의 복잡성, 잦은 고장률, 운영경비의 과다 및 생산성의 효율 등 때문에 외면하고 있는 것으로 판단된다.

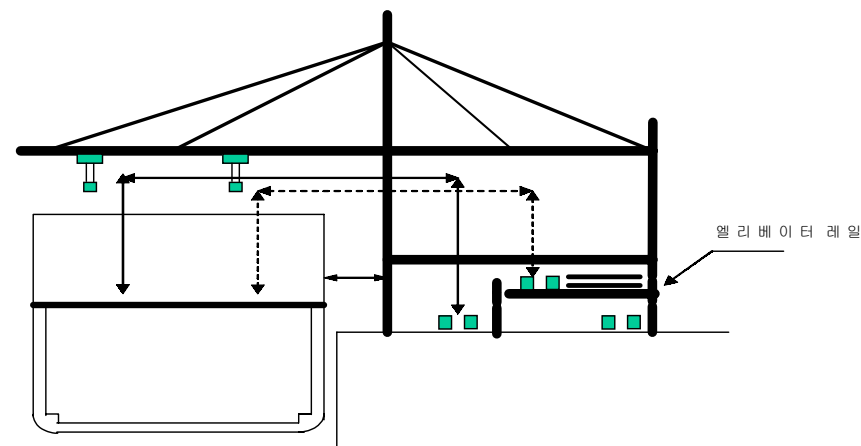
(2) 평가

구 분	설 명
생산성	• 기존 C/C에 비해 20% 생산성 증가
개발사	• VIT, KONE(핀란드)사
실현가능성	• 있음
운영항만	• VIT에서 운영 중
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• C/C의 육측 자동화
신개념	• C/C의 개량화 • 트래버서, 세컨트롤리, 상하 이동식 플랫폼
기술성	• C/C 운영시스템
장점	• C/C의 생산성 향상
단점	• 정밀한 C/C 운영시스템 요구

5) 더블 트롤리 시스템(Double Trolley System)

<그림 4-5>

더블 트롤리 시스템



자료 : H.G.Payer, "Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8000, 10000 or even 15000TEU", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1999.

(1) 시스템

이 시스템은 동일 주행로상을 두개의 트롤리가 동시에 이동하는 시스템으로서 두 개의 트롤리 작업에 따라 1회에 2개의 컨테이너를 동시에 이동할 수 있는 시스

템이다. 만약 자동화가 가능하다면 1인의 운전자로도 충분히 운영가능하며, 기본적으로는 두개의 캐빈과 두 사람의 운전자가 필요하다.

운전자의 캐빈은 트롤리 주행로를 벗어나 독립된 레일선상에 위치하며, 선박 해측 트롤리는 선박의 해측 1/2을 담당하고, 육측 트롤리는 선박의 육측 1/2을 담당하여 운송하는 형태를 가지게 된다. 이미 독립적인 캐빈은 VIT의 듀얼 호이스트 크레인에서 성공적으로 사용된 바 있다.

문제점은 하나의 트롤리가 이동시에 다른 트롤리가 이동을 방해하는 경우가 있으므로 이의 해결을 위해 각 트롤리에 매우 정교한 적재 제어 시스템과 운영 시스템이 요구된다.

또한 육측 부분에 엘리베이터 레일을 설치하여 육측 트롤리가 통과하는 동안 이송장비의 대기를 감소시키는 방안도 있다.

육측과 해측 트롤리 사이의 최소 거리는 8m이면 작업 가능하고, 시뮬레이션 결과 40~78%의 생산성 향상이 있는 것으로 나타났다.

이 시스템은 3대의 크레인으로 크레인당 70개 처리가 가능하여, 시간당 210개/슬립의 처리능력을 보여 주고 있다.

이 시스템은 가장 빠른 처리능력을 가진 터미널을 위해 지부루(Zeebrugge)에 있는 FCT(Flanders Container Terminal)에서 준비 중에 있다.

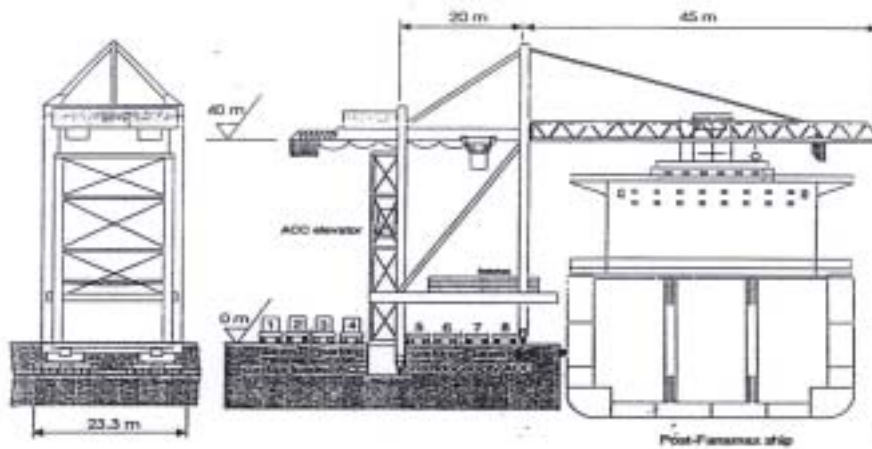
(2) 평가

구 분	설 명	비 고
생산성	- 시간당 45~70개(lifts)까지 처리가능 - 선박당 시간당 약 210개의 컨테이너 처리	
개발사	Ansaldo사	- FCT설치(Flanders Container Terminal) - 카오슝 Sea-Land 터미널
실현가능성	있음	
운영항만	카오슝 Sea-Land 터미널	
검증성	검증	
초대형선에 대한 대응성	1회 2개의 컨테이너 처리 - 최소의 장비로 서비스 수준 향상 가능	
신개념	- 동일 주행로상 두개의 트롤리 설치 - 엘리베이터 레일설치	
기술성	- 정교한 하중제어 시스템 필요 - 트롤리 컨트롤 시스템	
장점	C/C 생산성 향상	
단점	- 두개의 트롤리가 이동하기 때문에 붐의 치짐, 하중에 대한 문제 고려 - 운영의 복잡성 - 적합한 새로운 야드운영 시스템 필요	

6) 엘리베이터 크레인

<그림 4-6>

엘리베이터 크레인의 단면도



자료 : Itsuro Watanabe, *An Approach to the Automated Container Terminals*, 1996.

(1) 시스템

향후 8000TEU급의 초대형선은 평균 시간당 240개 이상의 컨테이너를 하역하게 되는데, 양현하역의 방식으로 8대의 컨테이너 크레인이 컨테이너를 하역하여야만 가능한 취급량이다. 그러나 일반터미널에서 선석당 최대 5대의 크레인으로 하역을 한다면 크레인 1대가 시간당 48개 이상의 컨테이너를 취급해야 한다는 결론에 이르게 된다.

이러한 생산성을 달성하기 위해서 전혀 새로운 개념의 컨테이너 크레인이 제안되었는데, 통합된 차량 엘리베이터를 이용하여 안벽을 수직으로 이동하는 엘리베이터 크레인이다.

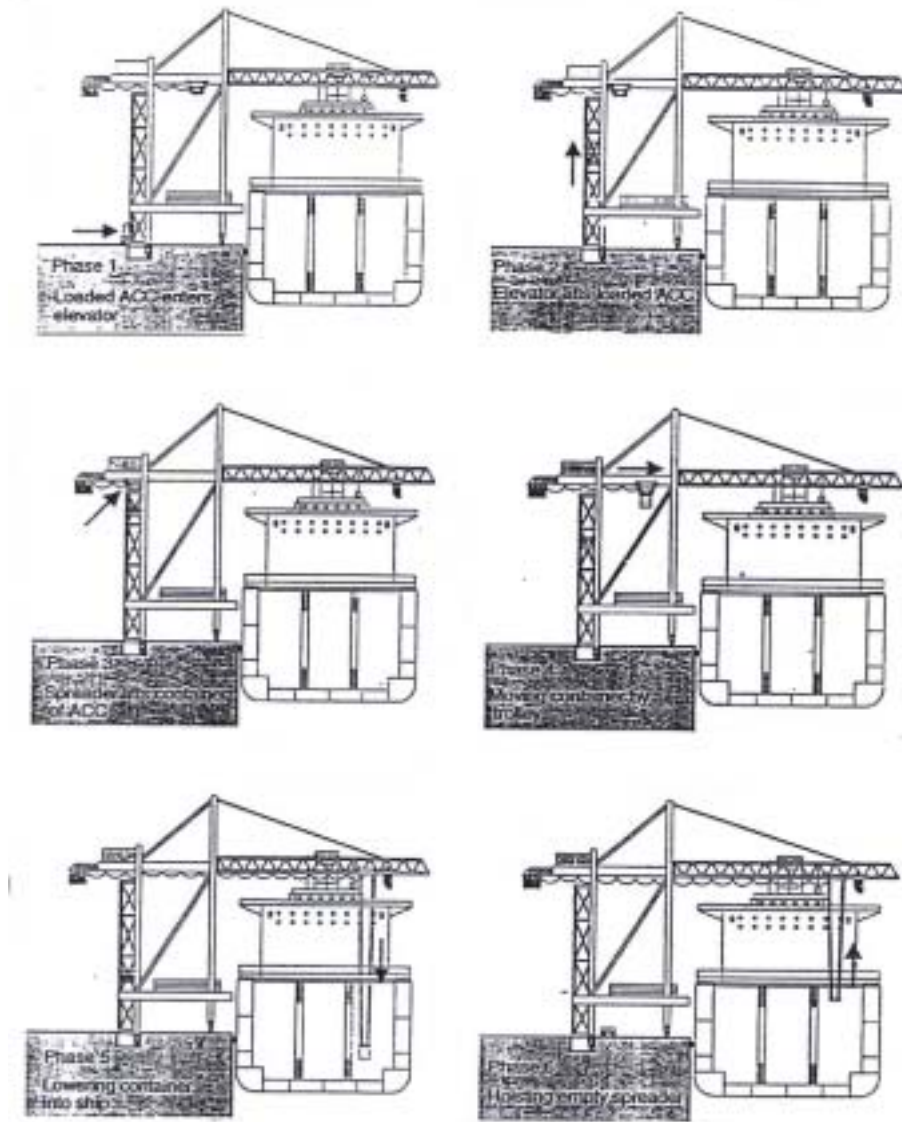
<그림 4-7>은 엘리베이터 크레인의 개념도와 운영과정을 나타낸 것이다.

하역과정에서 빈 ACC(Automated Cross Car)가 크레인 아래의 빈 플랫폼에서 리프트로 이동하고 상부에서 컨테이너를 받은 후 적재 플랫폼을 경유하여 크레인 영역 외부로 이동한다. 여기에서 트롤리와 스프레더, 리프트의 이동은 완전히 자동화된다. 선박 위에서 트롤리와 스프레더의 이동은 컴퓨터의 지원 아래 수동으로 조작되며, 운전석은 트롤리와는 별도로 분리되어 적재와 하역을 하는 동안 선박 위에 위치해 있다. 사이클타임의 단축은 스프레더의 이동과 동시에 안벽 위를 수

직이동하고 스프레더와 차량 사이의 컨테이너 전송시간을 줄임으로써 달성될 수 있다. 이것은 트롤리가 수평이동을 하기 때문에 가능한 것이고, 스프레더는 트롤리에 고정되어 흔들림이 억제되어 있다.

<그림 4-7>

엘리베이터 크레인의 적재사이클



자료 : Itsuro Watanabe, *An Approach to the Automated Container Terminals*, 1996.

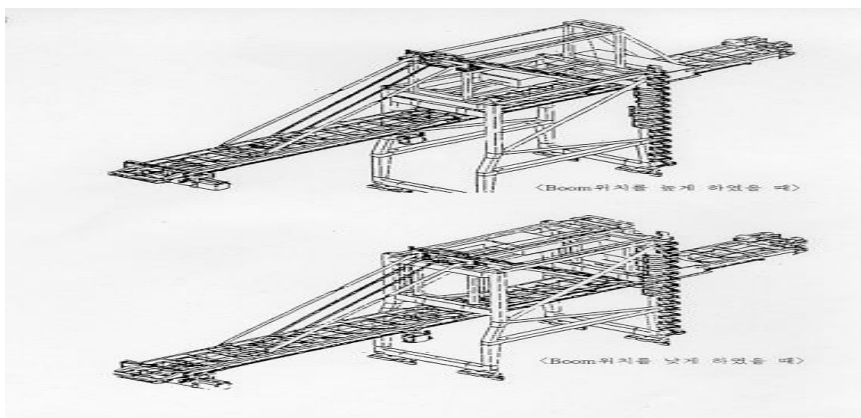
(2) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 51개(lifts)(평균 생산성)
개발사	• 델프트 대학교(Delft University)
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 이송장비의 상하 수직운동으로 안벽 하역장비 사이클타임의 최소화
신개념	• CC내 컨테이너 이송장비 : ACC • 안벽 하역장비의 개량 : ACC 엘리베이터
기술성	• 장비제작의 용이 • 이송장비와의 연계성 우수
장점	• 육측의 완전자동화 가능
단점	• 운영체제의 복잡성

7) 컨테이너 크레인 2000

<그림 4-8>

컨테이너 크레인 2000



자료 : Virginia International Terminal, 내부자료, 1996.

(1) 시스템

이 시스템은 크레인 제작회사가 아닌 터미널 운영자(VIT)에 의해 제안된 것이다. 컨테이너 하역의 새로운 개념 발전에 있어서 대형선박이 적재/양하시 필요로 하는 것은 단지 기동력(스피드)만이 아니라는 점에 초점을 맞춘 것이 바로 컨테이너 크레인 2000이다. 컨테이너 크레인 2000의 개념은 상하 유동거터를 갖는 갠트리 크레인이다. 이 크레인은 18열 이상을 처리할 충분한 아웃리치를 갖고 있으며 포스트 파나막스급 선박만을 위한 것이 아니라 컨테이너 바지를 포함한 여러 가지 형태의 컨테이너 수송선박을 한대의 크레인으로 처리할 수 있도록 하는 최상의 방법을 제공하는 것이다.

즉 각각의 선박이 요구하는 갠트리의 높이를 조정함으로써 선형 또는 선종과 무관하게 작업할 수 있어 불필요한 ‘Over-Hoisting’을 피할 수 있으며, 시간과 동력을 줄일 수 있다.

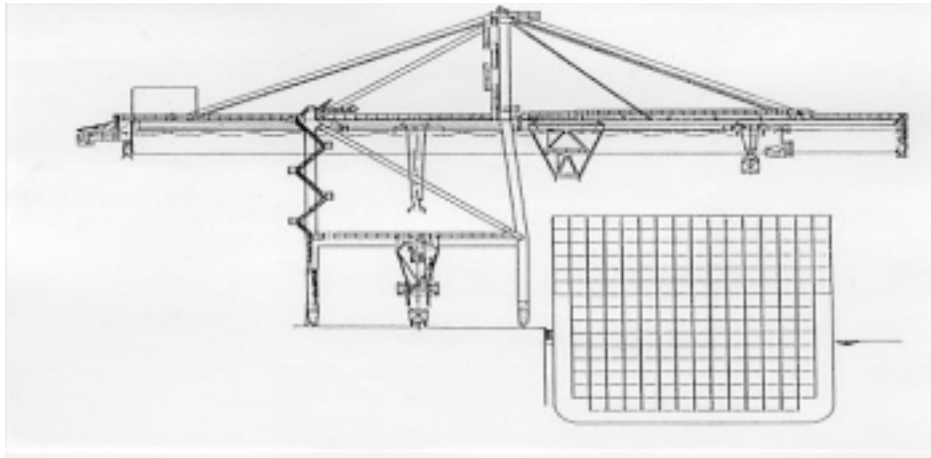
(2) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 40개(lifts)
개발사/제안사	• KONE사, VIT
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 거터의 상하 이동으로 사이클타임의 최소화
신개념	• 안벽 하역장비의 개량화 • 상하이동 가능한 거터
기술성	• 장비제작의 용이
장점	• 컨테이너 취급시 흔들림에 대한 안정성이 높음
단점	• 정밀한 C/C 운영시스템 요구 • C/C 구성 장비의 정밀한 연계작업 요구

8) 슈퍼테이너(Supertainer)

<그림 4-9>

슈퍼테이너



자료 : Japan International Cooperation Agency, *The Development of Container Terminal*, 1986~1987.

(1) 시스템

새로운 수준의 더블 트롤리 개념을 취한 것은 Paceco-Mitsui사에 의해 개발된 슈퍼테이너이다. 슈퍼테이너는 시간당 90개(lifts)를 취급하고 일반 싱글 크레인보다 3배, DHST 크레인보다 2배나 더 빠르다. 운전자의 캐빈은 해측 트롤리에 장착되어 있고 컨테이너 활강장치에 활강운행 캐빈이 장착되어 있다. 그러나 육상측 트롤리에는 운전자의 캡이 없다. 개발 특징은 호이스팅시 트롤리는 운행하지 않는다는 것이며, 대신에 해측 트롤리에서 육측 트롤리로 컨테이너를 전달하는 수평운동은 트래버서에 의해 수행된다. 트래버서는 트롤리가 내부로 올라갔을 때 거더의 바깥쪽 레일을 따라 운행된다. 트롤리와 트래버서가 겹쳐졌을 때 장착된 컨테이너가 이송된다. 대부분의 운영은 육상측과 해상측에 트롤리가 내리는 동작을 취하면서 위치를 잡을 때를 제외하고는 자동으로 운행된다. 비록 지금 신형 트래버서가 개발 중이지만 슈퍼테이너의 메인 호이스트는 선박의 크기에 상관없이 컨테이너 위치를 잡도록 트래버서보다도 스프레더를 더 높이 들어올린다.

슈퍼테이너는 DHST 크레인과 달리 트래버서라는 이송장치가 있어, 해측과 육측의 트롤리 사이를 분당 270미터의 빠른 속도로 이동하여 컨테이너를 담은 특수한 레일-마운티드 바스켓을 전달하는 시스템으로 되어 있다.

크레인의 아웃리치를 따라서 스스로 ‘Set-down/Picking’ 위치를 정하는 트래버서는 해측과 육측의 트롤리가 수행하는 컨테이너 처리량을 증가시킬 수 있다. 해측과 육측의 트롤리는 컨테이너 하역시 상하운동만을 하고 붐방향으로의 가로방향 이동은 하지 않는다.

계획된 운전 배열은 3개의 반도체 컨버터로 이루어지고, 첫 번째는 메인호이스트와 해상측 트롤리의 트롤리 운행을 위한 것이고, 두 번째는 메인호이스트와 육상측 트롤리의 운행과 갠트리 운행을 위한 것이며, 세 번째는 트래버서 운행과 슈트(Chute: 활강운동), 붐 호이스트 운행을 위한 것이다. 따라서 이 슈퍼테이너는 3개의 컨테이너를 동시에 처리할 수 있다.

슈퍼테이너 시스템 내에 컨테이너는 주 호이스트와 트래버서 운행에 의해 취급되며 이동은 동시에 시행된다. 트롤리 운행은 동일한 트롤리의 주 호이스트와 연결되고, 트롤리 운행은 단지 위치를 잡고 줄을 바꾸는 데 사용된다. Paceco-Mitsui사에서는 주 호이스트와 트롤리의 운행을 동시에 수행하는 데 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 반도체에 의해 제어되는 3가지 동작을 조합하여 동시에 운행하는 데에는 9가지 순서가 있다. 운영에 있어 어느 동작이든 사용하지 않거나 마음대로 멈출 수 있다.

주 호이스트 장치와 트롤리 이동장치 둘 다 트롤리 위에 놓여져 있다. 이 두 트롤리를 위한 전기공급통로는 페스툰 케이블(Festoon Cable)을 통해 공급된다. 주 호이스트는 1,800마력의 힘을 낼 수 있는 동력을 갖추고 있다. 그래서 안전규정에 따라 제안된 최소 600볼트 DC의 전력을 유지하기 위해서는 많은 케이블이 필요하고 반면에 주 호이스트와 트롤리 이동 간의 스위치 기어팬넬은 트롤리에 제공된다.

1번과 2번 변환기는 변압기를 통하지 않고 한쪽에서 다른 쪽으로 재사용하기 위하여 커다란 하나의 변압기로 연결되어 있다. 그래서 슈퍼테이너는 하나의 호이스트는 올리고 다른 하나는 내리는 기능을 한다.

슈트 내부에 육상측 호이스트가 컨테이너를 들어 올리거나 내릴 때 운전자가 그 아래로 걸어가는 것을 보호하기 위해 안전장치가 있으며, 손상을 방지하기 위하여 슈트 내부에 유압으로 작동하는 멈춤 장치가 있다. 정지장치의 기능으로 호이스트 컨테이너나 스프레더가 자동적으로 위험상황 발생 전에 정지하며, 일단 운전자의 안전성이 확인되면 정지장치는 중단된다.

이 시스템은 흔들림과 주기적 이동의 감소로 운전자의 편안함을 지키는 한편, 자동화 운영의 전환과 신뢰도를 확립함으로써 자동화 운영을 용이하게 하는 것으로 판단된다.

<표 4-3>

슈퍼테이너의 속도사양

구 분		속 도(m/min)
갠트리 속도		45
트롤리 권상하 속도(부하)	권상	135
	권하	150
트래버서 수평운동 속도		270

자료 : PACECO, 내부자료.

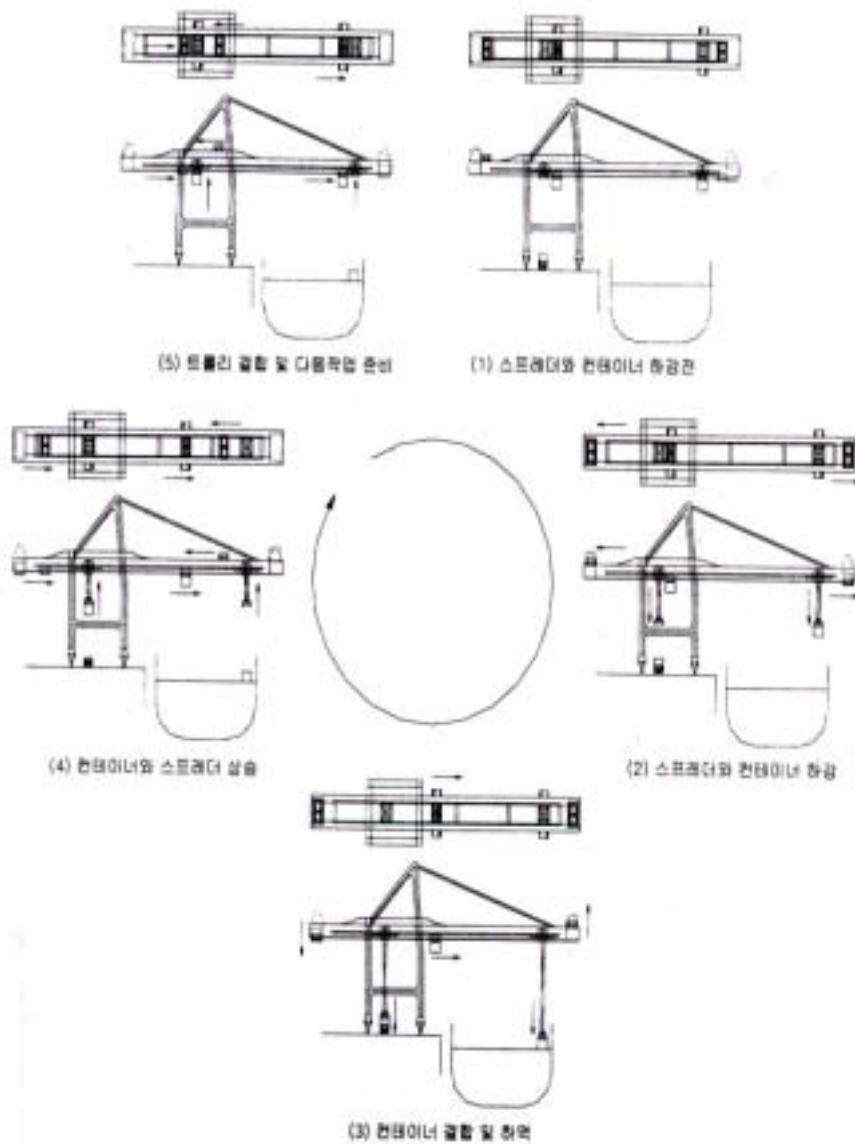
(2) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 70~90개(lifts)
개발사	• Paceco-Mitsui사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 각 장치별 기능의 분리 → 사이클타임의 최소화 • 육측 완전자동화로 인한 생산성 증가
신개념	• 안벽 하역장비의 개량화 • 수직운동: 트롤리, 수평운동 : 트래버서
기술성	• 이송장비와의 연계성 용이(자동화) • 컨테이너의 흔들림(스웨이) 현상 해결
장점	• 기존의 항만에도 적용가능 • 안벽-야드 간 차량의 흐름 단순화 • 일반 크레인에 비해 3배의 처리속도 • 해치커버리스 선박에 유리(각 장치의 직선운동) • 3개의 컨테이너 동시 처리 가능 • 기존의 크레인과 연계 작업 가능
단점	• 운영체제의 복잡성 • 하중제어 문제

9) 테크노테이너(Technotainer)

<그림 4-10>

테크노테이너



자료 : 크리아텍(주), 「고성능 수직순환식 컨테이너 크레인 사업계획서」, 1999.

(1) 시스템

고성능 수직 순환식 크레인이라고 불리는 이 시스템은 2개의 호이스트와 3개의 스프레더로 구성되어 있다. 호이스트는 육측의 AGV의 컨테이너를 작업하는 것과 해측의 선박 컨테이너를 작업하는 것으로 구분되어 있다. 각 스프레더는 호이스트에서 전달된 컨테이너를 다른 호이스트로 운송하는 역할을 한다.

육측 호이스트는 AGV에 상차된 컨테이너를 인수하게 된다. 육측 호이스트는 컨테이너를 붐의 위치까지 수직 이동하게 되고, 스프레더는 이 컨테이너를 해측 호이스트까지 수평 이동하게 되며, 해측 호이스트는 이 컨테이너를 선박에 적재하게 된다. 반면 컨테이너를 스프레더에 전달한 육측 호이스트는 다시 하강하여 AGV의 컨테이너를 인수하게 된다.

시스템의 특징으로는 2인의 작업자가 필요하고, 시간당 처리능력이 90개 정도이며, 이동시 트롤리-스프레더-컨테이너가 일체화되어 있으므로 출발/이동/정지시 진동이나 흔들림 발생이 일어나지 않는다. 육측 호이스트는 위치가 고정되어 있으므로 트럭의 위치만 일정한 위치로 유도하면 위치선정 시간이 절약된다.

(2) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 70-150개(lifts)
개발사	• 크리아텍
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 더블 호이스트의 수직 순환 운동방식으로 생산성 향상
신개념	• 안벽 하역장비의 개량화 - 육측 호이스트, 해측 호이스트 역할 분할(수직운동) - 스프레더 (호이스트간 수평운동)
기술성	• 붐의 높이를 낮출수 있음 • 컨테이너의 흔들림(스웨이) 현상 해결
장점	• 기존의 항만에도 적용가능 • 일반 크레인에 비해 3배의 처리속도
단점	• 운영체제의 복잡성

3. 신개념 통합 하역시스템

앞에서 살펴본 안벽 하역장비는 슈퍼 포스트 파나막스 선박의 사양에 맞추어서 작업이 가능하도록 설계하였으며, 많은 물량을 빠른 시간 내에 처리하기 위한 안벽 하역장비의 생산성 향상에 중점을 두었다.

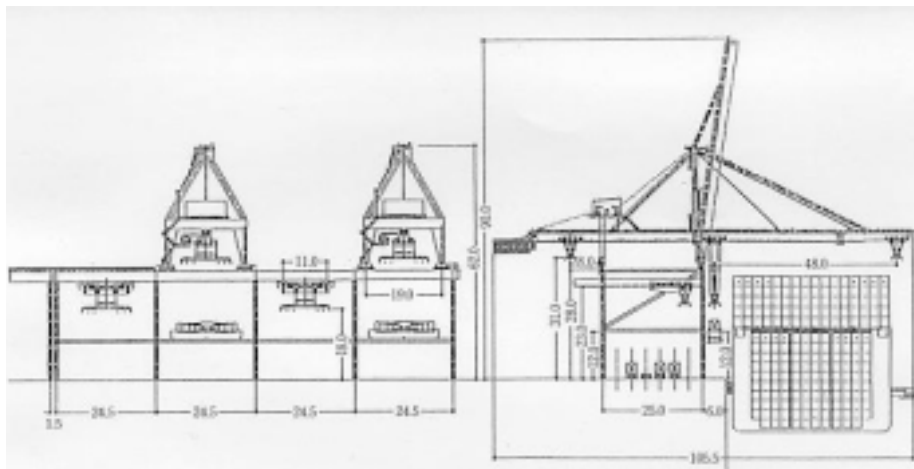
즉 C/C의 아웃리치가 60m 이상으로 증가하였으며, 호이스트의 속도와 트롤리의 속도를 향상시키고(무게와 하중의 문제점 부각), 자동화와 기계화를 통해 안벽 능력을 증대시키고자 하였다.

그러나 터미널에서 안벽과 야드 간, 야드 내에서의 컨테이너의 흐름 간에 병목 현상이 발생하게 된다. 이로 인하여 단순히 안벽 하역장비의 생산성을 향상시키는 것만으로는 터미널 전체의 생산성을 증대시키는 데 한계에 직면하게 된다. 그러므로 장비 간 이송에 따른 병목현상을 감소시키기 위하여 안벽과 야드의 물류 흐름을 직접적으로 연계하는 다양한 방법과 장치장의 능력을 증대시키기 위한 새로운 개념의 하역시스템을 개발하게 되었다.

1) 옥토퍼스 시스템(Octopus System)

<그림 4-11>

옥토퍼스 시스템



자료 : Fantuzzi-Reggiance Co. "The Most Advanced Connecting Link from Today to the Future of Container Terminals", *Octopus Browser*, 1996.

(1) 시스템

1995년 이후부터 실용화된 개념으로, 현재의 초대형 포스트파나막스 디자인으로는 컨테이너 크레인의 컨테이너 취급 속도와 능력에서 이미 한계에 도달해 있다는 견해에 기초를 두고 있다. 또한 최근 C/C의 구성이 크레인 간 간섭으로 인하여 해측에 설치될 수 있는 숫자를 제한하고 있으며, 크레인으로 인한 트랙터들의 병목현상을 유발하는 갠트리터널이 발생하게 된다.

옥토퍼스 시스템은 부두 표면을 따라 전체적인 프레임이 설치되고, 붐이 고정된 프레임 부분을 따라 옥토퍼스라는 이송장치가 장착된 레일 위를 움직임으로써 전체적인 크레인 부피를 줄일 수 있게 된다. 따라서 크레인이 차지하는 부분이 더 좁아도 되며, 붐당 휠의 수가 16개에서 8개로 줄어들게 되므로 더 많은 붐이 운영될 수 있는 것이다. 이 옥토퍼스 시스템은 붐의 사용을 6천~8천TEU급 선박당 최대 6개로 정하고 있으며, 각 붐은 듀얼호이스트 타입으로 운영된다. 이러한 시스템은 붐당 정박 길이를 반으로 줄이는 것으로 평가된다. 8개의 기준 부두 크레인은 약 650m의 정박 길이를 필요로 하는 반면에, 옥토퍼스 시스템은 320m 부두 길이에 6개의 붐이 적합하다. 평균 취급률은 시간당 240개이며, 이것은 배의 정박 시간을 63%나 감소시키는 결과를 가져 온다. 크레인에 대한 투자와 관련하여서도 Reggiane사의 옥토퍼스 시스템을 사용하는 운영자는 전통적인 크레인 사용자보다 25% 적은 수의 크레인만 소요된다고 한다.

하나의 선박에 동시에 6개의 붐이 작업을 할 수 있게 하기 위하여 선박-해측 이송에 대한 Reggiane사의 제안은 두 줄 육측운영이다. 크레인터널 아래의 도로(크레인의 선박측과 안벽측 사이)는 스테킹영역을 향하는 14m 정도 폭의 도로이다. 이 도로를 따라 예정된 컨테이너를 실은 AGV가 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)로 이동한다. 지상에서는 일반적인 트랙터-새시 통행이 프레임터널을 통과하는 두개의 레일을 따라 운행하게 되어 있으며, 비규격의 컨테이너나 늦게 도착한 컨테이너들을 수송하게 된다. 이 접근 방식은 잠재적인 혼잡을 피할 수 있을 것으로 보인다.

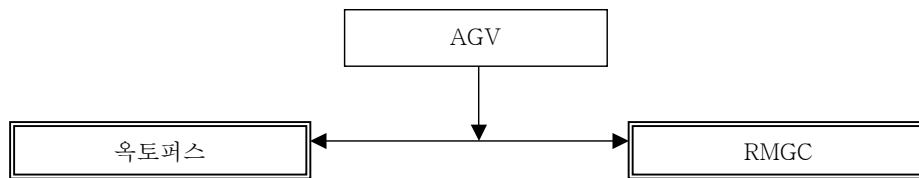
이 제안은 H/W 측면에서 최대 6개의 크레인으로 구성되는 320m 길이로 구성되며, 크레인 각각은 49.6m 길이의 아웃리치 주 붐(Main Boom)과 셔틀, 육상 트롤리, 그리고 S/W 측면에서 정박 장소에 대한 트래픽 컨트롤 시스템과 옥토퍼스 컨트롤 시스템(OCS : Octopus Control System)을 갖추고 있다.

옥토퍼스 컨트롤 시스템은 붐 배터리와 통합적으로 동작하는 통합시스템으로서, 실시간 운영의 피드백을 조절할 수 있도록 기능적 모듈로 구성되어 있다. 그리고 야드 컨트롤과 캐리어 사이에서의 운영과 통합적으로 동작하며, 실행동안 베이 플랜 일정을 재조정하여 장비의 상태를 관찰하고 진단을 내리며, 예상 밖의 상황이 발생한 경우에는 후진 재가동을 하고, 완료된 일에 대해 보고서 출력물을 송신한다.

크레인 구조를 연장하기보다는 듀얼 호이스트를 운영하는 붐이 고정된 프레임을 따라 장착된 레일 위를 옥토퍼스가 움직임으로써, 전체적인 크레인 부피를 줄이며 컨테이너 크레인을 지지하는 구조물의 폭을 약 50% 경감시키는 개념이다.

컨테이너 하역은 상부구조의 크레인 붐에 달려 있는 트롤리가 컨테이너를 들어올려서 하부 프레임의 전반부에 위치한 중간 플랫폼에 내려놓으면 하부 구조에 별도로 장착된 두 번째 트롤리가 컨테이너를 차량에 실어 주게 되는 형태를 띠고 있다.

<그림 4-12> 옥토퍼스 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구분	안벽	안벽 ↔ 야드	야드
장비	• 옥토퍼스		
시설	• 옥토퍼스 설치를 위한 프레임		
시스템	• 옥토퍼스 운영시스템 • 옥토퍼스 하중제어 • 정박 장소에 대한 트래픽 컨트롤 시스템		• 장치장 운영시스템

(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 40개(lifts), 선박당 240개(lifts)
개발사	• Reggiane사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 있음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 최대 6대의 C/C 서비스 가능
신개념	• 듀얼호이스트 타입 • 하부구조 : 고정프레임, 상부구조 : 컨테이너 크레인
장점	• 기존 크레인에 비해 선박서비스 시간을 63% 절감 • 컨테이너 크레인의 지지폭을 50% 절감
단점	• 운영체제의 복잡성

2) 머신 시스템(Machine System)

(1) 시스템적 특징

US-based Robotic Container Handling Co.社(RCH)가 특허를 갖고 있는 통합시스템인 ‘Robotic Handling Machine’프로젝트의 한 구성 요소로서, ‘Breasting Type Container Crane’개념이다. 이 프로젝트에는 Stevedoring Services of America, Ederer Inc., Havens Steel, Brown and Root 등 미국의 유명한 화물 취급회사들이 참여하고 있다.

‘머신’ 자체는 8개의 해측 크레인으로 구성되며, 이것들은 정박한 두 척의 선박에 동시에 서비스하도록 600m의 부두를 따라 서 있다. 각 크레인은 시간당 평균 50~70번을 실어 나를 수 있으며, 최대 시간당 90번 이상 작업을 하기도 한다. 이러한 형태의 통합 컨테이너터미널은 같은 물동량을 처리하는 터미널에 비해 면적의 10%만을 사용하게 되며, 기반 설비(Grounded Facility)는 20%만 차지하게 되는 것으로 평가된다.

8개의 해측 크레인 바로 뒤에는 자동저장창고 및 추출 시스템과 비슷한 기능을

가진 랜덤 액세스 래킹 시스템이 있으며, 입항 컨테이너는 해측 크레인으로부터 레일이 장착된 트랜스포터에 옮겨진다. 컨테이너 접수장치는 머신을 원형으로 둘러싸고 있으며, 컨테이너를 자동 레일카로 빠르게 수송할 수 있도록 디자인되어 있다. 각 크레인에는 두개의 할당된 트랜스포터가 있으며, 셔틀모드에서 첫번째 트랜스포터는 랙 스토리지 랜덤 액세스 구조로 컨테이너를 이동시킨다. 이 구조는 두 개의 저장공간 베이틀 포함하고 있으며, 데크 밑 셸로부터의 더블 사이클링의 경우 컨테이너는 하나의 트랜스포터에 옮겨지고, 랙(Rack)의 지정된 빈 슬롯에 옮겨진다. 두 번째 트랜스포터는 컨테이너를 선적 준비가 되어 있는 정박 크레인의 백리치 아래로 옮긴다. 이때 주 전산기는 사용 가능한 슬롯에 관련된 정보를 저장한다.

랙 사이에서 움직이는 샤프티드 브리지 크레인(**Shafted Bridge Crane**)이 컨테이너가 트랜스포터 위에 안착되기 전에 백리치 아래에서 90°회전시킨다. 또한 컨테이너가 랙으로부터 레일카나 트럭 새시로 이동되거나 가까운 컨테이너 화물스테이션으로 오버헤드 모노레일에 의해 옮겨질 수 있도록 한다. 공컨테이너를 16개 셸에 쌓을 수 있는 구조로서 상부에 있는 컨테이너가 먼저 나갈 수 있게 저장된다.

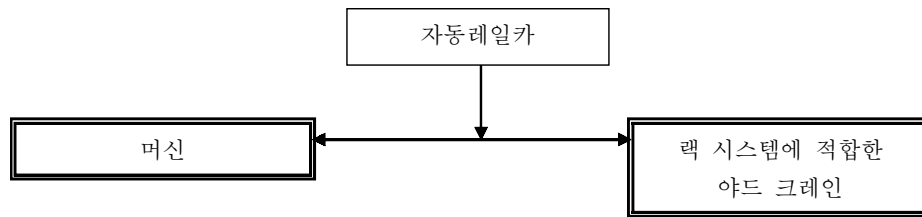
RCH는 세 가지 형태의 머신 시스템의 디자인을 개발했는데, 이 세 가지 옵션에 대한 사양과 그 응용은 정확해야 하며, 각각의 특징은 고객의 요구에 맞추어 조합될 수도 있다. 각각의 디자인의 특징은 다음과 같다.

- 매년 60만개의 컨테이너를 취급할 수 있으며 자체적인 내부 통합 링크를 갖추고 있으므로 입·출항터미널 항만에 적합하다.
- 나란히 동작하는 12개 이상의 머신 보유하여 환적 항만에 적합하다.
- 내륙 통합터미널에 적합하다.
- 레일카와 새시 사이의 이동량이 많다.

머신은 광/컴퓨터 문자인식 시스템(**ORS : Optical Recognition System**)이나 자동무선 컨테이너 인식 시스템과 연계해서 동작하도록 할 수도 있다.

<그림 4-13>

머신 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장비	• 머신	• 자동레일카	• 랙 시스템에 적합한 야드 크레인
시설		• 레일설치	• 랙 시스템
시스템	• 머신 운영시스템 • 머신 하중제어		• 랙 운영시스템

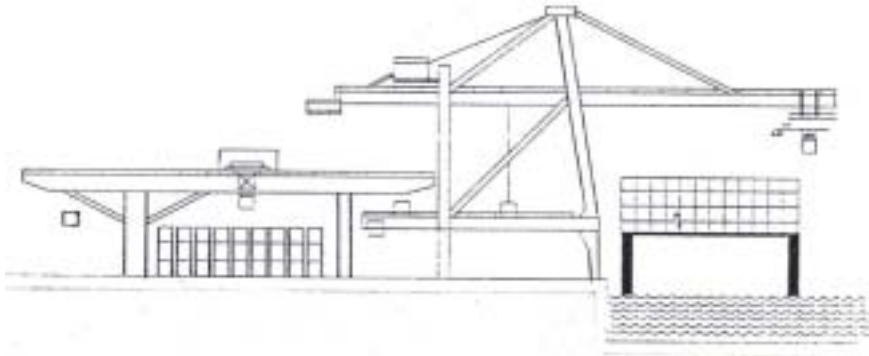
(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 최대 90개(lifts)
개발사	• US-based Robotic Container Handling Co.(미국)
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 자동화된 이송시스템과 랙 시스템으로 대량의 컨테이너를 신속하게 처리/보관 가능 • 34시간 내에 7천개 작업 가능
신개념	• C/C의 기계적 통합으로 인하여 면적 축소 가능 • C/C의 개량으로 야드 장비로 직접 이송
장점	• C/C의 생산성 향상 • 안벽, 야드 자동화 가능
단점	• C/C의 하중 제어 • 이송장비의 병목현상 발생 가능성

3) 마우스 트랩 시스템(Mouse Trap System)

<그림 4-14>

마우스 트랩 시스템



자료 : 크리아텍(주), 「고성능 수직순환식 컨테이너 크레인 사업계획서」, 1999.

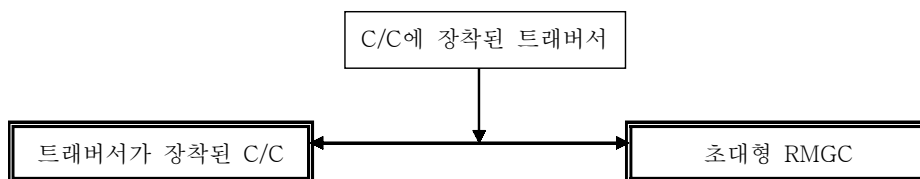
(1) 시스템

이 시스템은, 컨테이너 크레인의 포털 빔(Portal Beam)을 백리치 쪽으로 길게 연장하고, 이 빔 위에 트래버서를 설치하여 여기에 컨테이너를 내려놓으면 자동으로 백리치 쪽으로 이송되어 대기하던 초대형 RMGC의 트롤리에 의해 지정위치로 이송되도록 컴퓨터 제어에 의해 통제된다.

즉 컨테이너 크레인은 컴퓨터 제어방식에 의한 트랜스퍼 트롤리 방식을 통하여 RMGC에 연동이 되어 있다. 컨테이너 크레인과 RMGC는 모두 VDU(Visual Display Unit)가 설치되어 중앙컴퓨터와 온라인, 실시간으로 데이터 공유를 실시하고 있으며, 적하와 양하가 동시에 가능한 더블 트롤리 방식을 채택하고 있다. 이 시스템의 시간당 처리량은 약 40개(lifts)이다.

<그림 4-15>

마우스 트랩 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구분	안벽	안벽 ↔ 야드	야드
장비	• 트래버서가 장착된 C/C	• 트래버서	
시설			
시스템	• C/C 운영시스템		• 트래버서에서 병목현상을 방지하기 위한 장치장 시스템

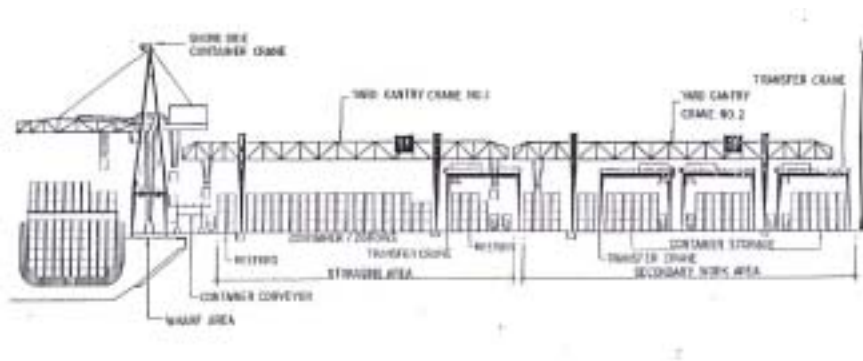
(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 40개(lifts)
개발사	• Nelcon(네덜란드)사, MGM(이탈리아)사
실현가능성	• 있음
운영항만	• La Spezia(이탈리아)
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• AGV의 운행으로 인한 작업 병목현상을 배제함으로써 터미널 생산성을 향상
신개념	• 안벽 하역장비와 야드 하역장비 사이의 컨테이너 이동시 차량사용 안함 • 안벽 하역장비의 개량으로 컨테이너를 야드 하역장비로 직접 이송
장점	• 안벽과 야드 간, 야드 내의 완전 자동화 가능
단점	• 백리치에서 컨테이너의 병목현상 발생 가능성

4) 오버헤드 시스템(Overhead System)

<그림 4-16>

오버헤드 시스템



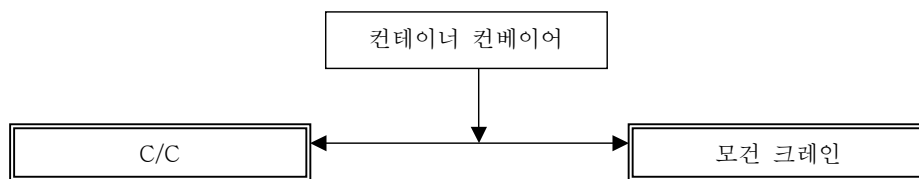
자료 : Japan International Cooperation Agency, *The Development of Container Terminal*, 1986~1987.

(1) 시스템

미국의 Morgan사에 의해 제작된 것으로서 컨테이너와 야드 크레인 사이에 컨테이너 컨베이어를 설치하여 이송하는 시스템으로, 백리치 부근에 5개의 컨테이너를 수평으로 적치할 수 있는 컨베이어를 가지고 있으며, 그 뒤에 대형의 야드 크레인(Morgan Crane)이 있어 컨테이너를 적재하여 이동할 수 있는 시스템이다. 터미널 내에는 별도의 컨테이너 운송 차량과 장치가 필요하지 않으며, 크레인의 모든 동작은 컴퓨터 제어에 의해 이루어지고 컨테이너 크레인 및 관제탑 컴퓨터와 서로 연결이 되어 완전 자동으로 운전할 수 있도록 설계된 시스템이다.

<그림 4-17>

오버헤드 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장 비		• 컨테이너 컨베이어	• 모건 크레인
시 설			
시스템	• C/C 운영시스템		• 컨베이어에서 병목현상을 방지하기 위한 장치장 운영시스템 • 모건 크레인 고속화기술

(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 최대 45개(lifts)
개발사	• Morgan사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 매트슨 터미널(미국 LA)
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• AGV의 운행으로 인한 작업 병목현상을 배제함으로써 터미널 생산성을 향상
신개념	• 안벽 하역장비와 야드 하역장비 사이의 컨테이너 이동시 차량사 용 안함 • 컨테이너 컨베이어를 이용하여 안벽에서 야드로 이동 • 초대형 야드 크레인을 이용한 생산성 향상
장점	• 안벽과 야드 간, 야드 내의 완전 자동화 가능
단점	• 컨베이어에서 컨테이너의 병목현상 발생 가능성

5) 플리다 시스템(Flyda System)

(1) 시스템

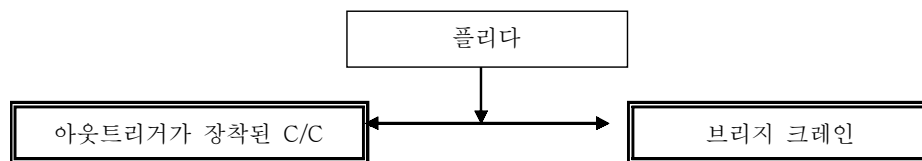
컨테이너 크레인이 컨테이너를 처리함에 있어 곡선적인 요소를 완전히 배제하고 직각 이동을 할 수 있도록 컨테이너 트랜스퍼 트롤리를 자동화시킨 레일 이송 방식이다. 이 시스템은 컨테이너 크레인이 선박에서 컨테이너를 집어서 빔 상부 양쪽에 특수하게 설계된 받침장치(Outtrigger) 위에 놓게 되면 플리다라는 컨테이너 이송장치가 레일 위를 이동하면서 컴퓨터에 의해 제어되어 야드의 브리지 크레인 위치를 찾아가는 방식으로 야드 운영시스템을 자동화한 것이라 할 수 있다.

브리지 크레인은 길이가 93m로 26열을 적재할 수 있도록 배치하여 컨테이너 크레인에서 직접 야드에 적치하거나 로트랙터로 반출할 수 있는 체제를 갖추고 있다.

트랜스퍼 트롤리의 이동은 중앙 컴퓨터에 의해 제어감시, 점검 및 고장 추적을 할 수 있는 기능을 갖추도록 자동화하였으며, 처리량은 컨테이너 크레인 1대당 1시간에 60개의 처리능력을 가지고 있다.

<그림 4-18>

플리다 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장비	•아웃트리거가 장착된 C/C	•플리다	•레일이동의 브리지 크레인
시설			•브리지 크레인을 위한 레일
시스템	•C/C 운영시스템		•C/C와 플리다의 원활한 운영을 위한 장치장 운영시스템

(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 최대 60개(lifts)
개발사	• Flyda(영국)사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• AGV의 운행으로 인한 작업 병목현상을 배제함으로써 터미널 생산성을 향상
신개념	• 안벽 하역장비와 야드 하역장비 사이의 컨테이너 이동시 차량사용 안함 • 컨테이너 이동장비인 플리다를 사용하여 안벽에서 야드에 이송
장점	• 안벽과 야드 간, 야드 내의 완전 자동화 가능
단점	• 정교한 운영 시스템 필요

6) 컨테이너베이어 시스템(Containerveyor System)

(1) 시스템

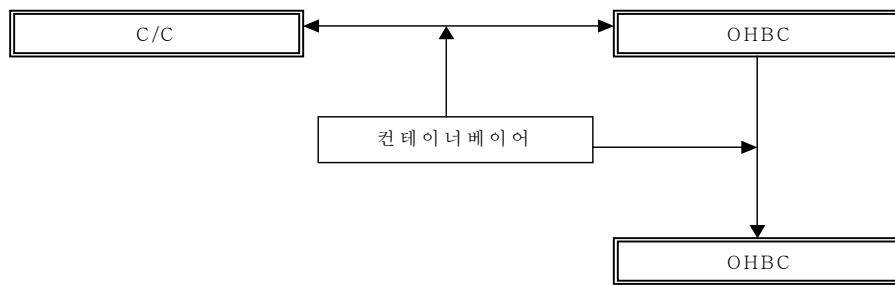
이 시스템은 플리다 시스템과 유사한 시스템으로 컨테이너 크레인에 의해 처리된 컨테이너를 컨테이너베이어에 실어 보내면 빠른 속도의 오버헤드 크레인이 무인 자동운전으로 야드의 지정된 위치에 적치하거나 또는 적치된 컨테이너를 역순으로 반출하는 순환회로를 구성하는 방식이다.

야드는 수출과 수입지역, 컨테이너의 무게에 따라 4단계로 적재지역으로 나누고, 야드의 컨테이너베이어 버퍼로 수평 이동시킴으로써 각 컨테이너 크레인 전용 컨테이너베이어 라인과 예비 라인을 보유하고 있다.

처리량은 고속크레인을 적용시킨다면 시간당 50~70개(lifts)의 처리가 예상된다.

<그림 4-19>

컨테이너베이어 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장비		• 컨테이너베이어	
시설		• 야드의 물리적 공간을 4개로 나눈후, 컨테이너 베이어를 설치	
시스템	• C/C 운영시스템		• 장치장 운영시스템 • 야드의 최적 설계 필요

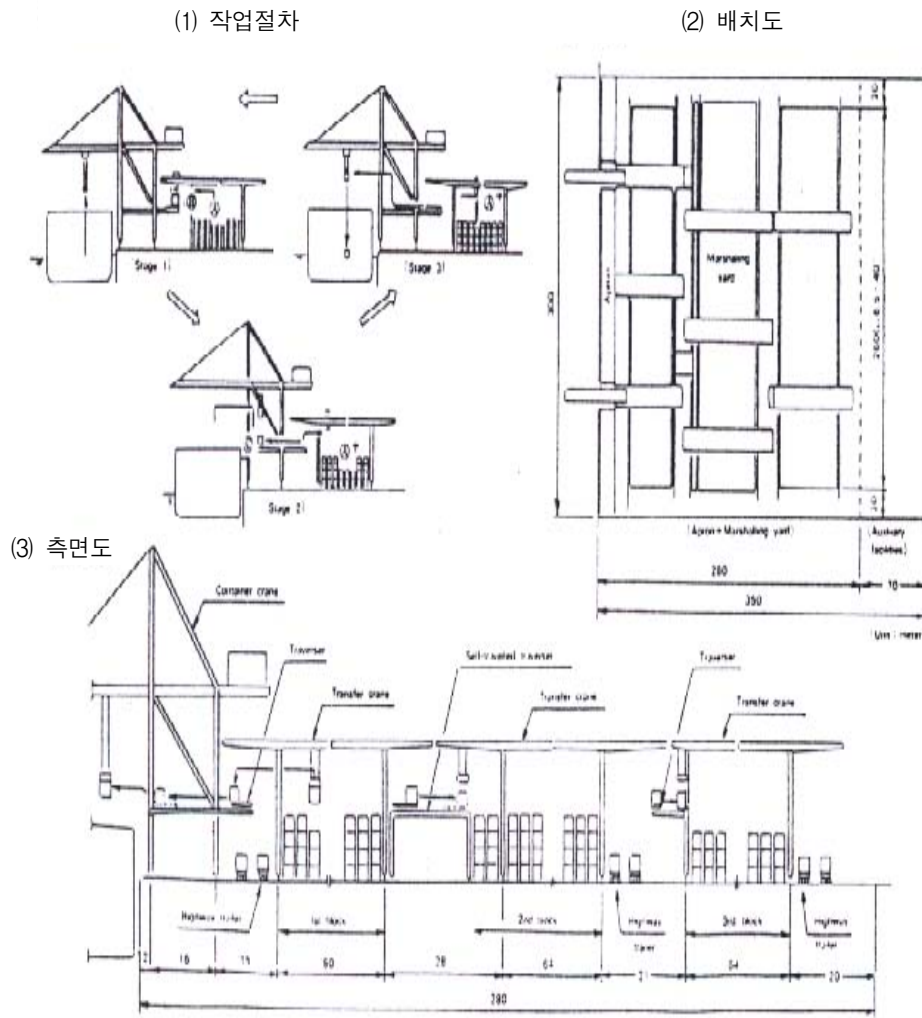
(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 50~70개(lifts)
개발사	• 없음
실현가능성	• 없음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• AGV의 운행으로 인한 작업 병목현상을 배제함으로써 터미널 생산성을 향상
신개념	• 안벽 하역장비와 야드 하역장비 사이의 컨테이너 이동시 차량사용 안함 • 안벽과 야드 간, 야드 내의 컨테이너 이동을 컨테이너베이어를 이용하여 이송
장점	• 안벽과 야드 간, 야드 내의 완전 자동화 가능
단점	• 정교한 야드, 컨테이너베이어 운영시스템 필요

7) MHI 트래버서 시스템(MHI Traverser System)

<그림 4-20>

MHI 트레버서 시스템



자료 : MHI 내부자료.

(1) 시스템

본 시스템은 앞에서 살펴본 마우스 트랩 시스템의 경우와 같이 터미널의 자동화 운영을 목적으로 컨테이너 크레인과 야드 간의 컨테이너 취급을 위하여 컨테이너 크레인에 트래버서를 장착한 것이다.

<그림 4-20>에서와 같이 동 시스템은 다음과 같은 기계들로 구성되어 있다.

- i) 트래버서를 장착한 컨테이너 크레인
- ii) 트래버서를 장착한 레일타입의 트랜스퍼 크레인
- iii) 자동화 트래버서(이는 레일마운티드 트랜스퍼 크레인에 트래버서가 장치되지 않은 경우에 사용)

컨테이너선박과 마샬링야드 간 컨테이너의 이동은 야드의 차량을 사용하지 않고 트래버서와 크레인의 릴레이시스템에 의해 즉각적으로 수행된다. 크레인들 사이에 트래버서가 사용됨으로써 크레인 간의 간섭과 충돌이 발생할 여지가 없으며 안전한 야드운영이 보장된다.

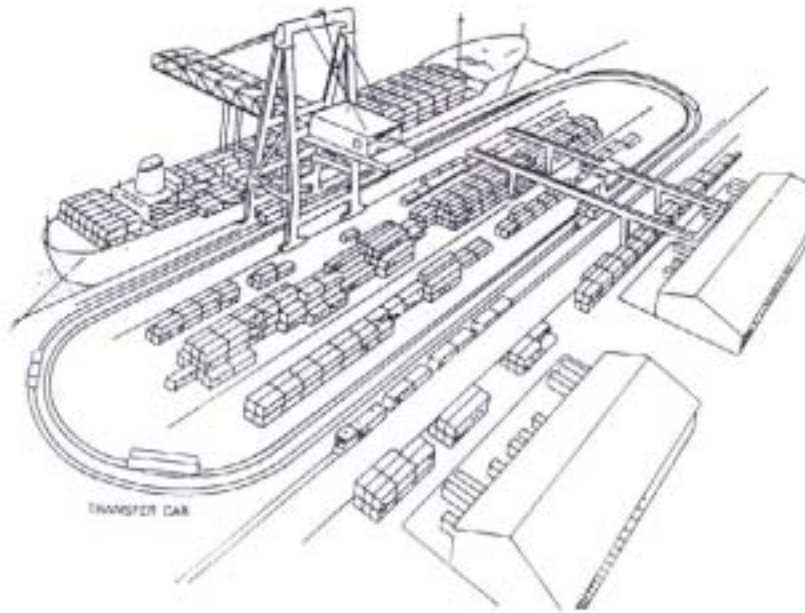
컨테이너 크레인은 드래프트와 조수의 변화에 따른 컨테이너선박의 해면으로의 표류를 조정하기 위하여 드라이버가 필요하나 야드 크레인과 자동화 트래버서에는 무인운영이 가능하다. 야드에 컨테이너가 3~4단으로 야적되어 있는 경우에도 취급속도를 감소시키지 않고 자동화운영이 가능하며, 적재능력은 재래시스템에 비하여 2배 정도 증가하게 된다. 또한 컨테이너 크레인에 트래버서를 장착함으로써 시간당 45개 컨테이너를 취급할 수 있으며, 이에 따라 취급능률은 재래시스템에 비하여 약 50%가 향상될 수 있다.

동 시스템은 자동화터미널이 지향하는 취급능률의 향상, 터미널면적의 효율적 사용, 인력의 절감, 작업의 간소화 등 모든 목적이 달성가능하다.

8) 파세코 자동이송차량 시스템(PACECO Automated Transfer Car)

<그림 4-22>

파세코 자동이송차량 시스템



자료 : PACECO 내부자료.

(1) 시스템

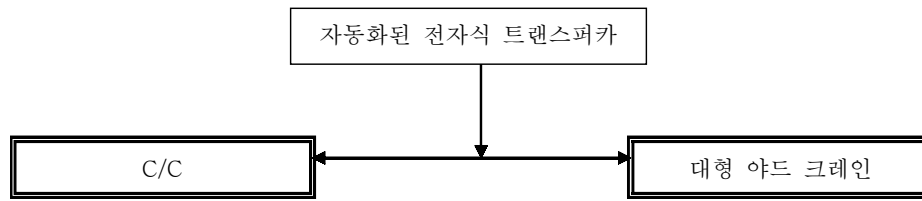
본 시스템은 레일형식, 대형 야드 크레인, 마샬링야드와 에이프런지역에서 컨테이너 이송을 위한 자동화된 전자식 트랜스퍼카 등을 갖추고 있으며, 터미널에서 가장 신뢰성 있는 자동화 시스템이라고 할 수 있으나, 야드운영의 편리성을 위하여 트랙이 복잡하게 설계되는 경우 자동화 스위치 포인트가 증가하게 됨에 따라 대단히 복잡한 시스템이 될 가능성이 있다.

또한 터미널면적의 상당 부분이 자동화 트랜스퍼카를 위한 트랙으로 사용됨으로써 토지이용의 효율성이 감소할 수도 있다. 컨테이너 크레인의 효율성은 기존의 시스템과 비슷하나 컨테이너 취급효율은 크게 향상되기 어렵다.

단, 인력의 절감효과와 작업의 단순화 효과는 어느 정도 인정되고 있다.

<그림 4-23>

파세코 자동이송차량 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구분	안벽	안벽 ↔ 야드	야드
장비		• 자동화된 전자식 트랜스퍼카	
시설			• 트랜스퍼카 트랙
시스템		• 트랜스퍼카 운영 시스템	• 트랜스퍼카 운영시스템 • 트랜스퍼카 트랙 최적 설계

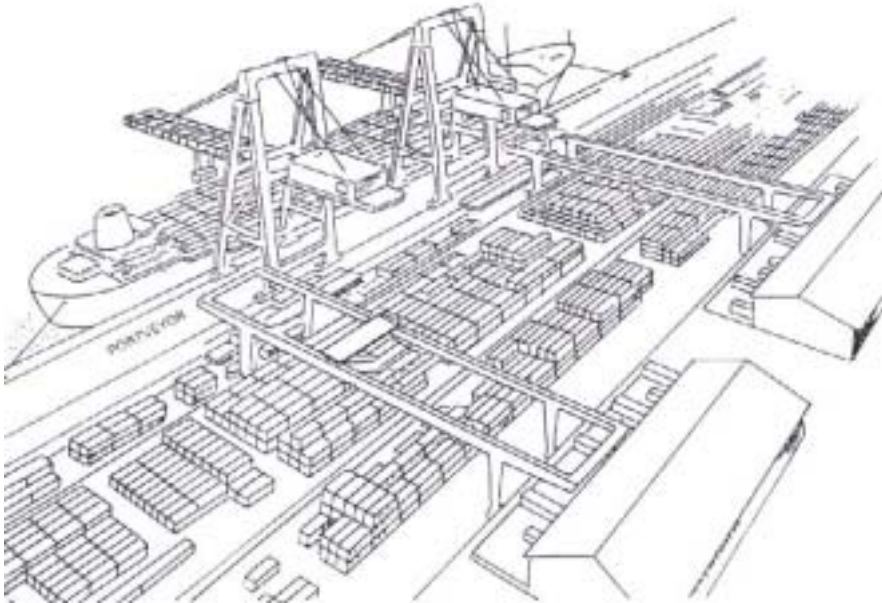
(3) 평가

구 분	설 명
개발사	• PACECO사
실현가능성	• 없음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 트랜스퍼카와 대형 야드 크레인을 이용
신개념	• 야드와 에이프런지역을 자동화된 전자식 트랜스퍼카를 이용하여 컨테이너 이송
장점	• 토지이용률 향상, 작업 단순화 가능
단점	• 트랙 설계 정도에 따라 운영시스템 복잡 • C/C의 효율성 증대 가능성 희박

9) 파세코 포트베이어(PACECO Portveyor) 시스템

<그림 4-24>

파세코 포트베이어 시스템



자료: PACECO 내부자료.

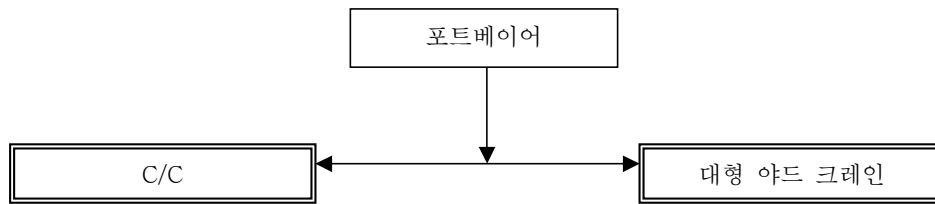
(1) 시스템

본 시스템 역시 레일형식, 대형 야드 크레인이 주요 구성 부분으로 되어 있으며, 컨테이너 취급을 위하여 C/C 사이에 포트베이어(Portveyor)가 위치하고 있다. 포트베이어는 C/C와 야드 크레인 주행방향으로 컨테이너를 이동시키는 장치이다.

이 시스템에서는 컨테이너가 지속적으로 포트베이어에 의하여 컨테이너 크레인으로 이동하게 된다. 그러나 C/C의 백리치가 사용되므로 컨테이너 취급효율의 증가는 그다지 기대하기 어렵다. 그러나 터미널면적의 효율적인 사용에 대해서는 상당한 효과를 기대할 수 있다. 인력절감의 효과와 작업의 단순화 효과는 파세코 자동이송차량 시스템과 비슷하다.

<그림 4-25>

파세코 포트베이어 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장 비		• 포트베이어	• 대형 야드 크레인
시 설			• 야드 크레인 레일 설치
시스템		• 포트베이어 운영시스템	• 장치장 운영시스템

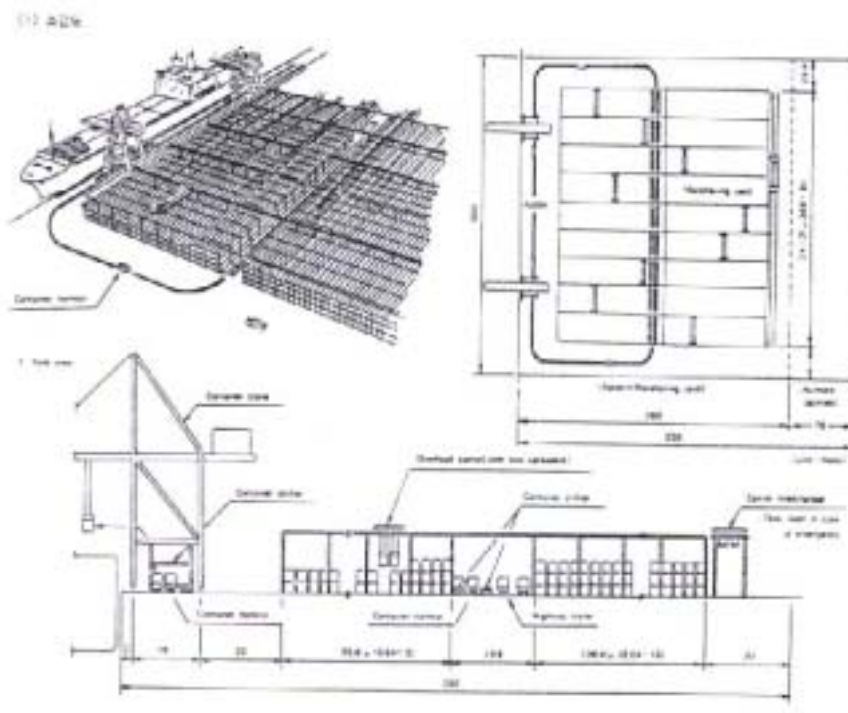
(3) 평가

구 분	설 명
개발사	• PACECO사
실현가능성	• 없음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 안벽과 야드 사이의 컨테이너 이송수단인 포트베이어와 대형 야드 크레인을 이용
신개념	• 안벽과 야드 사이의 컨테이너 이송에 포트베이어를 이용
장점	• 토지이용률 향상, 작업 단순화 가능
단점	• C/C의 효율성 증대 가능성 희박

10) MHI MACS 시스템

<그림 4-26>

MHI MACS 시스템



자료 : MHI 내부자료.

(1) 시스템

본 시스템은 컨테이너시프트가 부착된 C/C, 오버헤드캐리어, 컨테이너트랩카 등의 기계로 이루어져 있으며, 마샬링야드에서는 오버헤드 크레인과 유사한 여러 개의 오버헤드캐리어가 부두전면과 수직으로 작동하게 배치되어 있다. 마샬링야드와 에이프런에는 컨테이너트랩카를 위한 레일트랙이 설치되어 있으며, 레일설계는 일방통행을 위하여 단순하게 설계되어 있다. 컨테이너는 오버헤드캐리어가 컨테이너 크레인으로부터 왕복하는 컨테이너트랩카를 이용하여 이송하게 된다. 컨테이너시프트는 컨테이너트랩카로의 왕복 선적하역을 위하여 오버헤드캐리어 뿐 아니라 C/C에도 장착된다. 또한 오버헤드캐리어와 크레인은 트랩카의 움직임

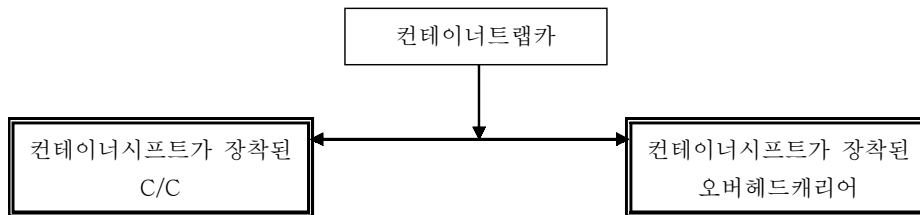
에 의하여 지장을 받지 않기 때문에 높은 효율성이 달성될 수 있다. 오버헤드캐리어에는 2개의 스프레더가 장착되어 있으므로 야드에서 2개의 장소에 컨테이너를 쉽게 취급할 수 있다.

전술한 바와 같이 컨테이너 취급효율은 약 30%까지 향상될 수 있을것으로 예상되나 마샬링야드에서의 컨테이너 야적은 2단으로 제한됨으로써 터미널면적의 효율적인 이용은 약간 제약을 받게 된다.

C/C를 제외하고는 거의 모든 장비가 무인자동화운영이 가능하므로 인력의 절감과 작업의 단순화가 기대되는 시스템이라고 할 수 있다.

<그림 4-27>

MHI MACS 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구분	안벽	안벽 ↔ 야드	야드
장비	• 컨테이너시프트가 장착된 C/C	• 컨테이너트랩카	• 컨테이너시프트가 장착된 오버헤드캐리어
시설		• 레일설치	
시스템		• 트랩카 운영시스템	• 장치장 운영시스템

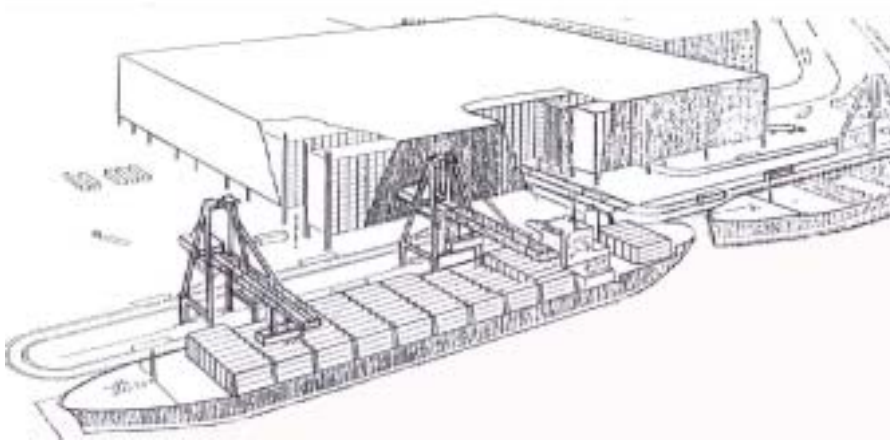
(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 30% 향상
개발사	• MHI사
실현가능성	• 없음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 트랩카를 이용한 안벽과 야드 간 컨테이너 이송
신개념	• 에이프런과 야드 사이의 일방통행 트랩카 • 2개의 스프레더를 장착한 야드 크레인 • 컨테이너시프트가 장착된 C/C
장점	• 안벽과 야드 간, 야드 자동화 가능
단점	• 토지이용률 저하

11) 사일로 스피드테이너 시스템

<그림 4-28>

사일로 스피드테이너 시스템



자료 : 한국컨테이너부두공단, 「광양항 2단계 컨테이너부두 개발 사업 실시설계」, 1995. 5.

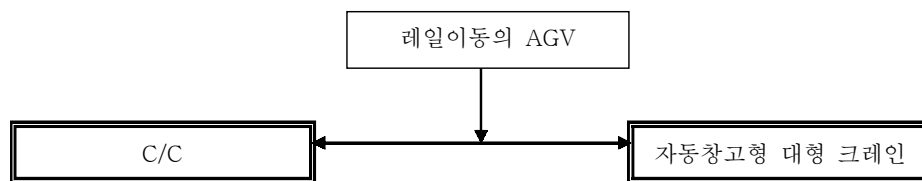
(1) 시스템

이 시스템은 일명 컨테이너 사일로 시스템이라고 말하며, 컨테이너의 하역 및 고밀도 보관방법을 최대화하기 위한 시스템으로서, 최근 창고 자동화에 적용되는 일반화물 처리기술을 컨테이너 적재에 응용한 것이나 아직은 어느 컨테이너터미널에도 적용되지 않은 이론적인 운영시스템이며, 그 성능은 입증되지 않았다.

이 시스템은 <그림 4-28>에서 보는 바와 같이 선박에서 하역된 컨테이너를 무인 자동이송장치가 설치된 레일을 따라 사일로 형태의 적재장소로 이동시키며, 적재창고에 설치된 대형 크레인이 각 블록별로 컨테이너를 적재하는 형태를 띠고 있다.

<그림 4-29>

사일로 스피드테이너 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장 비		• AGV	• 자동창고형 대형 크레인
시 설		• 레일설치	• 사일로 형태의 자동창고
시스템			• 자동창고 운영시스템

(3) 평가

구 분	설 명
개발사	• Kiser Engineering사, Paceco사
실행가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 이송장비/야드 하역장비의 자동화 • 이송장비의 신속성→신속한 컨테이너 이송가능
신개념	• 안벽↔적재장소 간 이송시스템의 레일화 • 이송장비/야드 하역장비의 손쉬운 자동화
장점	• 고밀도의 컨테이너 적치→높은 토지효율성
단점	• 정밀한 장치장 운영시스템 요구

12) 리니어 모터 트랜스퍼 시스템

(1) 시스템

이 시스템은 독일의 NOELL사에 의해 개발되었으며, 안벽 하역장비와 야드 간의 원활한 연계를 위하여 개발된 자동화 수평이송 시스템이다.

팔레트웨곤의 사양은 다음과 같다.

- i) 유효하중 : 최대 48MT
- ii) 속도 : 최대 3m/s
- iii) 가속 : 0 ~ 3m/s²
- iv) 운영조건 : 풍속 8m/s까지

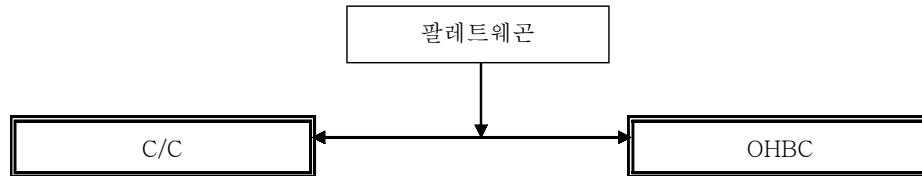
이 운송시스템은 특수하게 안벽과 야드 사이에 팔레트웨곤을 운영하도록 개발되었고, 직선 모터기술이 갖추어져 있으며 독일 함부르크의 유로카이(EUROKAI) 컨테이너터미널에 설치되어 있다.

이 시스템에서 하역장비(C/C, OHBC)는 선박에 적재나 하역을 할 때 팔레트웨곤 위에 컨테이너를 놓는다. 팔레트웨곤은 양적하 과정 중에 하역장비 아래에 위치하고 있으며, 이 시스템의 기본 구조는 다음과 같다. 철구조물로 설치된 리니어모터에 의해 중앙저장소까지 컨테이너를 운송한다.

- i) T빔으로 이루어진 캐리지웨이(Carriageway)
- ii) 컨테이너 운송을 위한 팔레트웨곤
- iii) 전력과 제어장비를 갖춘 리니어 구동장치와 센서

<그림 4-30>

리니어 모터 트랜스퍼 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장비		• 팔레트웨곤	
시설			
시스템			• 장치장 운영시스템

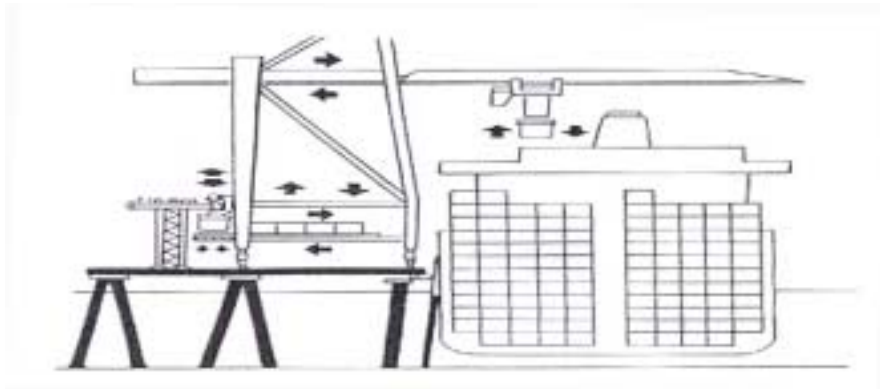
(3) 평가

구 분	설 명
개발사	• Eurokai KGAA, Noell GmbH
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• 이송장비의 자동화 • 이송장비의 신속성→신속한 컨테이너 이송가능
신개념	• 안벽↔야드 간 이송시스템의 자동화(Palette Wagon)
장점	• 이송구간의 토지이용 절감 • 유지보수 및 서비스비용 절감 • 기존 항만과의 용이한 통합→운영비 및 투자비 절감 • 악천후에 유리 • 컨테이너당 처리비용 비교 결과 리니어 모터 트랜스퍼 시스템이 AGV, 멀티트레일러, 스트레들캐리어 시스템에 비해 우수
단점	• 야드 크레인의 높은 생산성 요구

13) 트랜스리프트 CTS 시스템

<그림 4-31>

트랜스리프트 CTS 시스템



자료 : Itsuro Watanabe, *An Approach to the Automated Container Terminals*, 1996.

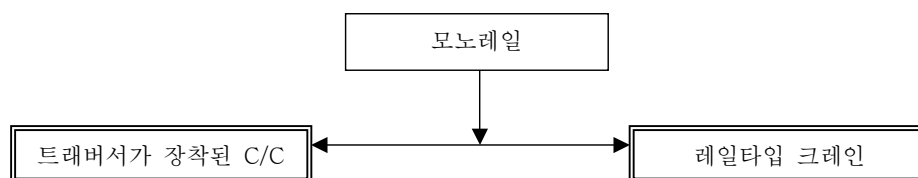
(1) 시스템

본 시스템은 마우스 트랩과 유사한 안벽 하역장비, 에이프런과 마샬링야드 사이에 컨테이너를 이동시키기 위한 직립형태의 모노레일, 야드 내의 레일타입 크레인 으로 구성되어 있다.

이 시스템의 특징은 모노레일이 설치됨으로써 마샬링야드의 높이와 연계이 동시스템인 도로·철도수송이 높은 효율성을 가지고 안전하게 연결된다는 데 있다.

<그림 4-32>

트랜스리프트 CTS 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장 비	• 트래버서가 장착된 C/C	• 모노레일	
시 설		• 레일설치	
시스템	• C/C운영시스템		• 장치장 운영시스템

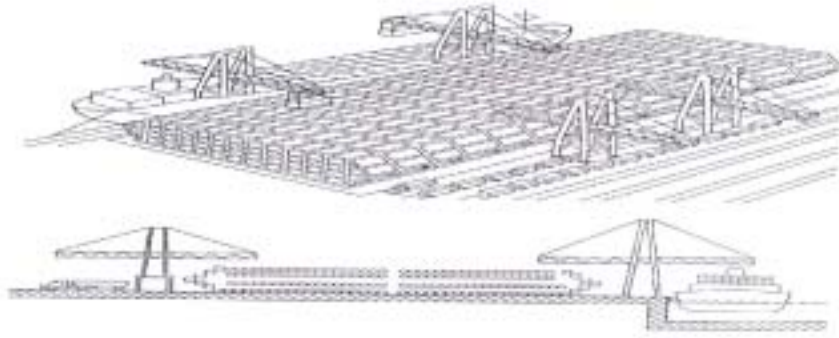
(3) 평가

구 분	설 명
개발사	• 없음
실현가능성	• 없음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• C/C 내 트래버서 설치, 안벽과 야드 간 컨테이너 이송시 직립형태의 모노레일 설치
신개념	• 안벽과 야드 간 컨테이너 이송에 모노레일 설치
장점	• 도로, 철도 수송과의 연계 효율성 증가 • 터미널 생산성 향상
단점	• 최적의 레이아웃 필요 • 정교한 장치장 운영시스템 필요

14) 앤더슨 클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템

<그림 4-33>

앤더슨 클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템



자료 : Japan International Cooperation Agency, *The Development of Container Terminal*, 1986~1987.

(1) 시스템

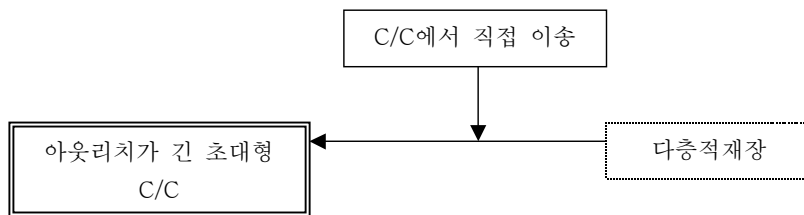
본 시스템은 멀티-라인스토어라고 하는 다층적재장치를 장착하고 있는 것이 특징이다. 앤더슨/GEC는 다각형 적단면을 가진 멀티-라인스토어라고 하는 원주형 다층적재장을 소개하고 있다.

본 시스템은 회전식 다층적재장(Rotary Multi-Story Storage)로 구성된 자동화 컨테이너터미널이다. C/C는 백리치를 활용하여 선박과 장치장 사이에서 직접적으로 컨테이너를 취급한다. 이점에서 이 시스템은 컨테이너 취급효율의 향상이 기대되거나 토지의 효율적인 이용은 크게 기대되기 어렵다.

이와 같은 다층적재 시스템을 이용하고 있는 항만은 이탈리아의 밀라노항이다.

<그림 4-34>

앤더슨 클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장 비	•아웃리치가 긴 초대형 C/C		• 회전식 다층적재장
시 설			
시스템	• C/C 운영시스템		• 다층적재장 운영시스템

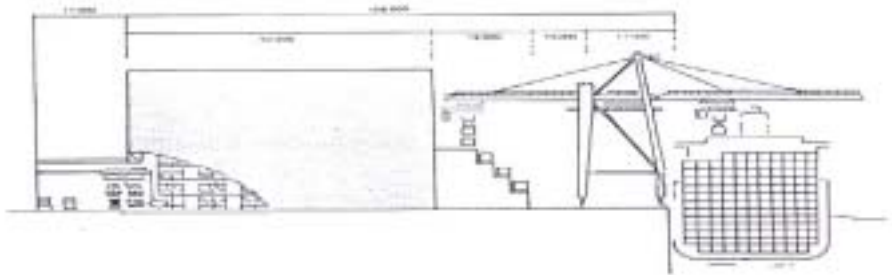
(3) 평가

구 분	설 명
개발사	• 없음
실현가능성	• 없음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• C/C의 백리치를 활용하여 야드에 직접 컨테이너 이송
신개념	• C/C에서 직접 야드로 컨테이너 이송 • 다층적재 시스템
장점	• 컨테이너 취급효율 향상
단점	• 토지이용률 저하

15) HHLA 계단식 컨베이어 시스템

<그림 4-35>

HHLA 계단식 컨베이어 시스템

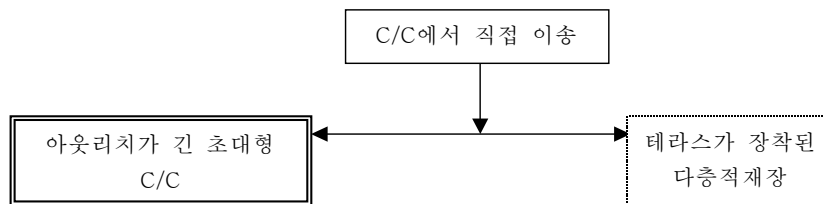
자료 : Itsuro Watanabe, *An Approach to the Automated Container Terminals*, 1996.

(1) 시스템

본 시스템은 스택어 크레인을 가지고 있는 다층적재장이 추가로 부두면에 테라스를 가지고 있다. 각 테라스는 컨베이어를 가지고 있으므로 안벽 C/C가 컨베이어로부터 직접적으로 컨테이너를 취급할 수 있도록 되어 있다.

이는 토지이용과 취급능률의 향상측면에서 장점을 가지고 있으나 각 테라스에 설치된 컨베이어와 다층적재장에 설치된 스택어 크레인과의 연관성이 분명치 않다는 단점이 있다.

<그림 4-36> HHLA 계단식 컨베이어 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구분	안벽	안벽 ↔ 야드	야드
장비	• 아웃리치가 긴 초대형 C/C		• 테라스가 장착된 회전식 다층적재장
시설			
시스템	• C/C 운영시스템		• 다층적재장 운영시스템

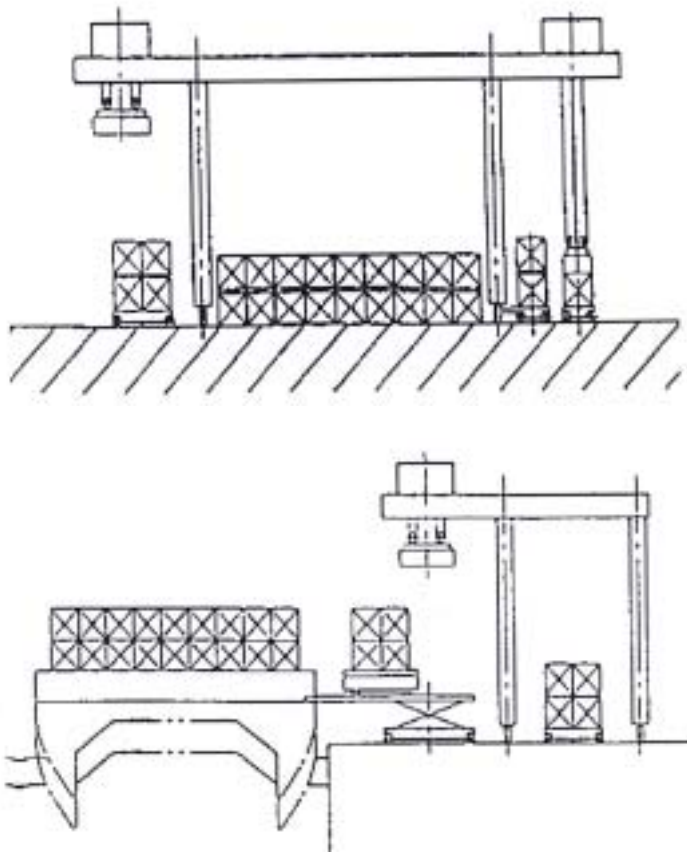
(3) 평가

구분	설명
개발사	• 없음
실현가능성	• 없음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• C/C의 백리치를 활용하여 야드에 직접 컨테이너 이송
신개념	• C/C에서 직접 야드로 컨테이너 이송 • 테라스가 설치된 다층적재 시스템
장점	• 토지이용률, 취급효율 향상
단점	• 장비 간의 연계성 부족

16) 번들 시스템 (Bundle System)

<그림 4-37>

번들 시스템



자료 : 운수성 항만기술연구, 「TSL에 대응 4개별 컨테이너 승직하역실검」, 1993.

(1) 시스템

항만의 서비스와 이용률을 높이기 위해서는 하역시간, 접안시간 등 항만 내에서의 소요시간을 최대한 단축할 필요가 있다. 일본에서는 항만 내 소요시간 중 가장 큰 비중을 차지하는 하역시간을 단축하기 위해 번들을 이용하는 하역시스템에 대하여 많은 연구를 해 왔으며, 하역속도를 3~4배 이상 향상시키기 위하여 한 번에 20ft 컨테이너 4개를 핸들링하는 방법에 대하여 연구가 진행되었는데, 그 방식으로는 수평으로 4개, 수직으로 4개, 2단 직렬 4개, 2단 병렬 4개로 하는 번들핸들링

방식이 있다,

그러나 4개를 하나로 묶을 경우 결합 및 해체 방법, 중량문제, 부피 등을 반드시 고려해야 하며, 관련 장치인 스프레더, 야드에서의 이송시스템과의 연계문제도 검토를 해야 한다.

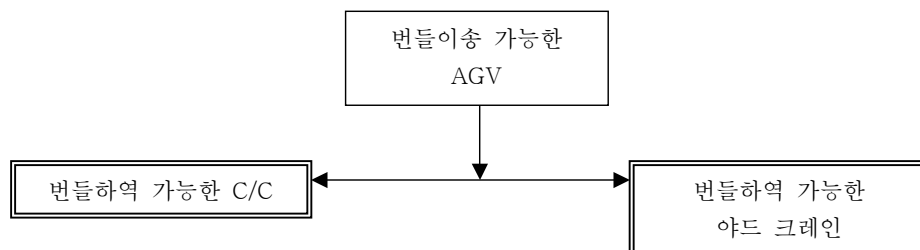
일본 선박진흥회의 Ship & Ocean 재단에서는 20ft 컨테이너 150개를 하역하고 선적하는 데 소요되는 시간이 1시간 이내가 되도록 목표를 잡고, 20ft 컨테이너 4개조 번들을 한 번에 이송장치에 적재하여 하역작업이 가능하도록 시스템을 개발하였다.

기존의 야드 크레인으로 자동연결장치에 20ft 컨테이너를 상하로 적재하면 20ft 컨테이너 2개가 자동적으로 상하 연결이 되며, 이것은 이송장치에 실려 선측으로 이동하게 된다. 이송장치는 주행정지 기능, 승강장치에 의한 컨테이너 이적재 기능, 연계점에서 선체의 변화에 대한 추적 및 조정기능 등이 있다. 무선통신에 의해 조정장치가 자동으로 제어되며, 통합적으로 관련장치가 제어되는 자동고속 하역 시스템을 연구하고 있다. 이 고속 하역시스템으로 20ft 컨테이너 150개를 하역하고 적재하는 데에 약 1시간 정도가 소요되는 것으로 알려지고 있다.

일본에서 개발한 고속 하역시스템은 소형 연안운송 수단으로 이용되며, 컨테이너를 연결하거나 해체하는 추가작업이 신속하게 이루어질 수 있도록 하는 것이 고속하역의 관건이다.

<그림 4-38>

번들 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장비	• 번들하역 가능한 C/C	• 번들이송 가능한 AGV	• 번들하역 가능한 야드 크레인
시설			
시스템	• 자동고속 하역시스템		• 장치장 운영시스템

(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 최대 150개(lifts)
개발사	• Ship & Ocean 재단(일본)
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• 번들 핸들링 방식으로 생산성 증가
신개념	• 컨테이너의 번들 핸들링 방식
장점	• 생산성 증가
단점	• 안벽 하역장비, 이송장비, 야드 하역장비의 개발/하중 제어 기술 필요 • 컨테이너의 번들 단위 통합/해체 신속성 필요

17) 셔틀캐리어 시스템(Shuttle Carrier System)

<그림 4-39> 셔틀캐리어 시스템(장치장 수평배치시)



자료 : Kalmar, "Introduction of Kalmar Handling System", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.

<그림 4-40> 셔틀캐리어 시스템(장치장 수직배치시)



자료 : Kalmar, "Introduction of Kalmar Handling system", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.

(1) 시스템

셔틀캐리어 시스템은 기존의 야드트럭이나 자동화 컨테이너터미널의 AGV와 같은 이송장비를 대체할 수 있는 시스템으로서 컨테이너를 적재한 상태로 주행 가능하며, 스스로 컨테이너를 적양하하여 작업할 수 있다.

C/C가 컨테이너를 내려놓으면 셔틀캐리어가 이동하여 컨테이너를 적재하여 야

드로 이동한다. 야드에서 컨테이너를 내려 놓으면 야드 크레인이 컨테이너를 양하여 야드에 적재한다

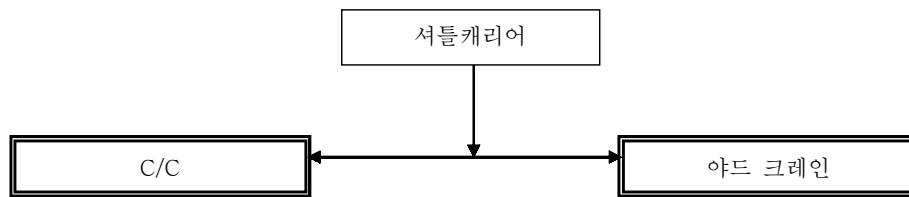
따라서 기존 이송장비와는 달리 본선작업이나 야드작업시 하역장비와의 연계가 불필요하므로 셔틀캐리어의 작업사이클을 줄일 수 있어, 보다 많은 컨테이너를 이송할 수 있다.

셔틀캐리어의 자유로운 이동성과 유동적인 작업능력으로 인해 안벽/야드하역장비의 생산성을 증가시킨다. 특히 셔틀캐리어가 스스로 컨테이너를 적재/이송하는 것이 가능하므로, 하역장비와 셔틀캐리어의 연계지점에 버퍼존을 형성하여 하역장비의 사이클타임을 줄임으로써 생산성을 크게 증가시킨다. 자동화 측면에서 DGPS(Differential Global Positioning System)을 사용하여 셔틀캐리어의 자동화가 가능하다.

또한 경제적으로 셔틀캐리어시스템의 운용으로 야드 크레인의 사이클타임이 줄어들게 되므로 장비 투자비 및 인건비가 감소된다. 특히 생산성 측면에서 6대의 AGV 소요대비 2대의 셔틀캐리어가 소요된다. 기존의 터미널에서 레이아웃의 변경이나 하역장비의 전환 없이 생산성의 증가가 이루어진다.

<그림 4-41>

셔틀캐리어 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장 비		• 셔틀캐리어	
시 설			
시스템		• 셔틀캐리어 운영시스템 • 자동화 시스템(DGPS)	

(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 안벽 하역장비 25% 상승 (6대 AGV 소요대비 2대 셔틀캐리어 사용시)
개발사	• Kalmar사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 있음
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• 스스로 컨테이너의 적재/이송이 가능하므로 하역장비 아래에서 버퍼존을 형성함으로써 생산성을 증가시킴
신개념	• 스스로 적재능력과 이송능력을 가짐 • DGPS을 이용한 자동화
장점	• 기존 터미널에 사용가능 • 터미널 생산성 향상 • 뛰어난 경제성

<표 4-4> 신개념 통합 하역시스템 분류

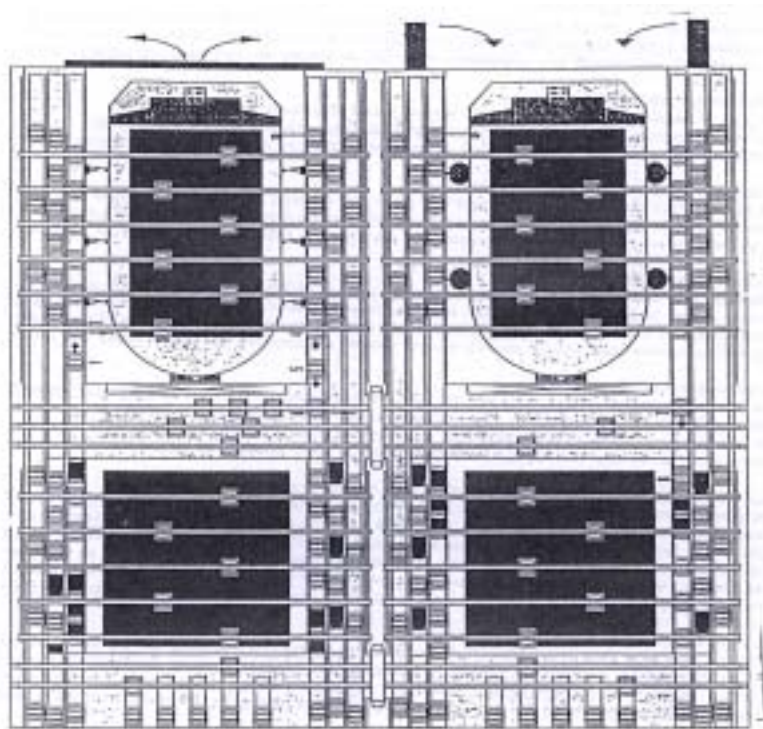
4. 신개념 컨테이너터미널

앞에서 살펴본 바와 같이, 안벽 생산성 증가를 위한 안벽 하역장비의 개발과 기존 항만시설 내의 하역장비, 이송장비의 개량과 개발을 통하여 생산성을 향상시키는 연구에 대해 논하였다. 그러나 일부 항만들은 기존의 항만시설과 개념으로는 더 이상 미래에 등장할 초대형선에 대응할 수 없다는 관점에서 터미널의 생산성을 크게 높이기 위한 새로운 개념의 항만시설 구축에 집중적 투자를 하고 있으며, 본 장에서는 스피드포트, 양현하역, 파마스, 플로팅터미널 시스템에 대한 분석을하고자 한다.

1) 스피드포트(SpeedPort)

<그림 4-42>

스피드포트



자료 : Karl Jeffery, "Recent Development in Information Technology for Container Terminals", *Cargo System*, 1999.

(1) 시스템

미국의 유망한 벤처기업인 ACTA Maritime Development Corporation은 새로운 컨테이너터미널 개념으로 스피드포트를 제안하고 있다. 현재 특허출원 중인 이 터미널은 컨테이너선박의 재항시간을 획기적으로 줄일 수 있도록 설계되어 있는데, 기존의 컨테이너터미널에 도입되어 온 기술을 그대로 이용하고 있다는 데에 장점이 있다. 이 터미널은 C/C 없이 본선이 도크 안에 접안하게 되면 도크 안에 이미 설치되어 있는 격자 모양의 상부 빔(Overhead Beam)상의 독립 활차인 스파이더(Spider)를 이용해 하역작업을 하게 되어 있다.

이러한 스피드포트 개념의 장점²⁷⁾은 빠른 하역속도, 높은 안전성, 보안성, 저렴한 비용 등으로 요약할 수 있는데, 즉 여러 대의 자동 스파이더를 사용하여 하역생산성을 높일 수 있을 뿐만 아니라 다른 운송수단 또는 보관장소로 직접적인 연계 운송이 신속하고 쉬워서 선박의 재항시간을 획기적으로 줄일 수 있도록 설계되어 있다. 또한 보다 자동화되고 체계화된 터미널 시스템을 통해 안전성을 제고할 수 있으며, 제한된 통로를 이용한 고단적 보관이 가능하기 때문에 야드 내의 귀중화물을 보관하는 데 용이하다. 특히 기존의 재래터미널 이용시보다 저렴한 비용으로 앞서 언급한 혜택을 누릴 수 있다는 것이 무엇보다도 큰 장점이라고 할 수 있다.

이러한 스피드포트의 핵심은 스파이더라고 불리는 자동화된 독립하역장치이다. 이러한 스파이더는 중앙컴퓨터 및 IT 네트워크의 지시에 따라 직접 컨테이너를 운반하기 위해 선박과 보관장소 및 내륙연계운송을 위한 트럭, 레일화차 사이를 승하강이 가능한 격자 모양의 철타 및 빔을 통해 독립적으로 주행할 수 있게 되어 있다. 따라서 기존 터미널에서 볼 수 있는 C/C, 임시 보관장소, 스트래들캐리어, 야드트랙터 및 새시 등의 하역장비들을 스피드포트에서는 전혀 찾아볼 수 없다. 이러한 스파이더는 터미널 내에서 한번에 한개의 컨테이너만을 운반할 수 있는데, 즉 조정장치에 의해 터미널 내에는 어디든지 20", 40", 45" 등의 컨테이너를 들어올려, 운반하고 이를 하역할 수 있다.

이러한 스피드포트 터미널에는 기본적으로 4가지의 하역 및 이송작업, 즉 ‘선박 대 선박’, ‘선박 대 철도’, ‘선박 대 트럭’, ‘선박 대 보관 창고’가 가능하다.

하역 생산성 면에서, 양쪽 하역이 가능한 재래식 C/C를 이용하여 6,600TEU급의

27) i) 도크형 터미널, ii) 수직상하식 하역방식, iii) 독립활차인 스파이더의 이용, iv) 터미널의 전자동화 시스템, v) 자동화 접안방식 및 펜더 시스템, vi) 신속한 육상 지원체계, vii) 환경지향적인 시스템, viii) 드라이도크 형태로 선택적 운영 가능

대형 컨테이너선을 처리하는 컨테이너터미널의 경우, 단위시간당 처리갯수는 최대 125개로 알려져 있는 반면에, 17 오버헤드 빔과 약 70대의 스파이더를 갖는 1선 석 스피드포트는 시간당 최대 260개의 컨테이너를 처리할 수 있는 것으로 모의실험을 통해 확인되었다.

특히 이와 같은 스피드포트 터미널은 건식 도크 형태를 취할 경우에 도크 안의 수량을 적절히 조절하여 스파이더가 적양하를 위해 움직이는 거리를 짧게 함으로써 하역시간을 단축시킬 수 있기 때문에 재항시간 단축이라는 면에서 선사들에게 유리한 형태의 터미널이 될 수 있다. 더불어 급유, 급수 및 선박 관련 서비스 등도 하역작업 중 병행하여 행할 수 있기 때문에 재항시간을 단축시킬 수 있다.

다음 <표 4-5>는 같은 척수의 선박을 수용할 수 있는 선석과 동일한 보관능력을 갖는 기존 터미널을 스피드포트와 물리적인 면에서 비교한 것이다. 이 표에서 보는 바와 같이, 스피드포트는 훨씬 적은 육상부지와 수면공간을 필요로 하고 있음을 알 수 있다. 따라서 비용이 훨씬 적게 들 뿐만 아니라 각 항만이 갖고 있는 공간 확보와 관련한 물리적인 제약도 극복할 수 있도록 되어 있다.

<표 4-5> 스피드포트와 기존 터미널과의 비교

구 분	스피드포트 터미널	기존 터미널
선석 수 (6,600TEU급 수용가능)	2	2
연간 처리량 (TEU)	5,534,025	2,267,294
야드보관능력(TEU)	26,400	26,400
안벽길이 (m)	170	670
C/C 수	-	10
스파이더 수	139	-
스트래들캐리어 수	-	35
RTG 수	-	13
보관 단적 수	9	4
보관면적(m ²)	56,655 (약 17,000평)	578,700 (약 175,000평)
총 터미널면적(m ²)	182,000	668,000
총면적에 대한 보관면적비	0.31	0.87

ACTA Maritime Development Corporation은 현재 스피드포트 시설의 적정 수에 대한 비용비교연구를 진행 중인데, 물리적인 건설비용은 입지적인 특성에 따라 다를 수 있다. 따라서 시설규모, 처리물동량, 접안공간, 보관 및 이송공간에 대한 항만고객, 즉 선사와 화주의 요구를 고려하여 사례별로 자세한 연구검토가 우선적으로 이루어져야 할 것이다.

현재 새로운 포스트파나막스급 크레인의 가격은 천만달러 이상의 고가이다. 따라서 3선석의 표준 터미널을 가상할 경우에도 최소한 9개의 C/C와 부두 내 이송기기 및 관련 종사원이 있어야 하므로 수억달러의 투자비가 필요하다. 그러나 스피드포트의 경우, 비슷한 규모의 시설일 때 장비관련 총비용은 4천만달러에 지나지 않는 것으로 알려져 있기 때문에 기존의 컨테이너터미널과 비교하여 볼 때 경제성 면에서도 경쟁력이 있는 것으로 보인다.

더구나 지붕식의 스피드포트는 조경적, 시각적인 면에서도 스카이라인이 좋기 때문에 지역사회로부터 우호적인 반응을 얻을 수 있다. 실제로 영국의 펠릭스토우항의 경우 컨테이너터미널을 건설 할 때 부두의 C/C가 아름다운 바다 쪽 전경을 해친다고 인근 주민들이 항의하는 바람에 이러한 문제를 해결하기 위해 터미널과 주민거주 지역 사이에 인공 숲을 조성하였는데, 스피드포트와 같은 새로운 개념의 컨테이너터미널이 건설될 경우에는 펠릭스토우항과 같은 문제는 전혀 없을 것으로 보인다.

더불어 스피드포트는 급유시에 발생할 수 있을지도 모르는 해양오염 위험도 훨씬 줄일 수 있으며, 재래식의 연료를 사용하는 부두 내 이송기기를 전혀 사용하지 않으므로 대기오염도 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다.

특히 지붕식 및 도크식으로 되어 있기 때문에 컨테이너하역에 영향을 줄 수 있는 바람과 외해의 파도로부터도 자유로울 수 있어 상시 하역체제를 유지할 수 있다는 데에 가장 커다란 장점이 있다고 할 수 있다.

(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장비	• 스파이더		
시설	• 도크 • 스파이더 프레임		
시스템	• 스파이더 운영시스템 • 하중 제어		

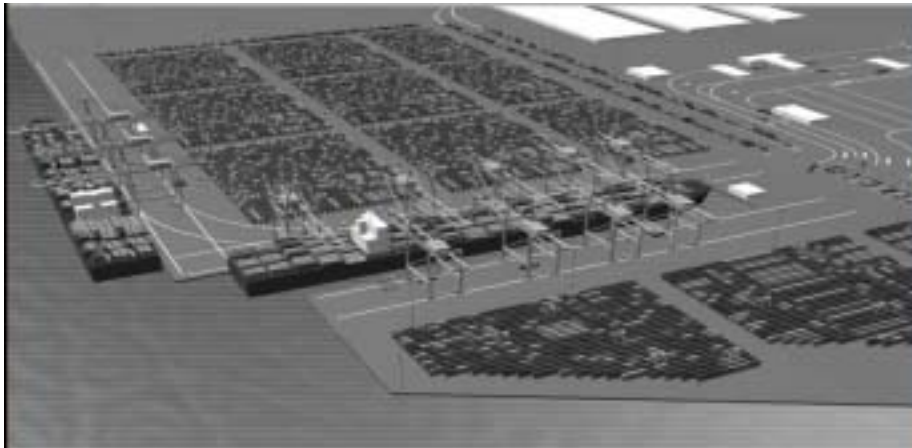
(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 260개
개발사	• ACTA Maritime Development Corporation(미국)
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 초대형선에 대비한 격자형 하역시스템으로 고속 및 신속한 하역 가능 • 안벽 하역장비와 야드 하역장비의 통합으로 생산성 증가
신개념	• 안벽 하역장비와 야드 하역장비의 구분 없는 통합된 안벽, 야드 시스템
장점	• 높은 생산성 • 터미널 토지 이용률 증가 • 환경친화적 항만시스템 • 외부 기후변화에 유리 • 낮은 장비투자비와 운영비
단점	• 고가의 토목 건설비

2) 양현 하역시스템(Slip Berth System)

<그림 4-43>

양현 하역시스템



자료 : Arun Bhimani, "The Ceres Paragon Terminal", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.

(1) 시스템

초대형 선박의 신속한 하역작업을 위해 세계 최초로 네덜란드 암스테르담의 세레스파라곤 터미널(CPT : Ceres Paragon Terminal)에서 운영될 예정이다.

개발 완료 후 향후 70년 간의 임대를 보장받는 조건으로 1999년 10월 Ceres Terminals Incorporated가 암스테르담 항만공사와 제휴를 통해 착공하였으며, 1단계는 2001년 125에이커, 2단계는 2003년에 170에이커를 개발할 예정이고, 2003년 개발 완료 후 터미널에서는 연간 300만TEU의 물동량을 처리할 것으로 예상된다.

CPT의 주요 사항은 다음과 같다.

- i) 터미널 면적 : 55ha
- ii) 안벽길이 : 1,050m
- iii) 수심 : 15m
- iv) 냉동컨테이너 연결점 : 750개소

C/C의 주요 특징은 다음과 같다.

- i) 충돌방지 시스템(Collision Avoidance System)
- ii) 센트럴 컴퓨터(Central Computer)
- iii) 온보드 스캐너(On board Scanner)
- iv) 코너 스위치(Corner Switches)
- v) 오퍼레이터(Operator)
- vi) 소음완화(Noise Abatement)

22열의 컨테이너서에 ZPMC사의 C/C 9기를 투입하여 선박의 양측면에서 하역작업을 수행함으로써, 시간당 하역 생산성은 300개에 이른다. 컨테이너의 이송과 적재는 Neclon사의 첨단 스트래들캐리어를 이용한다. 반입 선석에 설치된 9기의 C/C 가운데 평면 선석과 연결된 지역에 설치된 5기의 C/C는 이동이 가능하다.

양현 하역시스템의 장점은 기존 컨테이너터미널에서 초대형 선박이 입항하였을 때 선박의 재항시간을 단축하기 위해 여러 대의 크레인을 투입하게 된다. 이때 기존 형태의 선석에서는 일직선 상에서만 하역작업이 수행됨으로써 장비의 물리

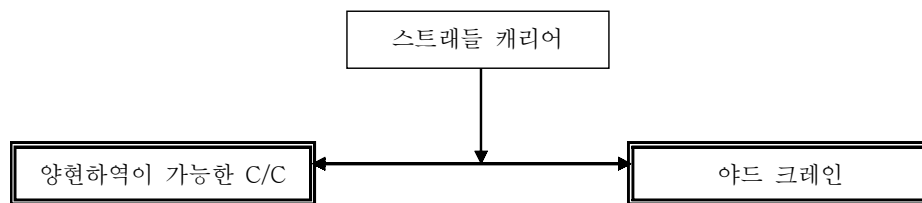
적 제약과 하역 화물을 장치장으로 이송하는 차량의 혼잡 등으로 인해 투입 크레인 수에 제약이 있다. 반면 양현 시스템은 선박 양측에서 크레인이 하역작업을 수행하기 때문에 기존 안벽작업에 비해 투입 가능 크레인 수가 많고, 따라서 시간당 하역 작업수를 높일 수 있다. 단, 크레인의 충돌 등 작업의 안전성을 확보하기 위한 추가 제어 및 통제가 보다 중요해진다.

CPT는 평면선석과 만입선석을 동시에 운영함으로써 크레인의 가동률을 높일 수 있도록 고안되었다. 단, 두 선석의 작업공간이 인접하기 때문에 접점지역에서의 크레인 충돌 위험은 높아진다.

만입협 선석(Indented Berth)은 접안 선박의 선폭에 제약이 있어 향후 출현하는 초대형 선박의 사양에 대한 예측이 매우 중요하다. 그리고 크레인의 이동에 제약이 많고 추가 작업시간이 예상된다.

<그림 4-44>

양현 하역시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장비	• 양현하역이 가능한 C/C	스트래들 캐리어	
시설	• 양현 선석		
시스템	• C/C 운영시스템 • C/C 충돌방지 시스템		• 장치장 운영시스템

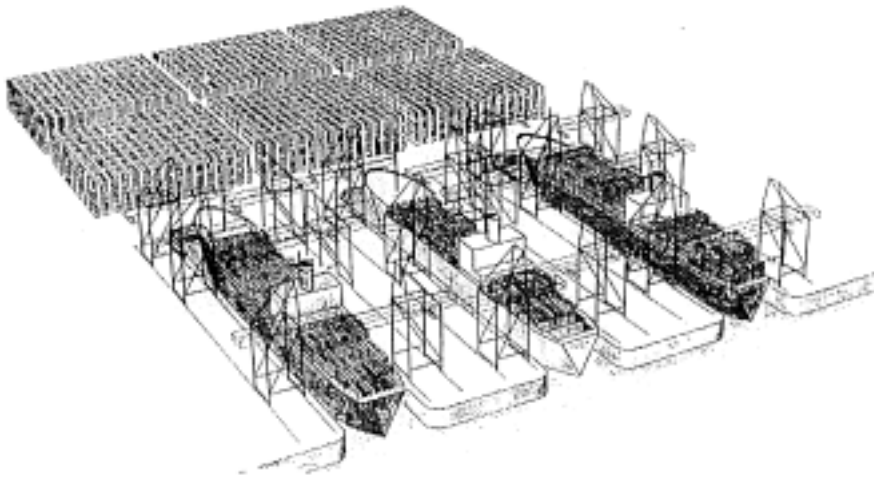
(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 300개(한선석)
개발사	• Ceres Terminals Incorporated, ZPMC사
실현가능성	• 있음
운영항만	• CPT
검증성	• 검증
초대형선에 대한 대응성	• 선석의 양쪽에서 9대의 C/C로 하역서비스를 수행함으로써 생산성 향상
신개념	• 양현시스템
장점	• 높은 생산성
단점	• 이송장비, 야드 하역장비의 높은 생산성 요구

3) 슬립, 웨어하우스 시스템

<그림 4-45>

슬립, 웨어하우스 시스템



자료 : Christopher Blackstone, "The Container Terminal Warehouse", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1998.

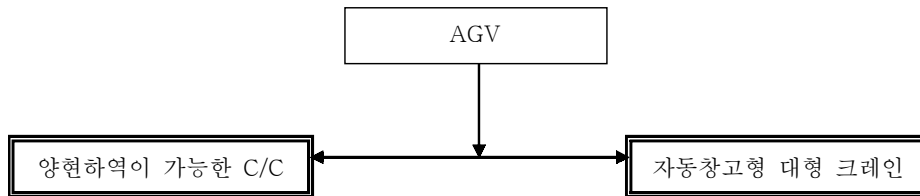
(1) 시스템

슬립, 웨어하우스 시스템은 안벽시설은 도크형태의 슬립 터미널이고, 컨테이너 적재형태는 6단적의 창고형 랙 시스템으로서 안벽과 웨어하우스 간의 이송은 자동화된 AGV로 이루어진다.

안벽에서의 C/C는 슬립 터미널에서 적용되는 양현 하역시스템으로서 초대형선에 대비한 대량의 컨테이너 취급이 가능하고, 랙 시스템은 완전 자동화된 형태로 컨테이너의 무작위 추출이 가능하고, 리핸들링이 발생하지 않도록 각각의 컨테이너들은 랙에 저장되어 있다. 적용장비는 6단적 높이로서 2조의 빔이 리프트 운반대를 지지하고 있고 랙에서 컨테이너를 쉽게 추출할 수 있도록 수평 이동기능과 수직 이동기능을 가진 스프레더를 장착하고 있다. 20" 컨테이너와 40" 컨테이너를 모두 취급할 수 있도록 진행방향으로 폭의 조절이 가능하다. 각 랙과 랙 사이에 이송장비의 통로 및 하역장비가 위치하고 있다.

<그림 4-46>

슬립, 웨어하우스 시스템 구성도



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구 분	안 벽	안벽 ↔ 야드	야 드
장 비	• 양현하역이 가능한 C/C		• 자동창고형 대형 크레인
시 설	• 양현 선석		• 사일로 형태의 자동창고
시스템	• C/C 운영시스템		• 자동창고 운영시스템

(3) 평가

구 분	설 명
생산성	• 시간당 300개(한선석)
개발사	• Deloitte & Touche Consulting사
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 이송장비/야드 하역장비의 자동화 • 이송장비의 신속성→신속한 컨테이너 이송가능
신개념	• 안벽시설의 슬립화 • 혁신적인 6단적의 랙 시스템
장점	• 자동화→인력절감 • 고단적 및 랙 시스템→높은 토지이용률 • 핸들링과 장치비용 최소화 • 최대한의 서비스 정밀도 • 적재 및 핸들링 속도의 최대화 • 피크시 처리능력의 최대화
단점	• 이송장비와 장치장의 높은 생산성 요구

4) 파마스

파마스

<그림 4-47>



자료 : Hans Mascini, "The Terminal of the Future : FAMAS(First All Modes All Ships)", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1997.

(1) 시스템

1996년에 CTT(Center Transport for Technology)에 의해 제안된 FAMAS 시스템은 모든 형태의 선박에 동일한 서비스를 제공하기 위한 차세대 컨테이너터미널을 개발하는 것이 주요 목표이며, 10년 이내에 등장할 8천TEU 능력을 보유한 점보컨테이너선에 대한 서비스를 제공한다. 파마스 시스템은 ECT, 네덜란드 Siemens, Nelcon, Gap Gemini와 같은 운송 및 항만운영 관련 회사들로 구성되어 있다. 1997년에 공식적으로 파마스 프로그램이 개발되기 시작했고, 프로그램의 목표를 연간 50만TEU 이상을 처리할 수 있는 최고 수준의 자동화된 터미널로 설정하였다. 파마스 프로그램은 이미 ECT에서 입증된 자동화 기술을 기반으로 개발될 것이다.

파마스 시스템은 CTT의 주관 아래 총 6개 분야의 모듈 프로젝트로 개발되었으며 그 6개 분야는 다음과 같다.

- i) JCC(Jumbo Container Crane) : 초대형 선박에 대한 서비스 제공이 가능
Nelcon, Siemens, TUD Wb, TUD Et 등이 참여
- ii) NewCon(New Terminal Control) : 신개념의 터미널 운영방식
Cap Volmac, ECT, TRAIL, FNS 등이 참여
- iii) High Quay Solution : 안벽과 선박 간의 서비스 및 생산량 증대
Ballast, Neclam, TUD 등이 참여
- iv) SAMAGIC(Smarter Automated Guidance of AGVs to Increase Capacity) : 인
공지능형으로 AGV의 능력 및 생산성 증대, FNS, TRAIL, ECT 등이 참여
- v) AGV : 장비의 성능향상
Terberg, TNO-WT, TRAIL, FNS 등이 참여
- vi) TAP/EDI : 정보시스템의 극대화
Cap Gemini, TNO-Inro 등이 참여

파마스 프로그램의 개발을 위한 전제 조건들은 다음과 같다.²⁸⁾

첫째, 파마스터미널의 대부분은 입증된 기술에 기반을 두고 있다.

둘째, 파마스 프로그램의 핵심은 터미널 운송과 적재의 완전 자동화이며, 그 기술은 ECT 터미널과 향후 개발될 기술에 기반을 두고 있다.

셋째, 터미널과 내륙운송 간 연계, 서비스 센터에서의 환적은 내륙수로운송(Barge Express)을 제외하고는 자동화를 원칙으로 하지 않는다.

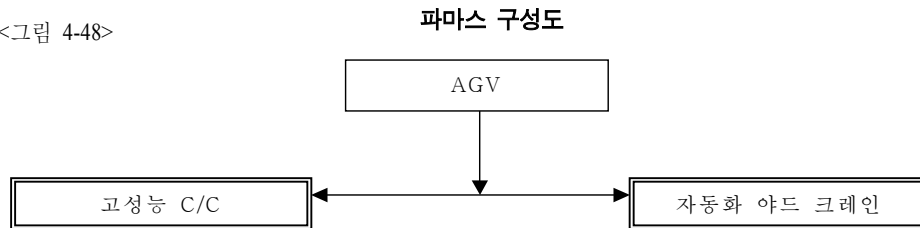
28) <http://www.stt-ctt.nl>

넷째, 파마스 터미널은 그 위치와는 관계없이 설계될 것이며, 설계상의 변경 및 조정은 터미널의 위치가 확정될 때 발생할 수 있다.

다섯째, 운송에 관해서는 일정한 취급 순서가 없으며, 하나의 서비스 센터에서 발생하는 일이 다른 서비스 센터에서 수행되는 일에 어떤 영향도 미치지 말아야 한다.

파마스는 모든 관련된 연구를 확정하고 실행함으로써 전 세계 어느곳이든 위치와 관계없이 자동화된 컨테이너터미널을 설계하고 건설하는 것이 최종 목표이다.

<그림 4-48>



(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구분	안벽	안벽 ↔ 야드	야드
장비	• JCC (점보 크레인)	• SAMAGIC(인공지능형 AGV)	• 자동화 야드 크레인
시설	• High Quay Solution		
시스템	• NewCon, TAP/EDI - 터미널의 생산성 향상을 위한 진보한 정보시스템, 운영방식의 개발		

(3) 평가

구분	설명
개발사	• CTT, ECT, Siemens, Nelcon, Gap Gemini
실현가능성	• 있음
운영항만	• 있음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 터미널의 자동화를 통해 모든 형태의 선박에 동일한 서비스 제공
신개념	• 시설물의 레이아웃 변경을 통해 최상의 서비스 제공
장점	• ECT에서 검증된 자동화기술의 개량/발전

5) 플로팅터미널 (Floating Terminal)

<그림 4-49>

플로팅터미널



자료 : Omathu, "Development and Researches on VLFS in Japan", 「2001 부산해역 미래개발을 위한 심포지엄」, 2001. 7.

(1) 시스템

초대형선의 등장으로 인하여 선박의 폭, 깊이가 증가하게 될 것이다. 이를 기존의 터미널에서 수용하기 위해서는 항만의 수심을 깊게 만들어야 하므로, 항만 준설비용과 터미널의 확장에 많은 비용이 발생하게 되고, 기존의 재래식 안벽 하역장비로는 물리적인 한계에 부딪히게 된다. 이에 초대형선의 크기로 인한 수심의 영향과 안벽에서 수행되는 작업의 영향을 배제하기 위해서 새롭게 제안된 것이 해상에 플로팅터미널을 건설하는 것이다. 안벽은 확장 도크 시스템으로 선박의 크기에 따라 확장/축소가 가능하도록 설계되어 있으며, 안벽 하역장비로 브리지 크레인을 설치하여 모든 선박에 서비스가 가능하도록 설계되어 있다. 부유 구조물의 특징으로는 육지에 터미널을 건설하는 것보다 건설비용의 30%를 절감할 수 있으며, 터미널의 레이아웃의 확장과 변경이 용이하며, 수심의 영향을 받지 않는다. 또한 안벽이 선박의 진입로와 수평으로 이루어져 있으므로, 선박을 항만에 접안 시킬 때의 시간이 줄어들게 된다. 그러나 터미널 배후지와의 연계 문제, 고가의 브리지 크레인의 비용과 해상의 환경적인 요소에 영향을 많이 받는 단점이 있다.

(2) 개발필요 장비/시설/시스템

구분	안벽	안벽 ↔ 야드	야드
장비	• 브리지 C/C		
시설	• 플로팅터미널		
시스템	• C/C 운영시스템		• 배후지 고려한 정밀한 장치장 운영시스템

(3) 평가

구분	설명
실현가능성	• 있음
운영항만	• 없음
검증성	• 검증 안됨
초대형선에 대한 대응성	• 안벽 하역장비로 브리지 크레인을 사용함으로써 생산성 증가 (양현 하역시스템) • 도크 확장에 따른 초대형선 서비스 가능 • 안벽이 선박 진입로와 수평이므로 접/이안 시간 단축 • 항만 수심의 문제 해결
신개념	• 해상에 플로팅터미널 형태의 터미널 건설 • 확장 도크 시스템
장점	• 항만 수심의 문제 해결 • 건설비용 30% 절감 → 수익성 상승 • 건설기간 단축 • 도크 확장 용이성 • 운영체제의 변경 용이성
단점	• C/C의 건설비용 증가 • 배후지와의 연계 어려움 • 터미널내 정밀한 운영시스템 요구 • 환경적인 요소에 영향을 받음

<표 4-6>

신개념 컨테이너터미널 분류

5. 결과 및 요약

이상과 같이 해외 선진항만의 연구개발 추세를 살펴본 결과, 크게 신개념 안벽 하역장비의 개발, 신개념 통합 하역시스템의 개발, 신개념 컨테이너터미널의 개발 등 3가지로 나누어졌다.

먼저 신개념 하역장비의 개발은 안벽에서의 생산성 증가와 선박의 재항시간 단축을 위하여 안벽 하역장비의 새로운 개념과 새로운 장치를 추가함으로써 기존 크레인의 설계능력 시간당 40개(lifts)를 시간당 50~150개(lifts)로 높일 수 있는 수준에 이를 수 있도록 하였다. 전반적으로 초대형선의 등장에 대비하여 미래 안벽 하역장비에 대한 새로운 부가 장치를 개발하였고, 이는 주로 듀얼호이스트 세컨트 롤리 타입과 트래버서 장치를 갖추으로써 기존의 트롤리가 수평운동과 수직운동을 모두 수행하는 방식에서 탈피해 수평운동과 수직운동, 그리고 육측 작업과 해측 작업을 나누어 수행할 수 있도록 하였다. 또한 선박 및 육측작업에 대하여 사이클타임을 최소화함으로써 생산성을 증가시킬 수 있도록 하였으며, 일부 신개념의 하역장비는 운영 중이거나 개발 중이나 아직도 연구단계에 있는 개념도 있다.

신개념 통합 하역시스템 부문에서는 단순히 안벽 하역장비의 개발뿐만 아니라 항만 내 물류흐름에 있어서 병목현상이 발생하는 부분을 해결하고자 전반적인 시스템의 개선 또는 대체시스템의 개발로 이루어졌다. 전체적으로 순수하게 안벽 하역장비만의 개발보다는 터미널 전체의 운영까지 고려하기 때문에 C/C 1대당 생산성이 최소 시간당 40개(lifts)에서 최대 시간당 70개(lifts)까지밖에 이르지 못하지만 안벽-에이프런-야드까지의 터미널 전체 운영을 염두에 두고 시뮬레이션한 생산성이기 때문에 실질적으로 더 정확한 항만처리능력이라 할 수 있다. 주로 초대형선에 대비한 신개념 통합 하역시스템의 분석결과, 대부분 시스템이 이송장비에서 발생하는 병목현상을 제거함과 동시에 장치장에서의 고효율, 높은 토지이용률, 그리고 높은 생산성을 목표로 야드장치 능력을 향상시키는 데 중점을 두었다.

신개념 컨테이너터미널의 개발은 기존의 항만시설과 하역시스템을 탈피하여 전혀 새로운 개념의 항만시설과 하역장비, 하역시스템을 구성하는 것이다. 지금까지 연구 개발된 시스템은 대부분이 도크형태의 항만시설을 갖추고 대량의 안벽 크레인을 운용하여 안벽 생산성을 높임과 동시에 야드에서의 하역시스템 개선을 통하여 터미널의 생산성을 극대화하는 전략을 가지고 있다. 기본적으로 선석당 생산성은 시간당 250~300개(lifts)로 나타나고 있으며, 현재 일부는 운영 중에 있거

나 개발을 끝내고 설치단계에 있다.

본 장에서 조사분석한 것을 요약하면 다음의 <표 4-7> ~ <표 4-9>와 같다.

이제까지의 분석결과 해외 선진항만은 기본적으로 안벽에서의 생산성을 높이는데 주력하였으며, 더 나아가 안벽 하역장비 개발뿐만이 아니라 안벽에서 증가되는 물동량을 원활하게 수용할 수 있는 이송시스템 및 장치시스템 등에 대한 연구개발도 활발하게 이루어지고 있다.

국내의 현 항만장비 및 하역시스템에 있어서 연구개발이 진행 중인 것은 자동화 컨테이너터미널 외 한두 가지에 불과하다. 따라서 다른 해외 선진항만과 경쟁에서 경쟁력을 가지거나 동북아 물류중심국가의 위치에 서기 위해서는 지금부터라도 장래를 대비하여 장기적인 마스터플랜을 가지고 다양한 방면에서 연구개발이 이루어져야 할 것이다.

<표 4-7>

신개념 안벽 하역장비의 개발

<표 4-8>

신개념 통합 하역시스템의 개발

<표 4-9>

신개념 컨테이너터미널의 개발

제 5 장 차세대 항만 하역시스템 기술개발 사업 및 추진전략

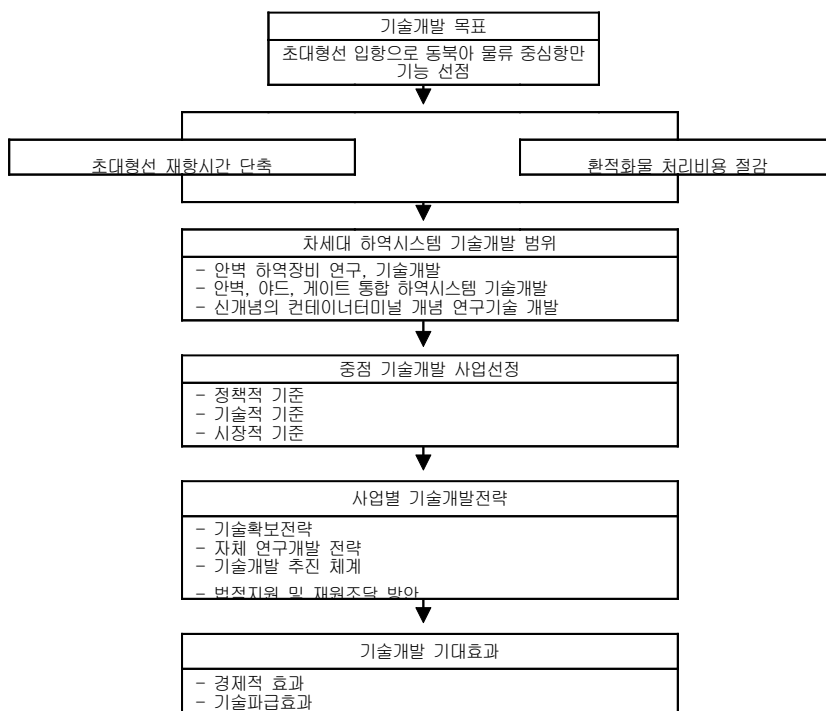
1. 차세대 항만 하역시스템 기술개발 사업 추진방향

차세대 항만 하역시스템 기술개발 사업 추진방향은 초대형선 입항으로 동북아 물류 중심항만의 기능을 선점한다는 기술개발 목표 아래 초대형선의 재항시간 단축과 환적화물의 처리비용 절감을 모두 만족시킬 수 있는 차세대 하역시스템의 개발방향을 제시하는 것이다.

따라서 차세대 항만 하역시스템의 기술개발에 있어서는 신개념 안벽 하역장비의 연구 및 기술개발, 신개념 통합 하역시스템의 기술개발, 신개념의 컨테이너터미널 연구기술 개발 등 크게 3가지로 나누어 개발방향을 제시하게 되었다.

<그림 5-1>

차세대 항만 하역시스템 기술개발 추진방향



본 연구에서는 3가지 측면의 기술개발 방안에 대하여 가장 효율적이고 사업성이 강하며 첨단화된 기술개발 과제를 선정기준을 통하여 선정하고, 향후 세부적 연구 과제의 추진을 통해 실용화를 이룰 수 있도록 기술개발 전략을 구성하고자 한다.

2. 기술개발 사업 선정방법 및 기준

연구개발 평가모델은 현실성, 유연성, 능력, 사용난이도, 비용 등을 선택기준으로 하며, 경영과학, 점수법, 수익률지수, 효용 등의 모델 중, 주관적 평가점수를 설정된 기준에 의하여 스케일값으로 비율화하고, 이 비율을 다시 점수로 산출함으로써 상대적인 비교가 가능한 점수법 모델을 사용하였다.²⁹⁾

점수법 모델을 적용하기 위한 방법론으로 설문조사 및 면담방법을 사용하였으며, 설문대상은 장비제작업체, 터미널 운영업체, 관련단체의 전문가들을 위주로 선정하였다.³⁰⁾ 설문내용의 세부항목은 <표 5-1>과 같이 12개이며, 기술개발 사업별 요구항목을 신개념 안벽 하역장비 연구·기술개발 6문항, 신개념 통합 하역시스템 기술개발 9문항, 신개념의 컨테이너터미널 연구개발 기술 8문항으로 구성하였다.

먼저 설문내용을 설문응답자에게 발송하여 설문결과를 받고, 개별 방문을 하여 면담을 통해 항목별로 응답내용을 기록하는 예비조사를 거쳐, 최종적으로 설문응답내용에 <표 5-1>의 비율점수 산정방식을 적용하여 응답한 비율점수를 점수법으로 분석하였다.

산정방식에서 비율점수는 ,설문응답자의 항목별 응답 스케일값은 비율로 변환하고, 기술적 판단 및 기술적 검토에 대한 수준은 전문가의 기술적 판단에 따라 3단계 비율을 부여하며, 환적처리비용 감소방안 및 초대형선 대응 안벽개발에 대한 판단은 전문가의 견해를 반영하여 현재 보유상태 유무를 판단하도록 한다. 따라서 스케일값으로 환산가능한 점수는 설문항목에 적용하고 스케일값으로 적용하기 어려운 전문가의 기술적 판단은 면담결과를 비율값으로 표준화하였다.

기술개발 사업 선정기준을 정책적 기준, 기술적 기준, 시장적 기준으로 나누고,

29) 北川賢司, 「研究開発の システムズアプローチ」, 1977, pp. 261-264.

30) 본 연구와 관련있는 장비제작업체(현대, 삼성, 두산) 3개 업체, 항만 운영사(HBCT, 감만, PECT, 대한통운) 4개 업체, 국내 3개 관련단체(KCTA, 한국기계연구원, 한국컨테이너부두공단) 등 총 10개 업체 관련 전문가를 대상으로 하였음.

이 기준에 의해 설문내용의 세부항목을 구성하여 현실성, 유연성, 능력, 사용난이도, 비용 등의 중요도에 따라 점수를 부여하였으며, 기술개발 사업 검토단계에서 대안의 아이탬들에 대해 평가비율, 기준점수를 적용하여 평가점수를 산출한 후 아이탬별 비교가 가능하도록 하였다.

<표 5-1> 설문내용 및 평가점수 산정방식

설문내용 세부항목	차세대 안벽 하역장비	차세대 통합 하역시스 템	차세대 신개념 컨테이너 터미널	점수비율 산정방식	
				점수비율	비율부여방식
C/C대당 생산성	○			0~1	주관적 판단을 스케일값의 비율로 변환
선석당 생산성		○	○	0~1	
기술적 파급효과		○	○	0~1	
사회적 파급효과		○	○	0~1	
기술개발 목표달성 가능성	○	○	○	0~1	
외국향만 장비제작업체의 개발수준	○	○	○	0~1	
고객의 요구 및 시장성	○			0~1	
기술개발 및 사업화의 적정성		○	○	0~1	
개발기술의 첨단 및 고도성	○	○	○	0, 0.5, 1	기술적 판단 수준을 3단계로 구분
하역시스템의 단순성		○		0, 0.5, 1	
환적처리비용 감소방안	○	○		0, 1	현재 보유상태 유무를 판단
초대형선 대응 안벽개발			○	0, 1	

1) 신개념 안벽 하역장비 기술개발에 대한 선정기준

신개념 안벽 하역장비 기술개발에 대한 선정기준은 정책적 기준, 기술적 기준, 시장적 기준 3가지로 나누어 기준을 정하였다. 각 기준에 대한 세부항목을 살펴보면 다음과 같다.

<표 5-2> 신개념 안벽 하역장비 기술개발 추진방향에 대한 평가기준

선정기준	세부항목	평가점수
정책적 기준	연구개발 목표와의 부합성	35
기술적 기준	기술개발 목표달성 확률	30
	개발기술의 첨단 및 고도성	10
	외국 항만, 장비제작업체의 개발수준	10
시장적 기준	고객의 요구 및 시장성	15
계		100

주 : 평가점수 배분은 장비제작업체, 운영사, 관련단체에 대한 설문 및 면담을 통해 각 세부항목 별 중요도에 따라 점수배분을 요청한 결과의 평균치를 적용하였음.

(1) 정책적 기준

정책적 기준은 재항시간의 단축, 환적처리비용의 절감과 같은 기술개발 목적에 적합한 연구개발 목표와의 부합성을 세부항목으로 설정하며, 기술개발의 가장 중요한 평가요소로서 총 35점을 부여하였다.

평가방식은 다음과 같다.

- 연구개발 목표와의 부합성(35점)

연구개발 목표와의 부합성은 생산성과 환적처리비용 절감 2가지로 나누어 평가하였으며, 생산성의 경우 현재의 C/C 1대당 이론적 처리능력이 시간당 40개(lifts) 이나, 장래 1만 2천TEU 이상의 컨테이너선에 대하여 24시간 이내 컨테이너를 처리하기 위해서는 이론적 생산성이 C/C 1대당 시간당 90개(lifts) 이상이 되어야 하는 것으로 나타났다. 따라서 평가점수비율은 현재의 처리량을 0으로 하고, 기술개발시 시간당 90개(lifts) 이상의 처리량을 1로 설정하여 스케일값에 따라 점수비율에 가중치를 부여하였다.

환적처리비용 감소방안은 기존 안벽 하역장비에서 사용되는 싱글리프트장치 대비 개선기술인 트윈리프트장치와 번들하역장치의 유무에 따라 0과 1의 점수를 부여하였다.

· C/C 1대당 생산성(30점)

생산성(개/hr · 대)	40	50	60	70	80	90이상
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

· 환적처리비용 감소방안(5점)

장치보유 유무	무	유
점수비율	0	1.0

(2) 기술적 기준

기술적 기준은 정책적 기준과 더불어 선정시 중요한 요소 중의 하나로서 각 아이템별 국내 기술개발시 성공확률과 개발기술의 첨단 및 고도성, 외국업체의 개발 수준에 대한 평가기준을 설정한다. 기술적 기준에 대한 총 평가점수는 50점을 부여토록 한다.

평가방식은 다음과 같다.

- 기술개발 목표달성 확률(30점)

기술개발 목표달성 확률은 국내에서 신개념 안벽 하역장비 기술개발시 국내 장비제작회사의 기술개발 수준과 가능성에 대한 평가를 수행한다(장비제작, 운영시스템, 제어시스템, 기타 기술적 측면 고려).

기술개발 수준 및 가능성	개발 불가능	아이디어 단계	연구단계	기술개발 가능	실용화 가능	현재 운영 중
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

- 개발기술의 첨단 및 고도성(10점)

개발기술의 첨단 및 고도성은 개발가능성 및 사업성의 문제를 배제하고, 향후 장래 연구가능성 및 항만장비 기술발전에 기여한다는 취지에서 각 아이템 자체의 첨단화 및 고도화 수준을 구분하는 평가기준을 설정한다.

개발기술의 첨단 및 고도성	하	중	상
점수비율	0	0.5	1.0

- 외국의 항만, 장비제작업체의 개발수준(10점)

외국 항만운영업체 및 장비제작업체의 아이터별 개발수준 및 노력을 평가함으로써 각 아이터별 실용성 및 사업성 유무를 판단 가능하게 한다.

외국의 개발수준	개발 불가능	아이디어 단계	연구단계	기술개발 가능	실용화 가능	현재 운영 중
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

(3) 시장적 기준

시장적 기준은 신개념 안벽 하역장비 기술개발시 이를 필요로 하는 항만 운영사나 선사 등에 대한 필요성의 판단기준으로서 고객들의 요구, 시장성에 대한 선정기준을 설정한다.

시장적 기준에 대한 총 평가점수는 15점을 부여토록 한다.

평가방식은 다음과 같다.

- 고객의 요구 및 시장성(15점)

고객의 요구 및 시장성은 신개념 안벽 하역장비를 국내에서 개발할 경우, 장비 제작사와 항만운영사는 개발 장비를 제작하고 설치하게 될 것이다. 따라서 기술개발 아이터 중 중요도에 따라 점수를 부여하는 방식으로 평가를 수행한다.

시장성(순위)	6	5	4	3	2	1
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

2) 신개념 통합 하역시스템 기술개발에 대한 선정기준

신개념 통합 하역시스템은 차세대 안벽 하역장비와 같이 장비 하나의 기술개발과는 달리 컨테이너터미널 전체의 물류흐름과 장비 및 하역, 보관, 장치, 이송과 같은 시스템 등에 대한 기술개발이 동시에 이루어져야 하기 때문에 선정기준 및 세부항목의 구성요소들이 신개념 안벽 하역장비와는 다르게 선정되었다.

차세대 통합 하역시스템 기술개발에 대한 선정기준은 정책적 기준, 기술적 기준 2가지로 나누어 기준을 정하였다. 각 기준에 대한 세부항목을 살펴보면 다음과 같다.

<표 5-3> 신개념 통합 하역시스템 기술개발 추진방향에 대한 평가기준

선정기준	세부항목	평가점수
정책적 기준	연구개발 목표와의 부합성	20
	기술적, 사회적 파급효과	10
기술적 기준	기술개발 목표달성 가능성	30
	개발기술의 첨단 및 고도성	10
	기술개발 및 사업화의 적정성	10
	외국 향만, 장비제작업체의 개발수준	10
	하역시스템의 단순성	10
계		100

주 : 평가점수 배분은 장비제작업체, 운영사, 관련단체에 대한 설문 및 면담을 통해 각 세부항목별 중요도에 따라 점수배분을 요청한 결과의 평균치를 적용하였음.

(1) 정책적 기준

정책적 기준은 재항시간의 단축, 환적처리비용의 절감과 같은 기술개발 목적에 적합한 연구개발 목표와의 부합성과 기술적·사회적 파급효과를 세부항목으로 설정하며, 기술개발의 가장 중요한 평가요소로서 총 30점을 부여한다.

평가방식은 다음과 같다.

- 연구개발 목표와의 부합성(15점)

연구개발 목표와의 부합성은 생산성과 환적처리비용 절감의 2가지로 나누어 평가하였으며, 이는 전반적인 컨테이너터미널 운영시를 고려하여 기준을 정하게 되고, C/C의 경우 이론적 생산성이 아닌 이송장비, 야드, 게이트 등 전체적인 운영을 고려한 생산성을 기준으로 평가하게 된다.

생산성의 경우 현재의 C/C 1대당 처리능력이 시간당 25개(lifts)로서 선석당 5대의 C/C를 사용하게 되면 한시간에 선석당 125개(lifts)의 처리능력을 가지고 있다. 장래 1만 2천TEU 급의 컨테이너선에 대하여 24시간 이내 컨테이너를 처리하기 위해서는 적어도 총 작업시간당 생산성이 C/C 1대당 시간당 60개(lifts) 이상으로 선석당 시간당 300개(lifts) 이상(5대 C/C 사용)을 처리하여야만 가능하다. 따라서 평가점수비율은 현재를 기준으로 한 처리량을 0, 기술개발시 선석당 시간당 300개(lifts) 이상의 처리량을 1로 설정하였다.

환적처리비용 감소방안에 대한 평가는 기존 하역시스템에서 사용되는 6열 5단적, 리마샬링 수행 등 기존 수출입 시스템 위주의 방식 대비 개선방안인 10열 8단적, OHBC 사용, 토지의 고효율성 등의 유무에 따라 점수를 부여한다.

· 선석당 생산성(15점)

생산성(개/hr · 선석)	125	150	180	200	250	300이상
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

· 환적처리비용 감소방안(5점)

장치보유유무	무	유
점수비율	0	1.0

- 기술적, 사회적 파급효과(10점)

신개념 통합 하역시스템의 개발은 기존의 하역시스템과는 전혀 다른 개념의 시스템이기 때문에 기술적, 사회적으로 많은 파급효과를 가져오게 될 것이다.

터미널 전체의 시스템 개발기술에 관련된 것이기 때문에 안벽 하역장비, 이송장비, 야드 하역장비와 같은 기계, 전자, 전기 분야와 시설적 측면에서는 새로운 개

범에 부합되는 토목적 분야, 그리고 운영시스템과 같은 정보통신 분야에 미치는 파급효과는 상당히 클 것이다. 따라서 기술적으로는 통합 하역시스템의 개발시 기술분야 타 산업에 대한 파급효과의 유, 무를 판단하는 선정기준을 설정한다.

사회적 파급효과는 신개념 통합 하역시스템 개발시 환경친화적, 첨단항만의 이미지, 물류중심국가에 대한 인식 등을 유발할 수 있는지 유무를 판단하는 선정기준을 설정한다.

· 기술적 파급효과(전기, 전자, 기계, 토목, 정보 등 5개항)(7점)

파급분야 개수	0	1	2	3	4	5
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

· 사회적 파급효과(환경친화적, 첨단항만, 물류중심국가)(3점)

파급분야 개수	0	1	2	3
점수비율	0	0.3	0.6	1.0

(2) 기술적 기준

기술적 기준은 정책적 기준과 더불어 선정시 중요한 요소 중의 하나로서 각 아이템별 국내 기술개발시 성공확률과 개발기술의 첨단 및 고도성, 외국업체의 개발 수준에 대한 평가 기준을 설정한다. 기술적 기준에 대한 총 평가점수는 70점을 부여토록 한다.

평가방식은 다음과 같다.

- 기술개발 목표달성 확률(30점)

기술개발 목표달성 확률은 국내에서 신개념 통합 하역시스템 기술개발시 국내 장비제작회사의 기술개발 수준과 가능성에 대한 평가를 수행한다(장비제작, 운영 시스템, 통제시스템, 기타 기술적 측면 고려).

기술개발수준 및 가능성	개발 불가능	아이디어 단계	연구단계	기술개발 가능	실용화 가능	현재 운영 중
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

– 개발기술의 첨단 및 고도성(10점)

개발기술의 첨단 및 고도성은 개발가능성 및 사업성의 문제를 배제하고, 향후 장래 연구가능성 및 항만 하역시스템 기술발전에 기여한다는 취지에서 각 아이тем 자체의 첨단화 및 고도화 수준을 구분하는 평가기준을 설정한다.

개발기술의 첨단 및 고도성	하	중	상
점수비율	0	0.5	1.0

– 기술개발 및 사업화의 적정성(10점)

신개념 통합 하역시스템은 전혀 새로운 개념의 운영시스템이기 때문에 개발을 위한 기술개발비가 상당히 많이 소요될 것이다. 그에 따라 사업화하기 위한 투자비용의 규모도 상당히 클 것으로 판단되나 적은 개발비와 투자비로서 생산성 높고 효율적인 운영시스템의 개발이 성공적으로 수행된다면 기존 운영시스템 체계를 바꿀 수 있는 획기적인 시스템이 될 것이 자명하다. 따라서 여러 가지의 신개념 통합 하역시스템 중 사업화의 적정성을 판단하기 위하여 기술개발비 대비 사업비 규모의 적정성을 판단하는 선정기준을 설정하였다.

사업화의 적정성	없음	적음	보통	적절	우수
점수비율	0	0.3	0.5	0.8	1.0

– 외국 항만, 장비제작업체의 개발수준(10점)

외국 항만운영업체 및 장비제작업체의 아이тем별 개발수준 및 노력을 평가함으로써 각 아이тем별 실용성 및 사업성 유무를 판단 가능하게 한다.

외국의 개발수준	개발 불가능	아이디어 단계	연구단계	기술개발 가능	실용화 가능	현재 운영 중
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

- 하역시스템의 단순성(10점)

신개념 통합 하역시스템에 대한 기술개발을 함에 있어서 터미널의 전반적인 물류흐름에 대한 운영시스템이 단순해야 한다. 만약 컨테이너가 선박에서 장치장까지 이동하거나 장치장에서 외부로 반출입되는 과정이 시스템적으로 복잡한 단계를 거쳐 이루어진다면, 각 장비 간의 연계점에서 병목현상이 유발되며 소요장비의 종류도 늘어나게 됨으로써 장비에 대한 투자비 증가와 더불어 운영시스템의 복잡성도 증가하게 되어 기술개발의 어려움을 가져오게 된다. 따라서 통합 하역시스템의 단순성, 연계체계의 원활함 등에 대한 평가를 수행하고자 한다.

시스템의 단순성 정도	복잡	보통	단순
점수비율	0	0.5	1.0

3) 신개념 컨테이너터미널 기술개발에 대한 선정기준

신개념 컨테이너터미널은 기본적으로 1만 5천TEU 이상의 선박에 대한 서비스가 가능해야 하기 때문에 기존의 안벽구조나 운영시스템과는 다른 새로운 개념의 터미널 건설이 이루어져야 한다. 따라서 선정기준에 있어서 그와 관련된 정책적 기준, 기술적 기준을 선정 검토하게 되었다.

각 기준에 대한 세부항목을 살펴보면 다음과 같다.

<표 5-4> 신개념 컨테이너터미널 기술개발 추진방향에 대한 평가기준

선정기준	세부항목	평가점수
정책적 기준	연구개발 목표와의 부합성	40
	기술적, 사회적 파급효과	10
기술적 기준	기술개발 목표달성 가능성	20
	개발기술의 첨단 및 고도성	10
	기술개발 및 사업화의 적정성	10
	외국향만 장비제작업체의 개발수준	10
계		100

주 : 평가점수 배분은 장비제작업체, 운영사, 관련단체에 대한 설문 및 면담을 통해 각 세부항목별 중요도에 따라 점수배분을 요청한 결과의 평균치를 적용하였음.

(1) 정책적 기준

정책적 기준은 재항시간의 단축, 1만 5천TEU선박의 수용이 가능한 안벽개발과 같이 기술개발 목적에 적합한 연구개발 목표와의 부합성에 대하여 기준을 설정하며, 기술개발의 가장 중요한 평가요소로서 총 50점을 부여한다.

평가방식은 다음과 같다.

- 연구개발 목표와의 부합성(40점)

연구개발 목표와의 부합성은 생산성과 초대형선(1만 5천TEU급)에 대응하는 안벽시설개발 2가지로 나누어 선정하였으며, 이는 1만 5천TEU급 선박을 수용할 경우 안벽에서 처리가능한 능력을 고려하여 기준을 정하게 되며, 선석당 안벽에서의 생산성을 기준으로 평가하게 된다.

생산성의 경우 현재의 C/C 1대당 처리능력이 시간당 25개(lifts)로서 선석당 5대의 C/C를 사용하게 되면 선석당 시간당 125개(lifts)의 처리능력을 가지게 된다. 장래 1만 5천TEU급의 컨테이너선에 대하여 24시간 이내 컨테이너를 처리하기 위해서는 적어도 총 작업시간당 생산성이 C/C 1대당 시간당 70개(lifts) 이상으로 선석당 시간당 350개(lifts) 이상(5대 C/C 사용)을 처리하여야만 가능하다. 따라서 평가점수비율은 현재를 기준으로 한 처리량을 0으로 하고, 기술개발시 선석당 시간당 350개(lifts) 이상의 처리량을 1로 설정하였다.

초대형선에 대응한 안벽개발은 1만 5천TEU급 이상의 선박이 접안하여 하역가능한 항만 접안시설의 유무에 따라 점수를 부여한다.

· 선석당 생산성(20점)

생산성(개/hr · 선석)	125	150	200	250	300	350 이상
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

· 초대형선 대응 안벽개발(20점)

장치보유 유무	무	유
점수비율	0	1.0

– 기술적, 사회적 파급효과(10점)

신개념 컨테이너터미널 개발은 기존의 항만과는 전혀 다른 개념의 시설과 시스템이기 때문에 기술적, 사회적으로 많은 파급효과를 가져오게 될 것이다.

터미널 전체의 시스템 개발기술에 관련된 것이기 때문에 안벽 하역장비, 이송장비, 야드 하역장비와 같은 기계, 전자, 전기분야뿐만 아니라 시설적 측면에서는 새로운 개념에 부합되는 토목분야, 소프트웨어적 운영시스템과 같은 정보통신분야에 미치는 파급효과는 상당히 클 것이다. 따라서 기술적으로는 신개념 컨테이너터미널 개발시 기술분야 타 산업에 대한 파급효과의 유, 무를 판단하는 선정기준을 설정한다.

사회적 파급효과는 신개념 컨테이너터미널 개발시 환경친화적, 첨단항만의 이미지, 물류중심국가에 대한 인식 등을 유발할 수 있는지 유무를 판단하는 선정기준을 설정한다.

· 기술적 파급효과(전기, 전자, 기계, 토목, 정보 등 5개항)(7점)

파급분야 개수	0	1	2	3	4	5
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

· 사회적 파급효과(환경친화적, 첨단항만, 물류중심국가)(3점)

파급분야 개수	0	1	2	3
점수비율	0	0.3	0.6	1.0

(2) 기술적 기준

기술적 기준은 정책적 기준과 더불어 선정시 중요한 요소 중의 하나로서 각 아이템별 국내 기술개발시 성공확률과 개발기술의 첨단 및 고도성, 외국업체의 개발수준에 대한 평가기준을 설정한다. 기술적 기준에 대한 총 평가점수는 50점을 부여토록 한다.

평가방식은 다음과 같다.

– 기술개발 목표달성 확률(20점)

기술개발 목표달성 확률은 국내에서 신개념 컨테이너터미널 기술개발시 국내

장비제작회사의 기술개발 수준과 가능성에 대한 평가를 수행한다(장비제작 시설 건설, 운영시스템, 통제시스템, 기타 기술적 측면 고려).

기술개발수준 및 가능성	개발 불가능	아이디어 단계	연구단계	기술개발 가능	실용화 가능	현재 운영 중
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

- 개발기술의 첨단 및 고도성(10점)

개발기술의 첨단 및 고도성은 개발가능성 및 사업성의 문제를 배제하고, 향후 장래 연구가능성 및 항만건설 기술발전에 기여한다는 취지에서 각 아이템 자체의 첨단화 및 고도화 수준을 구분하는 평가기준을 설정한다.

개발기술의 첨단 및 고도성	하	중	상
점수비율	0	0.5	1.0

- 기술개발 및 사업화의 적정성(10점)

신개념 컨테이너터미널 건설은 전혀 새로운 개념의 터미널 건설이기 때문에 기술개발비가 상당히 많이 소요될 것이다. 그에 따라 사업화하기 위한 투자비용의 규모도 상당히 클 것으로 판단되나 적은 개발비와 투자비로 생산성 높고 효과적인 항만의 개발이 성공적으로 수행된다면 장래 초대형선을 수용할 수 있는 중심항만의 역할을 수행하게 될 것이 자명하다. 따라서 여러 가지의 신개념 컨테이너터미널 중 사업화의 적정성을 판단하기 위하여 기술개발비 대비 사업비 규모의 적정성을 판단하는 선정기준을 설정하였다.

사업화의 적정성	없음	적음	보통	적절	우수
점수비율	0	0.3	0.5	0.8	1.0

- 외국 항만 및 장비제작업체의 개발수준(10점)

외국 항만운영업체 및 장비제작업체의 아이템별 개발수준 및 노력을 평가함으로써 각 아이템별 실용성 및 사업성 유무를 판단 가능하게 한다.

외국의 개발수준	개발 불가능	아이디어 단계	연구단계	기술개발 가능	실용화 가능	현재 운영 중
점수비율	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0

3. 기술개발 사업 검토

본 절에서는 초대형선의 입항에 대비한 차세대 항만 하역시스템의 기술개발 선정기준을 바탕으로 신개념 안벽 하역장비, 신개념 통합 하역시스템, 신개념 컨테이너터미널의 기술개발에 대한 각 아이템별 검토와 분석을 수행하고자 한다. 따라서 기술개발 선정기준에 따라 각 아이템의 항목별 평가비율과 기준점수를 이용하여 평가점수를 계산하여 본 연구목적에 따른 수준을 측정하고자 한다.

1) 신개념 안벽 하역장비 기술개발 사업 검토

신개념 안벽 하역장비 기술개발 사업은 총 9가지의 아이템으로서 현재까지 연구진행 및 개발되거나 항만에 적용되어 실질적으로 운영되는 기술들이 포함되어 있다.

(1) 정책적 기준

- 연구개발 목표와의 부합성(35점)

· C/C 1대당 생산성(30점)

C/C의 시간당 생산성 분석결과 국내에서 개발된 테크노테이너가 시간당 150개의 처리로 가장 높은 생산성을 보여주고 있으며, 그 다음이 PACECO에서 개발된 슈퍼테이너로서 시간당 90개의 처리를 보여주고 있다. 따라서 생산성 항목에서는 테크노테이너와 슈퍼테이너가 만점을 받는 것으로 평가되었다. 3번째로 더블 트롤리 크레인이 18점, 이어서 DHST 타입의 크레인이 12점으로 평가되어 생산성의

증가를 위한 시스템의 보강이 요망되고 있다.

아이템	시간당 생산성 (개/hr·대)	평가비율	기준점수	평가점수
1. 버퍼 크레인	50	0.2	30	6
2. DHST(CTA타입)	60	0.4	30	12
3. DHST(ECT타입)	60	0.4	30	12
4. DHST(VIT타입)	-	-	30	-
5. 더블 트롤리 크레인	70	0.6	30	18
6. 엘리베이터 크레인	50	0.2	30	6
7. 컨테이너 크레인 2000	40	0.0	30	0
8. 슈퍼테이너	90	1.0	30	30
9. 테크노테이너	150	1.0	30	30

· 환적처리비용 감소방안(5점)

환적처리비용 감소방안 항목에서는 기본적으로 장비 자체가 환적비용 감소를 위한 장치나 시스템을 보유하고 있는지를 중점적으로 판단하였으며, 버퍼 크레인, 더블 트롤리 크레인, 테크노테이너의 경우 다른 크레인에 비하여 동일 시간에 2배 이상의 컨테이너를 처리하여 환적비용의 감소기술을 보유하고 있는 것으로 판단됨에 따라 평가비율을 1로 설정하였다.

아이템	환적비용감소 개선기술	평가비율	기준점수	평가점수
1. 버퍼 크레인	트윈리프트	1	5	5
2. DHST(CTA타입)	-	0	5	0
3. DHST(ECT타입)	-	0	5	0
4. DHST(VIT타입)	-	0	5	0
5. 더블 트롤리 크레인	더블 트롤리	1	5	5
6. 엘리베이터 크레인	-	0	5	0
7. 컨테이너 크레인 2000	-	0	5	0
8. 슈퍼테이너	-	0	5	0
9. 테크노테이너	다중트롤리	1	5	5

(2) 기술적 기준

- 기술개발 목표달성 확률(30점)

기술개발 목표달성 확률은 국내 기술수준을 정확하게 평가하기 위하여 장비제작업체와 항만 운영사 및 관련단체, 전문가에 대한 설문 및 면담을 통하여 평균평가비율을 설정하였다. 설문 및 면담을 통한 평가비율을 평균한 결과 CTA, ECT타입이 평균 0.9의 평가비율로 26.4점의 점수를 획득하였다. 동 기술은 현재 국외에서 개발되어 운영 중이고 국내에서도 개발기술을 보유하고 있는 상황이기 때문에 기술개발 달성도를 가장 높이 평가하였다.

현재 연구단계 중이거나 연구가 완료된 버퍼 크레인, 더블 트롤리 크레인, 슈퍼테이너 등이 20.4점을 획득하여 장래 기술개발의 가능성을 가지게 되었다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 버퍼 크레인	0.68	30	20.4
2. DHST(CTA타입)	0.88	30	26.4
3. DHST(ECT타입)	0.88	30	26.4
4. DHST(VIT타입)	0.76	30	22.8
5. 더블 트롤리 크레인	0.72	30	21.6
6. 엘리베이터 크레인	0.56	30	16.8
7. 컨테이너 크레인 2000	0.52	30	15.6
8. 슈퍼테이너	0.68	30	20.4
9. 테크노테이너	0.48	30	14.4

- 기술개발의 첨단 및 고도성(10점)

기술개발의 첨단 및 고도성은 목표달성 확률이나 사업성과는 관련없이 단지 기술자체의 첨단화, 고도화의 정도를 파악하는 것으로서 슈퍼테이너가 9.2점으로 가장 첨단화된 안벽 하역장비임을 알 수 있었다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 버퍼 크레인	0.46	10	4.6
2. DHST(CTA타입)	0.76	10	7.6
3. DHST(ECT타입)	0.74	10	7.4
4. DHST(VIT타입)	0.56	10	5.6
5. 더블 트롤리 크레인	0.62	10	6.2
6. 엘리베이터 크레인	0.54	10	5.4
7. 컨테이너 크레인 2000	0.60	10	6.0
8. 슈퍼테이너	0.92	10	9.2
9. 테크노테이너	0.60	10	6.0

- 외국항만, 장비제작업체의 개발수준(10점)

외국항만 및 장비제작업체의 개발수준은 기존 외국의 개발 현황 및 기술수준을 조사분석하였으며, 현재 운영 중인 것을 평가비율 1로 설정하였고, DHST 크레인 과 더블 트롤리크레인이 이에 해당되며 버퍼 크레인 과 슈퍼테이너, 테크노테이너 등은 실용화 가능한 기술로서 0.8의 평가비율을 얻었다.

아이템	개발수준	평가비율	기준점수	평가점수
1. 버퍼 크레인	실용화 가능	0.8	10	8
2. DHST(CTA타입)	현재 운영중	1.0	10	10
3. DHST(ECT타입)	현재 운영중	1.0	10	10
4. DHST(VIT타입)	현재 운영중	1.0	10	10
5. 더블 트롤리 크레인	현재 운영중	1.0	10	10
6. 엘리베이터 크레인	연구단계	0.4	10	4
7. 컨테이너 크레인 2000	기술개발 가능	0.6	10	6
8. 슈퍼테이너	실용화 가능	0.8	10	8
9. 테크노테이너	실용화 가능	0.8	10	8

(3) 시장적 기준

- 고객의 요구사항 및 시장성(15점)

고객의 요구 및 시장성을 평가하기 위하여 중공업업체, 항만 운영사, 관련단체의 설문과 면담을 통하여 필요한 순위를 정하고 1위부터 5위까지만 점수를 부여하였으며 6위 이하는 0점으로 처리하였다.

시장성 면에서는 현재 독일 HHLA에서 적용하고 있고 광양항 자동화 컨테이너 터미널에서 적용 예정인 DHST(CTA타입)가 가장 시장성이 있는 것으로 나타났다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 버퍼 크레인	0.52	15	7.8
2. DHST(CTA타입)	0.78	15	11.7
3. DHST(ECT타입)	0.68	15	10.2
4. DHST(VIT타입)	0.36	15	5.4
5. 더블 트롤리 크레인	0.56	15	8.4
6. 엘리베이터 크레인	0.24	15	3.6
7. 컨테이너 크레인 2000	0.22	15	3.3
8. 슈퍼테이너	0.66	15	9.9
9. 테크노테이너	0.40	15	6.0

2) 신개념 통합 하역시스템 기술개발 사업 검토

신개념 통합 하역시스템 기술개발 사업은 총 16가지의 아이템으로서 터미널의 전반적인 시스템 향상을 주목적으로 하며, 안벽과 야드 간의 컨테이너 이송시 병목현상 해결에 중점을 두고 있다. 따라서 각 기준을 바탕으로 아이템별 항목을 평가하고 점수화하여 기술개발에 적합한 사업을 선정한다.

(1) 정책적 기준

- 연구개발 목표와의 부합성(15점)

· 선석당 생산성(15점)

신개념 통합 하역시스템은 전반적인 컨테이너터미널에 대한 기술개발이기 때문에 장비 자체의 생산성보다는 터미널 전체의 생산성을 기준으로 평가되었다. 따라서 각 시스템별 생산성을 조사분석한 결과, 일부 시스템은 개념적인 검토만이 완료되어 생산성이 나타나 있지 않은 관계로 생산성 항목에 대한 평가를 수행하지 않았다.

따라서 생산성 평가 결과 이송장비를 사용하지 않고 안벽 하역장비에서 야드에서 직접 컨테이너를 이송하는 플리다 시스템과 컨테이너베이어 시스템, 번들 하역시스템, 셔틀캐리어 시스템이 만점을 받았으며, 머신 시스템이 13.8점, 옥토퍼스 시스템이 11.7점, 그 외 OHBC 시스템과 MHI트래버서 시스템이 10.5점을 받았다.

아이템	시간당 생산성 (개/hr · 선석)	평가비율	기준점수	평가점수
1. 옥토퍼스 시스템	240	0.78	15	11.7
2. 머신 시스템	280	0.92	15	13.8
3. 마우스 트랩 시스템	200	0.60	15	9.0
4. 오버헤드 시스템	225	0.70	15	10.5
5. 플리다 시스템	300	1.00	15	15.0
6. 컨테이너베이어 시스템	350	1.00	15	15.0
7. MHI 트래버서 시스템	225	0.70	15	10.5
8. ATC 시스템	-	-	15	-
9. 포트베이어 시스템	-	-	15	-
10. MACS 시스템	-	-	15	-
11. SST 시스템	-	-	15	-
12. LMT 시스템	-	-	15	-
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	-	-	15	-
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	-	-	15	-
15. 계단식 컨베이어 시스템	-	-	15	-
16. 번들 하역시스템	300	1.0	15	15.0
17. 셔틀캐리어 시스템	375	1.0	15	15.0

주 : 1. 선석당 생산성을 위해 대부분 5대의 장비를 적용(옥토퍼스 : 6대, 머신 : 4대 적용)

2. 셔틀캐리어 시스템은 DHST타입(60개/hr) C/C를 적용할 경우의 생산성을 나타냄.

셔틀캐리어의 경우 C/C의 설계능력 그대로 수용가능.

· 환적처리비용 감소방안(5점)

환적처리비용 감소방안에서는 각 아이터별로 환적처리비용을 감소시킬 수 있는 이송시스템이나 야드장치 시스템을 보유하고 있는지의 유무를 구분하여 평가 비율을 주었고, 그 결과 총 16개의 아이터 중 5개의 아이터를 제외하고는 대부분 이 환적비용 감소를 위한 시스템을 보유하고 있었다.

아이터	환적비용감소 개선방안	평가 비율	기준 점수	평가 점수
1. 옥토퍼스 시스템	-	0	5	0
2. 머신 시스템	랙 시스템	1.0	5	5
3. 마우스 트랩 시스템	-	0	5	0
4. 오버헤드 시스템	OHBC, 20열, 토지의 고효율	1.0	5	5
5. 플리다 시스템	26열, 토지의 고효율	1.0	5	5
6. 컨테이너베이어 시스템	OHBC	1.0	5	5
7. MHI 트래버서 시스템	트래버서(야드 하역장비)	1.0	5	5
8. ATC 시스템	-	0	5	0
9. 포트베이어 시스템	15열 이상	1.0	5	5
10. MACS 시스템	OHBC	1.0	5	5
11. SST 시스템	랙 시스템	1.0	5	5
12. LMT 시스템	OHBC	1.0	5	5
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	-	0	5	0
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스 토어 시스템	-	0	5	0
15. 계단식 컨베이어 시스템	토지의 고효율	1.0	5	5
16. 번들 하역시스템	토지의 고효율, 대량이송	1.0	5	5
17. 셔틀캐리어 시스템	-	0	5	0

- 기술적, 사회적 파급효과(10점)

· 기술적 파급효과(전기, 전자, 기계, 토목, 정보 등 5개항)(7점)

기술적 파급효과 항목은 각 아이터별로 시스템 개발시 아이터별 특성파악을 통해 전기, 전자, 토목, 기계, 정보 등 5개 분야 중 영향을 미치는 분야를 선정, 파급 분야의 개수로서 평가를 수행하였으며, 옥토퍼스, 머신, 오버헤드, 플리다, 컨테이너베이어, MHI트래버서, ATC, 포트베이어, MASC, SST, LMT, 앤더슨 클라이드

/GEC 멀티라인스토어, 계단식 컨베이어 시스템 등이 5개분야 전부에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 기타 마우스트랩 시스템은 전자·토목분야, 트랜스리프트, 번들 하역시스템, 셔틀캐리어 시스템은 토목분야에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

전기·전자·기계분야는 기존의 시스템과는 다른 자동화, 레일식 야드 하역장비, OHBC 크레인, 초대형 안벽 및 야드 하역장비의 사용 등을 적용하는가에 따라 파급분야를 판단하였으며, 정보시스템은 자동화 이송장비나 야드 하역장비의 제어 등 정보시스템 측면에서의 파급분야를 고려하였다. 토목분야는 OHBC 시스템이나 안벽구조물, 야드적재창고 등과 같이 기존의 구조물과는 다른 시설이 적용되는 경우 파급효과를 미친다고 판단하였다.

아이템	파급분야	평가비율	기준점수	평가점수
1. 옥토퍼스 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
2. 머신 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
3. 마우스 트랩 시스템	3개분야	0.6	7	4.2
4. 오버헤드 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
5. 플리다 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
6. 컨테이너베이어 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
7. MHI 트래버서 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
8. ATC 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
9. 포트베이어 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
10. MACS 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
11. SST 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
12. LMT 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	4개분야	0.8	7	5.6
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
15. 계단식 컨베이어 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
16. 번들 하역시스템	4개분야	0.8	7	5.6
17. 셔틀캐리어 시스템	4개분야	0.8	7	5.6

· 사회적 파급효과(환경친화적, 첨단항만, 물류중심국가)(3점)

사회적 파급효과는 차세대 항만 하역시스템을 개발하면서 환경친화적 첨단항만의 이미지, 물류중심국가로의 도약 등에 대한 개념을 가지는 시스템인지를 판별하여 각 아이템별 파급효과에 대한 개수를 점수화하고 평가하는 방안을 채택하였다.

그 결과 환경친화적 이미지를 갖지 못하는 시스템은 안벽과 야드 간 이송장비(디젤사용)를 사용하는 시스템으로서 옥토퍼스, 머신, ATC, MASC, SST, 번들하역, 셔틀캐리어 시스템 등이며, 모든 아이템이 새로이 개발되는 기술인만큼 첨단항만의 이미지를 갖는 것으로 평가하였다. 또한 물류중심국가의 이미지와 관련하여 초대형선에 대응하고 대량 컨테이너의 처리 및 적재가 가능한지를 판단한 결과 마우스트랩, ATC, 포트베이어, LMT, CTS, 앤더슨 클라이드/ GEC 멀티-라인스토어 시스템 등이 물류중심국가의 이미지를 벗어나는 것으로 평가하였다.

아이템	파급효과	평가비율	기준점수	평가점수
1. 옥토퍼스 시스템	2개분야	0.6	3	1.8
2. 머신 시스템	2개분야	1.0	3	3.0
3. 마우스 트랩 시스템	2개분야	0.6	3	1.8
4. 오버헤드 시스템	3개분야	1.0	3	3.0
5. 플리다 시스템	3개분야	1.0	3	3.0
6. 컨테이너베이어 시스템	3개분야	1.0	3	3.0
7. MHI 트래버서 시스템	3개분야	0.6	3	1.8
8. ATC 시스템	1개분야	0.3	3	0.9
9. 포트베이어 시스템	2개분야	1.0	3	3.0
10. MACS 시스템	2개분야	1.0	3	3.0
11. SST 시스템	2개분야	1.0	3	3.0
12. LMT 시스템	2개분야	0.6	3	1.8
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	2개분야	0.6	3	1.8
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	2개분야	0.6	3	1.8
15. 계단식 컨베이어 시스템	3개분야	0.6	3	1.8
16. 번들 하역시스템	2개분야	1.0	3	3.0
17. 셔틀캐리어 시스템	2개분야	0.6	3	1.8

(2) 기술적 기준

- 기술개발 목표달성 가능성(30점)

기술개발 목표달성 확률은 국내 기술수준을 정확하게 평가하기 위하여 장비제작업체, 운영사 및 관련단체 전문가에 대한 설문 및 면담을 통하여 평균평가비율을 설정하였다. 그 결과 마우스트랩 시스템이 24점을 획득하여 기술개발 목표달성 확률이 가장 높은 것으로 나타났으며, 오버헤드 시스템이 22.8점인 2위로 나타났다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 옥토퍼스 시스템	0.60	30	18.0
2. 머신 시스템	0.52	30	15.6
3. 마우스 트랩 시스템	0.80	30	24.0
4. 오버헤드 시스템	0.76	30	22.8
5. 플리다 시스템	0.48	30	14.4
6. 컨테이너베이어 시스템	0.44	30	13.2
7. MHI 트래버서 시스템	0.56	30	16.8
8. ATC 시스템	0.56	30	16.8
9. 포트베이어 시스템	0.40	30	12.0
10. MACS 시스템	0.40	30	12.0
11. SST 시스템	0.44	30	13.2
12. LMT 시스템	0.56	30	16.8
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	0.48	30	14.4
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	0.40	30	12.0
15. 계단식 컨베이어 시스템	0.40	30	12.0
16. 번들 하역시스템	0.52	30	15.6
17. 셔틀캐리어 시스템	0.60	30	18.0

- 기술개발의 첨단 및 고도성(10점)

기술개발의 첨단 및 고도성은 목표달성 확률이나 사업성과는 관련없이 단지 기술자체의 첨단화, 고도화의 정도를 파악하는 것으로서 관련단체에 설문 및 면담결과 머신 시스템이 9.6점으로 가장 첨단화, 고도화된 차세대 통합 하역시스템인 것으로 나타났다. 그 뒤를 이어 마우스트랩과 오버헤드 시스템이 2위로 나타나 있다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 옥토퍼스 시스템	0.66	10	6.6
2. 머신 시스템	0.96	10	9.6
3. 마우스 트랩 시스템	0.92	10	8.2
4. 오버헤드 시스템	0.82	10	8.2
5. 플리다 시스템	0.54	10	5.4
6. 컨테이너베이어 시스템	0.66	10	6.6
7. MHI 트래버서 시스템	0.64	10	6.4
8. ATC 시스템	0.72	10	7.2
9. 포트베이어 시스템	0.64	10	6.4
10. MACS 시스템	0.64	10	6.4
11. SST 시스템	0.66	10	6.6
12. LMT 시스템	0.62	10	6.2
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	0.42	10	4.2
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	0.44	10	4.4
15. 계단식 컨베이어 시스템	0.44	10	4.4
16. 번들 하역시스템	0.52	10	5.2
17. 셔틀캐리어 시스템	0.54	10	5.4

- 기술개발 및 사업화의 적정성(10점)

기술개발 및 사업화의 적정성은 기술개발비 대비 사업화를 하기 위한 투자비의 비율이 적정할 것인지에 대해 장비제작업체와 관련단체, 전문가를 대상으로 설문과 면담을 통하여 조사하였다. 그 결과 마우스 트랩 시스템이 8.4점으로 1위, 오버헤드 시스템이 7.4점으로 2위, 옥토퍼스 시스템이 7.2점인 3위로 나타났다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 옥토퍼스 시스템	0.72	10	7.2
2. 머신 시스템	0.68	10	6.8
3. 마우스 트랩 시스템	0.84	10	8.4
4. 오버헤드 시스템	0.74	10	7.4
5. 플리다 시스템	0.50	10	5.0
6. 컨테이너베이어 시스템	0.50	10	5.0
7. MHI 트래버서 시스템	0.66	10	6.6
8. ATC 시스템	0.62	10	6.2
9. 포트베이어 시스템	0.48	10	4.8
10. MACS 시스템	0.56	10	5.6
11. SST 시스템	0.58	10	5.8
12. LMT 시스템	0.52	10	5.2
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	0.44	10	4.4
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	0.42	10	4.2
15. 계단식 컨베이어 시스템	0.42	10	4.2
16. 번들 하역시스템	0.48	10	4.8
17. 셔틀캐리어 시스템	0.66	10	6.6

□ 외국 항만, 장비제작업체의 개발수준(10점)

외국 항만 및 장비제작업체의 개발수준은 기존 외국의 개발 현황 및 기술수준을 조사분석하여 현재 운영 중인 것을 평가비율 1로 설정하였고, 그 결과 마우스 트랩, 오버헤드 시스템이 이에 해당되어 10점 만점, 옥토퍼스, LMT, 셔틀캐리어 시스템이 실용화가능 시스템으로 8점, 머신, 플리다, 컨테이너베이어, MHI 트래버서, MASC, SST, 번들 하역시스템 등이 기술개발 가능시스템으로서 6점을 받았다. 그 외 기타 나머지 시스템은 연구단계로서의 가능성에 그쳐 4점으로 평가되었다.

아이템	개발수준	평가비율	기준점수	평가점수
1. 옥토퍼스 시스템	실용화 가능	0.8	10	8
2. 머신 시스템	기술개발 가능	0.6	10	6
3. 마우스 트랩 시스템	운영 중	1.0	10	10
4. 오버헤드 시스템	운영 중	1.0	10	10
5. 플리다 시스템	기술개발 가능	0.6	10	6
6. 컨테이너베이어 시스템	기술개발 가능	0.6	10	6
7. MHI 트래버서 시스템	기술개발 가능	0.6	10	6
8. ATC 시스템	연구단계	0.4	10	4
9. 포트베이어 시스템	연구단계	0.4	10	4
10. MACS 시스템	기술개발 가능	0.6	10	6
11. SST 시스템	기술개발 가능	0.6	10	6
12. LMT 시스템	실용화 가능	0.8	10	8
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	연구단계	0.4	10	4
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	연계단계	0.4	10	4
15. 계단식 컨베이어 시스템	연구단계	0.4	10	4
16. 번들 하역시스템	기술개발가능	0.6	10	6
17. 셔틀캐리어 시스템	실용화 가능	0.8	10	8

주 : 셔틀캐리어 시스템의 경우 유인화는 운영 중이나 자동화의 경우 아직 운영 중이 아님.

- 운영시스템의 단순성(10점)

운영시스템의 단순성은 컨테이너 이송경로에 있어서 각 아이템별 하역체계의 연계횟수, 작업의 단순화, 병목현상의 발생유무 등을 평가하였다.

운영시스템의 단순성은 안벽에서 야드 이송시 일반적 이송차량을 거치는 경우는 운영시스템의 단계를 보통으로 판정하였으며, 컨테이너 크레인에서 직접적으로 야드 하역장비와 연계되는 컨테이너 전송시스템은 단순한 하역시스템을 가지고 있는 것으로 판단하였다. 일반적으로 컨테이너 이송시 이송단계가 줄어들수록 전반적인 장비소요 대수도 줄어들 뿐만 아니라 컨테이너터미널의 운영시스템의 복잡성도 감소된다.

아이템	하역시스템의 단순성	평가비율	기준점수	평가점수
1. 옥토퍼스 시스템	보통	0.5	10	5
2. 머신 시스템	보통	0.5	10	5
3. 마우스 트랩 시스템	단순	1.0	10	10
4. 오버헤드 시스템	단순	1.0	10	10
5. 플리다 시스템	단순	1.0	10	10
6. 컨테이너베이어 시스템	단순	1.0	10	10
7. MHI 트래버서 시스템	단순	1.0	10	10
8. ATC 시스템	단순	1.0	10	10
9. 포트베이어 시스템	단순	1.0	10	10
10. MACS 시스템	보통	0.5	10	5
11. SST 시스템	보통	0.5	10	5
12. LMT 시스템	보통	0.5	10	5
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	단순	1.0	10	10
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	단순	1.0	10	10
15. 계단식 컨베이어 시스템	단순	1.0	10	10
16. 번들 하역시스템	보통	0.5	10	5
17. 셔틀캐리어 시스템	보통	0.5	10	5

3) 신개념 컨테이너터미널 기술개발 사업 검토

신개념 컨테이너터미널 기술개발 사업은 총 5가지의 아이템으로서, 안벽에서 1만 5천TEU급 선박에 완벽한 서비스 제공이 가능하도록 터미널의 토목 및 기반 시설 기술개발을 주목적으로 하며, 신개념 컨테이너터미널에 대한 각 기준을 바탕으로 아이템별 평가를 통해 기술개발에 가장 적합한 신개념 컨테이너터미널을 선정한다.

(1) 정책적 기준

- 연구개발 목표와의 부합성(40점)

· 선석당 생산성(20점)

신개념 컨테이너터미널은 장래 1만 5천TEU급 선박에 대한 서비스를 목표로 하는 기존의 터미널 개념과는 다른 터미널로서, 그에 부합되는 안벽시설과 그 시설에 따른 장비의 처리능력이 뒷받침되어야만 제 기능을 발휘하게 되는 시스템이다. 이러한 신개념 컨테이너터미널의 생산성은 주로 안벽의 선석당 생산성을 기준으로 평가되었다. 따라서 각 아이템별 생산성을 조사분석한 결과, 현재까지 항만으로서 적용된 적이 없는 플로팅터미널을 제외하고는 나머지 시스템에 대하여 생산성을 조사 분석하여 평가하였다.

생산성 평가 결과 점보 컨테이너크레인을 개발하여 C/C 1대당 시간당 60개의 처리가 가능한 파마스 시스템이 360개(선석당 6대적용)로서 만점 20점을 받았고, 뒤이어 현재 네덜란드 세레스 파라곤 터미널에서 운영 중인 슬립방식의 터미널과 양안 하역시스템인 플로팅터미널이 시간당 300개(선석당 5대 적용)를 처리하는 것으로 나타나 16점의 점수를 획득하였다. 기타 스피드포트의 경우 시간당 250개를 처리함으로써 기준에 따라 12점의 점수를 획득하였다.

아이템	시간당 생산성 (개/hr · 선석)	평가비율	기준점수	평가점수
1. 스피드포트	260	0.6	20	12
2. 슬립터미널	300	0.8	20	16
3. 슬립, 웨어하우스터미널	300	0.8	20	16
4. 파마스 시스템	360	1.0	20	20
5. 플로팅터미널	300	0.8	20	16

· 초대형선 대응 안벽개발(20점)

신개념 컨테이너터미널의 가장 중요한 사항 중 하나는 1만 5천TEU급 선박을 대상으로 하기 때문에 기존의 안벽시설과는 다른 초대형선 대응이 가능한 안벽시설을 갖추어야 한다는 것이다. 따라서 안벽시설에 관한 평가를 아이템별로 수행하였으며, 분석결과 스피드포트는 개발취지가 초대형선에 적합한 아이템이 아니라 현

재 6,600TEU급을 대상으로 접안시설을 개발하였기 때문에 본 항목에서는 0점을 받았다. 그러나 기타 4항목은 모두 초대형선의 접안에 적합한 안벽시설로서 이루어져 있다는 것으로 나타났다.

아이템	초대형 대응 안벽	평가비율	기준점수	평가점수
1. 스피드포트	무	0	20	0
2. 슬립터미널	유	1.0	20	20
3. 슬립, 웨어하우스터미널	유	1.0	20	20
4. 파마스 시스템	유	1.0	20	20
5. 플로팅터미널	유	1.0	20	20

- 기술적, 사회적 파급효과(10점)

· 기술적 파급효과(전기, 전자, 기계, 토목, 정보 등 5개항)(7점)

기술적 파급효과 항목은 각 아이템별로 터미널 개발시 아이템별 특성파악을 통해 전기, 전자, 토목, 기계, 정보 등 5개 분야 중 영향을 미치는 분야를 선정, 파급분야의 개수로써 평가를 수행하였으며, 스피드포트와 슬립 및 웨어하우스터미널, 파마스 시스템은 5개분야 전부에 대해 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 그 외 슬립터미널과 플로팅터미널은 안벽시설의 신개념만이 적용된 터미널로서 전자·전기분야에 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다.

전기·전자·기계분야는 기존의 시스템과는 다른 자동화이송 및 적재시스템, 자동보관시스템 등을 적용하는가에 따라 파급분야를 판단하였으며, 정보시스템은 자동화 이송장비나 야드 하역장비의 제어 등 정보시스템 측면에서의 파급분야를 고려하였다. 토목분야는 안벽구조물, 야드적재창고, 신규구조물 등과 같이 기존의 구조물과는 다른 시설이 적용되는 경우 파급효과를 미친다고 판단하였다.

아이템	파급분야	평가비율	기준점수	평가점수
1. 스피드포트	5개분야	1.0	7	7.0
2. 슬립터미널	3개분야	0.6	7	4.2
3. 슬립, 웨어하우스터미널	5개분야	1.0	7	7.0
4. 파마스 시스템	5개분야	1.0	7	7.0
5. 플로팅터미널	5개분야	1.0	7	7.0

· 사회적 파급효과(환경친화적, 첨단항만, 물류중심국가)(3점)

사회적 파급효과는 신개념 컨테이너터미널을 개발하면서 환경친화적 첨단항만의 이미지, 물류중심국가로의 도약 등에 대한 개념을 가지는 시스템인지를 판별하여 각 아이템별 파급효과에 대한 개수를 점수화하고 평가하는 방안을 채택하였다.

그 결과 환경친화적 이미지를 갖지 못하는 시스템은 안벽과 야드 간 이송장비(디젤사용)를 사용하는 시스템으로서 슬립터미널, 슬립+웨어하우스터미널, 파마스 시스템 등이며, 첨단항만의 이미지는 모든 아이템이 새로이 개발되는 기술인만큼 첨단항만의 이미지를 갖는 것으로 평가하였다. 또한 물류중심국가의 이미지는 초대형선에 대응하고 대량의 컨테이너 처리 및 적재가 가능한지를 판단한 결과 스피드포트(6,600TEU급 대상)를 제외한 4개 터미널이 물류중심국가의 이미지를 갖는 것으로 평가하였다.

아이템	파급효과	평가비율	기준점수	평가점수
1. 스피드포트	2개분야	0.6	3	1.8
2. 슬립터미널	2개분야	0.6	3	1.8
3. 슬립, 웨어하우스터미널	2개분야	0.6	3	1.8
4. 파마스 시스템	2개분야	0.6	3	1.8
5. 플로팅터미널	3개분야	1.0	3	3.0

(2) 기술적 기준

－ 기술개발 목표달성 확률(20점)

기술개발 목표달성 확률은 국내 기술수준을 정확하게 평가하기 위하여 중공업 회사 및 관련단체, 전문가에 대한 설문 및 면담을 통하여 평균평가비율을 설정하였다. 그 결과 슬립방식의 터미널이 기술개발의 목표달성 확률이 가장 높았으며, 나머지 4개의 터미널은 비슷한 수준을 유지하였다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 스피드포트	0.55	20	11.0
2. 슬립터미널	0.85	20	17.0
3. 슬립, 웨어하우스터미널	0.60	20	12.0
4. 파마스 시스템	0.63	20	12.5
5. 플로팅터미널	0.50	20	10.0

- 기술개발의 첨단 및 고도성(10점)

기술개발의 첨단 및 고도성은 목표달성 확률이나 사업성과는 관련없이 단지 기술자체의 첨단화, 고도화의 정도를 파악하는 것으로서 분석과 더불어 관련단체의 면담결과 스피드포트가 8.3점으로 기술개발 및 사업화의 적정성 최고인 것으로 나타났다으며, 그외 나머지 터미널의 경우는 그리 큰 차이를 보이지 않고 있다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 스피드포트	0.83	10	8.3
2. 슬립터미널	0.75	10	7.5
3. 슬립, 웨어하우스터미널	0.68	10	6.8
4. 파마스 시스템	0.78	10	7.8
5. 플로팅터미널	0.70	10	7.0

- 기술개발 및 사업화의 적정성(10점)

기술개발 및 사업화의 적정성은 기술개발비 대비 사업화를 하기 위한 투자비의 비율이 적정할 것인지에 대해 관련단체 및 전문가들을 대상으로 설문과 면담을 통하여 조사하였다. 그 결과 슬립터미널이 8점으로 가장 높은 점수를 받았으며, 기타 4개의 터미널은 근소한 차이를 보이고 있다.

아이템	평가비율	기준점수	평가점수
1. 스피드포트	0.58	10	5.8
2. 슬립터미널	0.80	10	8.0
3. 슬립, 웨어하우스터미널	0.53	10	5.3
4. 파마스 시스템	0.58	10	5.8
5. 플로팅터미널	0.45	10	4.5

- 외국 항만, 장비제작업체의 개발수준(10점)

외국 항만 및 장비제작업체의 개발수준은 기존 외국의 개발 현황 및 기술수준을 조사 분석하였으며, 현재 운영 중인 것을 평가비율 1로 설정하였고, 그 결과 슬립터미널이 이에 해당되어 10점 만점, 스피드포트와 슬립 및 웨어하우스터미널이 실용화가능시스템으로 8점, 파마스 시스템과 플로팅터미널이 기술개발 가능시스템으로서 6점을 받았다.

아이템	개발수준	평가비율	기준점수	평가점수
1. 스피드포트	실용화가능	0.8	10	8
2. 슬립터미널	운영중	1.0	10	10
3. 슬립, 웨어하우스터미널	실용화 가능	0.8	10	8
4. 파마스 시스템	기술개발가능	0.6	10	6
5. 플로팅터미널	기술개발가능	0.6	10	6

4. 기술개발 사업 선정

신개념 안벽 하역장비 기술개발, 신개념 통합 하역시스템 기술개발, 신개념 컨테이너터미널 기술개발에 대하여 선정기준을 바탕으로 각 아이템별 항목을 평가해 본 결과를 종합하여 점수에 따라 순위를 정하고 본 연구의 주목적인 종류별 기술개발 사업을 선정하기로 한다.

1) 신개념 안벽 하역장비 기술개발 사업 선정

신개념 안벽 하역장비 기술개발의 아이템을 평가해 본 결과 최고점과 최저점은

약 47점의 차이를 보이고 있으며, 슈퍼테이너가 총 100점 만점에 77.5점으로 1위를 차지하였다. 2위는 국내에서 연구개발 중인 테크노테이너로서 69.4점을 획득하였는데, DHST 방식의 CTA, ECT 타입과 큰 차이를 보이지 않고 있다.

따라서 개발목표, 기술개발 목표달성 확률, 첨단성, 시장성 등 모든 항목에서 우수한 평가를 받은 슈퍼테이너를 차세대 안벽 하역장비로 선정기로 한다.

<표 5-5> **신개념 안벽 하역장비 기술개발(종합)**

세부항목	연구개발 목표와의 부합성	기술개발 목표달성 확률	기술의 첨단 및 고도성	외국의 개발수준	고객의 요구 및 시장성	계
1. 버퍼 크레인	11.0	20.4	4.6	8.0	7.8	51.8
2. DHST(CTA타입)	12.0	26.4	7.6	10.0	11.7	67.7
3. DHST(ECT타입)	12.0	26.4	7.4	10.0	10.2	66.0
4. DHST(VIT타입)	-	22.8	5.6	10.0	5.4	43.8
5. 더블 트롤리 크레인	23.0	21.6	6.2	10.0	8.4	69.2
6. 엘리베이터 크레인	6.0	16.8	5.4	4.0	3.6	35.8
7. 컨테이너 크레인 2000	0.0	15.6	6.0	6.0	3.3	30.9
8. 슈퍼테이너	30.0	20.4	9.2	8.0	9.9	77.5
9. 테크노테이너	35.0	14.4	6.0	8.0	6.0	69.4

2) 신개념 통합 하역시스템 기술개발 사업 선정

신개념 통합 하역시스템의 평가결과를 종합하여 보면 오버헤드 시스템이 83.9점으로 1위로 나타났으며, 마우스트랩 시스템이 76.6점으로 2위, 가장 첨단화된 시스템인 머신 시스템이 3위로 나타났다. 비교적 최소의 별도 기술개발로 경제적이고 빠른 시일 내에 적용하기가 용이한 셔틀캐리어 시스템이 7위로 나타났다.

1위에서 6위까지의 시스템을 살펴보면 대체적으로 안벽에서 야드까지 이송차량을 거치지 않고 안벽 하역장비와 야드 하역장비의 직접적 연계를 통하여 컨테이너를 이송하는 방식을 채택함으로써 터미널의 생산성을 높이는 방식을 택하고 있다.

또한 야드에서는 향후 랙 시스템을 채택함으로써 야드에서의 처리시간 감소, 리핸들링 제거, 완전자동화를 꾀하고 있는 것을 알 수 있다.

결론적으로 신개념 통합 하역시스템을 분석 평가해 본 결과 안벽과 야드 간의 연계횟수를 줄여 병목현상을 해결하는 시스템으로는 오버헤드, 마우스 트랩 시스템이 각각 83.9, 76.6점으로 1, 2위를 차지하였고, 야드의 리핸들링을 제거하여 야

드의 생산성을 극대화하는 방안으로 대부분이 랙 시스템을 사용하였는데, 이 중 머신 시스템이 71.8점으로 가장 높은 점수를 획득하였다.

통합 하역시스템 중 전체적으로 점수를 비교분석하여 본 결과 현재 운영 중인 터미널과 가장 비슷한 형태를 가진 오버헤드 시스템이 83.9점으로 1위이며, 이는 현재의 OHBC 시스템에 비하여 안벽과 야드 간 이송장비의 연계를 배제하고 안벽과 야드 간의 직접연계, 완전자동화의 시스템 구성으로 가장 많은 점수를 얻었다.

2위는 마우스 트랩 시스템으로 이 시스템 역시 안벽과 야드 간의 직접연계를 통한 컨테이너 이송방식이라는 점에서 많은 점수를 획득하였다.

3위의 머신 시스템은 가장 미래지향적이고 첨단화될 것으로 판단되는 시스템이기 때문에 기술개발의 어려움이 다소 있을 것으로 판단이 되나, 고생산성의 안벽 하역장비인 머신(8개의 해측크레인으로 구성), 자동이송차량, 자동화 야드적재 시스템으로 안벽 및 야드의 효율성을 극대화시킨 시스템으로서 연구개발 및 실용화를 위한 개발 필요성이 가장 많은 시스템으로 판단된다.

<표 5-6> 신개념 통합 하역시스템 기술개발(종합)

세부항목	연구개발 목표와의 부합성	기술적, 사회적 파급효과	기술개발 목표달성확률	기술의 첨단 및 고도성
1. 옥토퍼스 시스템	11.7	8.8	18.0	6.6
2. 머신 시스템	18.8	10.0	15.6	9.6
3. 마우스 트랩 시스템	9.0	6.0	24.0	8.2
4. 오버헤드 시스템	15.5	10.0	22.8	8.2
5. 플리다 시스템	20.0	10.0	14.4	5.4
6. 컨테이너베이어 시스템	20.0	10.0	13.2	6.6
7. MHI 트래버서 시스템	15.5	8.8	16.8	6.4
8. ATC 시스템	0	7.9	16.8	7.2
9. 포트베이어 시스템	5.0	10.0	12.0	6.4
10. MACS 시스템	5.0	10.0	12.0	6.4
11. SST 시스템	5.0	10.0	13.2	6.6
12. LMT 시스템	5.0	8.8	16.8	6.2
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	0	7.4	14.4	4.2
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템	0	8.8	12.0	4.4
15. 계단식 컨베이어 시스템	5.0	8.8	12.0	4.4
16. 번들 하역시스템	20.0	8.6	15.6	5.2
17. 서플캐리어 시스템	15.0	7.4	18.0	5.4

신개념 통합 하역시스템 기술개발(계속)

세부항목	기술개발 및 사업화의 적정성	외국항만 장비제 작업체의 개발수준	하역시스템의 단순성	계
1. 옥토퍼스 시스템	7.2	8.0	5.0	65.3
2. 머신 시스템	6.8	6.0	5.0	71.8
3. 마우스 트랩 시스템	8.4	10.0	10.0	76.6
4. 오버헤드 시스템	7.4	10.0	10.0	83.9
5. 플리다 시스템	5.0	6.0	10.0	70.8
6. 컨테이너베이어 시스템	5.0	6.0	10.0	70.8
7. MHI 트래버서 시스템	6.6	6.0	10.0	70.1
8. ATC 시스템	6.2	4.0	10.0	52.1
9. 포트베이어 시스템	4.8	4.0	10.0	52.2
10. MACS 시스템	5.6	6.0	5.0	50.0
11. SST 시스템	5.8	6.0	5.0	51.6
12. LMT 시스템	5.2	8.0	5.0	55.0
13. 트랜스리프트 CTS 시스템	4.4	4.0	10.0	44.4
14. 앤더슨클라이드/GEC 멀티라인스토 어 시스템	4.2	4.0	10.0	43.4
15. 계단식 컨베이어 시스템	4.2	4.0	10.0	48.8
16. 번들 하역시스템	4.8	6.0	5.0	65.2
17. 셔틀캐리어 시스템	6.6	8.0	5.0	65.4

3) 신개념 컨테이너터미널 기술개발 사업 선정

신개념 컨테이너터미널 기술개발의 경우 슬립터미널이 93점으로 1위의 평가를 받았으며, 2위가 파마스 시스템, 3위가 슬립 및 웨어하우스터미널, 4위가 플로팅터미널, 5위가 스피드포트로 나타났다.

시스템들을 평가해 본 결과 슬립방식의 터미널이 가장 높은 점수를 얻었는데, 슬립방식의 터미널은 현재의 기술로서도 충분하게 건설 가능하고 별도의 기술개발을 필요로 하지 않는 방식이나, 반면 안벽의 수심과 선박의 규모, 폭에 대하여

많은 제한을 받게 된다. 따라서 본 연구에서는 10년 후를 예측하고 기술개발을 수행하는 상황에서는 많은 제약적 요소로 인하여 다소 적합하지 않은 시스템이라 판단이 된다.

플로팅터미널의 경우 부유구조물의 기술개발은 다소 어려우나 국외에서 보조항만, 비행장, 플랜트 시설 등으로 개발된 사례가 있고, 안벽수심, 선박의 규모에 대한 대응성이 좋으며 슬립터미널의 기능을 그대로 수용할 수 있는 장점과 일반 안벽건설에 비하여 약 30% 건설비용이 절감되는 경제성도 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 신개념 컨테이너터미널 기술개발 사업을 플로팅터미널로 선정한다.

<표 5-7>

신개념 컨테이너터미널 기술개발(종합)

세부항목	연구개발목표와의 부합성	기술적, 사회적 파급효과	기술개발 목표달성확률	기술의 첨단 및 고도성
1. 스피드포트	12.0	8.8	11.0	8.3
2. 슬립터미널	36.0	6.0	17.0	7.5
3. 슬립, 웨어하우스터미널	36.0	8.8	12.0	6.8
4. 파마스 시스템	40.0	8.8	12.5	7.8
5. 플로팅터미널	36.0	10.0	10.0	7.0

세부항목	기술개발 및 사업화의 적정성	외국항만 장비제작업체의 개발수준	계
1. 스피드포트	5.8	8.0	53.8
2. 슬립터미널	8.0	10.0	84.5
3. 슬립, 웨어하우스터미널	5.3	8.0	76.8
4. 파마스 시스템	5.8	6.0	80.8
5. 플로팅터미널	4.5	6.0	72.1

4) 차세대 항만 하역시스템 기술개발 방향

(1) 신개념 안벽 하역장비의 기술개발 방향

차세대 하역시스템 기술개발 선정결과 DHST 시스템(CTA, ECT타입)이 가장 높은 점수를 얻었으나 이는 이미 국외에서 기술개발되어 운용되고 있는 상황이며 현재의 기술로도 충분히 개발가능한 기술이기 때문에 본 선정에서는 제외되었다. 따라서 안벽 하역장비에서는 높은 처리능력의 이점을 가진 슈퍼테이너가 선정되었다.

버퍼 크레인의 경우 크레인 레일스팬 내부에 버퍼 크레인을 두어 C/C 작업시 C/C의 대기시간을 줄이는 역할을 하나 C/C에서 버퍼 크레인을 통해 이송차량까지 연계되는 시스템을 가지기 때문에 컨테이너 이송단계가 하나 더 늘어나는 복잡성이 있다.

또한 DHST 시스템의 CTA타입은 현재 독일 HHLA에서 시범운영 중에 있으나 이는 이미 기술개발이 완료된 상태이며, 국내 광양항 3단계 2차 컨테이너터미널에서도 적용될 예정이다. DHST 시스템 중 ECT 타입과 VIT 타입의 경우 국외 항만에 각각 설치되어 있으나 현재 사용하고 있지 않는 상황이다.

더블 트롤리 크레인의 경우 생산성도 높고 Zeebrugge의 FCT(Flenders Container Terminal)에서 사용준비 중에 있으나, 정교한 운영시스템을 요구하고 있다. 하지만 향후 다른 항만에도 설치 가능성이 높은 안벽 하역장비이다.

엘리베이터 크레인의 경우 안벽 하역장비의 육측 측면에 AGV를 이동시킬 수 있는 엘리베이터를 설치하여 트롤리의 사이클타임을 최소화할 수는 있으나 AGV의 이동시간 지체와 엘리베이터의 설치로 인한 C/C의 중구조물, 운영시스템의 복잡성 등을 이유로 향후 연구단계 수준에만 한정될 것이다.

컨테이너 크레인 2000의 경우 상하 이동 가능한 거더의 설치로 C/C의 사이클타임을 감소시킬 수는 있으나 현재 발전되고 있는 C/C의 사이클타임이나 작업속도와 많은 차이가 나지는 않으며 작업 때마다 거더를 이동해야 하는 불편함이 있다.

결국 향후 차세대 하역장비는 다중 트롤리와 다중 호이스트가 장착된 안벽 하역장비로서 현재의 싱글호이스트 시스템보다는 3배 이상의 처리속도를 가져야만 초대형 컨테이너선에 적합한 안벽 하역장비가 될 것이다.

(2) 신개념 통합 하역시스템의 기술개발 방향

신개념 통합 하역시스템의 경우 총 17가지 시스템의 공통점은 타 장비와의 연계에 있어서 대기시간을 줄이거나 안벽에서 이송장비를 거치지 않고 직접 야드로

이송하는 시스템을 채택함으로써 병목현상이 발생하는 전송지점에서의 효율을 높이고자 한 것이다. 이러한 신개념 하역시스템의 강점은 병목현상 해결을 위한 방식을 채택함으로써 전반적으로 기존의 컨테이너터미널보다 생산성이 높은 시스템을 구축할 수 있게 된다는 것이다. 또한 야드적재 시스템에 있어서 기존의 리핸들링이 발생하는 적재방식보다는 랙 시스템을 이용함으로써 리핸들링으로 인한 장비의 처리시간 증가를 제거하는 데 목적이 있다.

① 시스템별 장비 간 연계지점의 병목현상 해결

안벽과 야드 사이의 컨테이너 이송을 위한 연계방안별로 구분하면 다음과 같이 나타난다.

<표 5-8> 안벽과 야드 간 이송방안에 따른 구분

세부항목	이송방법
AGV와 이송차량 이용 (대기시간 발생)	옥토퍼스 시스템
	머신 시스템
	ATC 시스템
	MACS 시스템
	SST 시스템
	번들 하역시스템
AGV와 이송차량 이용 (연계장비의 대기시간 불필요)	LMT 시스템
	셔틀캐리어 시스템
야드 하역장비와 직접연계	마우스 트랩 시스템
	오버헤드 시스템
	플리다 시스템
	컨테이너베이어 시스템
	MHI 트래버서 시스템
	포트베이어 시스템
	트랜스리프트 CTS 시스템
	앤더스클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템
	계단식 컨베이어 시스템

안벽과 야드 간 이송방안을 검토해 본 결과 총 17가지 시스템 중 8가지 시스템은 안벽과의 연계작업시 AGV나 기타 이송차량을 적용하는 것으로 시스템을 설계하였고, 나머지 9가지 시스템은 C/C와 야드 하역장비 간의 직접연계를 통하여 컨

테이너를 이송하는 방안을 택하였다.

그 결과 다음과 같은 결론에 도달하게 되었다.

- i) 시스템 개발시 장비 간의 연계횟수가 줄어들수록 컨테이너의 처리능력이 높아짐
- ii) 이송차량을 사용하지 않을 경우 터미널 내의 이송차량 동선이나 운영에 대한 복잡성이 제거됨

따라서 신개념 통합 하역시스템 중 장비 간 병목현상 해결을 위한 기술개발 방향은 이송장비를 운영하지 않고 야드로의 직접연결을 통한 방식을 개발하거나 이송차량을 이용하더라도 장비 간 연계시 대기시간이 발생하지 않는 시스템을 개발하여야 한다는 것이다.

② 야드에서의 처리능력 극대화

신개념 통합 하역시스템은 야드에서의 처리능력을 극대화하기 위한 방안도 개발되었는데, 다음과 같이 구분할 수 있다.

<표 5-9>

야드에서의 처리방안에 따른 구분

세부항목	이송방법
일반 야드	옥토퍼스 시스템
	마우스 트랩 시스템
	오버헤드 시스템
	플리다 시스템
	컨테이너베이어 시스템
	MHI 트래버서 시스템
	ATC 시스템
	포트베이어 시스템
	MACS 시스템
	LMT 시스템
	트랜스리프트 CTS 시스템
	번들 하역시스템
	셔틀캐리어 시스템
랙 시스템	머신 시스템
	SST 시스템
	앤더스클라이드/GEC 멀티라인스토어 시스템
	계단식 컨베이어 시스템

야드에서의 처리방안을 검토해 본 결과 일반야드와 랙 시스템으로 나뉘는데, 일반야드의 경우 리핸들링 작업이 발생하는 반면 랙 시스템의 경우 설치비는 고가이나 야드의 전자동화가 용이하며 랙 시스템 내부 하역장비의 트롤리가 수평이동 및 수직이동이 가능하기 때문에 리핸들링이 전혀 발생하지 않는다.³¹⁾

미국에서 개발예정인 터미널의 야드시스템의 경우 로보틱터미널을 모토로 랙 시스템을 차세대 저장시스템으로 채용하려 하고 있다.

그러나 랙 시스템을 채용할 경우 안벽과 랙 간의 컨테이너 이송을 AGV나 기타 이송차량이 담당해야 하나, 외국에서 개발 중인 신개념 통합 하역시스템의 경우 야드와 랙 사이에 궤도를 가진 이송차량을 적용함으로써 완전 자동 이송을 이루고 있으며, 터미널의 전체시스템을 완전 무인자동화로 건설하기가 쉬운 형태를 가지고 있다.

따라서 기존에 운영 중인 자동화 컨테이너터미널에서 사용하는 AGV 동선체계의 복잡성과 운영의 어려움을 해결하는 획기적인 방안이 될 수 있다.

③ 신개념 통합 하역시스템의 기술개발 방향

결론적으로 국내 신개념 통합 하역시스템 기술개발의 경우 두 가지 개발방향으로 나누어질 수 있다.

첫째, 안벽 하역장비와 야드 하역장비 간의 직접적인 연계로 이송장비에 소요되는 시간과 동선 및 운영의 복잡성을 제거하는 방안

둘째, 야드저장 시스템으로 랙 시스템을 채용함으로써 리핸들링 작업을 제거함과 동시에 궤도를 이용한 자동이송장비를 채택함으로써 보다 손쉬운 터미널의 완전 무인자동화 건설을 이루어 경제적이고 첨단화된 터미널 운영체계 구축

특히 셔틀캐리어 시스템의 경우 기존의 터미널에서 이송차량을 셔틀캐리어로 대체하는 방법을 적용하는 것만으로도 기존의 터미널에 비하여 상당한 생산성 향상을 이룰 수 있다. 국외 장비제작업체에서 분석한 결과 셔틀캐리어 시스템의 경우 다른 장비와 연계시 대기시간의 감소로 인하여 셔틀캐리어 2대를 사용하는 것만으로도 기존 자동화터미널의 AGV 6대의 역할을 대신할 수 있는 것으로 분석되었다.³²⁾

31) Christopher Blackstone, "The Container Terminal Warehouse", *The Termianl Operations Conference & Exhibition*, 1998.

32) Kalmar, "Industratation of Karmar Handling System", *The Termianl Operations Conference & Exhibition*, 2002.

따라서 초기단계에는 셔틀캐리어 시스템과 같이 안벽과 야드작업에서 대기시간을 감소시킬 수 있는 시스템의 개발이 적합할 것이며, 중장기적으로는 머신 시스템과 같이 안벽에서의 생산성 극대화와 이를 야드로 신속하게 이송해 주는 시스템, 야드에서의 생산성 극대화를 이룰 수 있는 랙 시스템을 개발하는 방안을 수립해야 할 것이다.

(3) 신개념 컨테이너터미널 기술개발 방향

신개념 컨테이너터미널의 기술개발 목표는 10년 이내에 등장할 1만 5천TEU급 선박에 대한 대응이다. 총 5가지의 신개념 컨테이너터미널 중 스피드포트의 경우 ACTA사에서 6,600TEU급 선박을 대상으로 개발하였으며, 이는 본 연구의 목표인 초대형선에 대응하는 시스템에 부합되지 않는다.

평가결과 슬립터미널 방식이 많은 점수를 획득하였으나 슬립방식은 1만 5천 TEU급 선박의 규모에 대하여 유연성이 부족하고 수심의 확보에 어려움이 많을 것으로 판단이 된다.

플로팅터미널의 경우 평가점수의 결과는 낮게 나왔으나, 도크의 확장이 용이하여 가장 선박의 크기에 대한 대응성이 좋으며, 다른 컨테이너터미널에 비하여 건설비용을 30% 이상 절감할 수 있고, 기존의 안벽과 연계하여 설치가 가능하기 때문에 가장 좋은 대안으로 판단이 된다.

그러나 부유구조물 자체의 개발은 많은 시일을 요하나 국외에서 비행장, 항만보조시설 등으로 개발한 경우가 있기 때문에 미래의 기술발전을 고려하면 충분히 개발 가능하리라 판단된다.

① 플로팅터미널의 경제성

플로팅터미널을 설치했을 경우 다음과 같은 경제성을 가진다.

- i) 매립에 의한 연안개발시, 해양환경 파괴방지에 따른 경제적 효과
- ii) 매립공법에 비하여 공사기간 단축이 가능하며 건설비 저렴
 - 포항제철 강구조연구소에서 연구한 바에 따르면 해역에서의 공사와 병행하여 부체를 다수의 공장에서 분산제작하므로 공사기간이 대폭단축됨³³⁾ (약 50%)
- iii 부체시설의 확장과 철거가 용이하고 강재 부체의 재활용 가능

33) 포항제철, 강구조연구소 내부자료.

- iv) 깊은 수심 및 연약지반의 근해역 개발에 적합함
 - 해저지질이 연약할수록 건설비가 저렴함
 - 수심이 20m 이상이면 매립에 비해 건설비 저렴
- v) 산업계의 경제 활성화에 따른 경기부양
 - 철강 및 조선업계, 건설업계, 플랜트엔지니어링업계 등

② 플로팅터미널의 개발방안

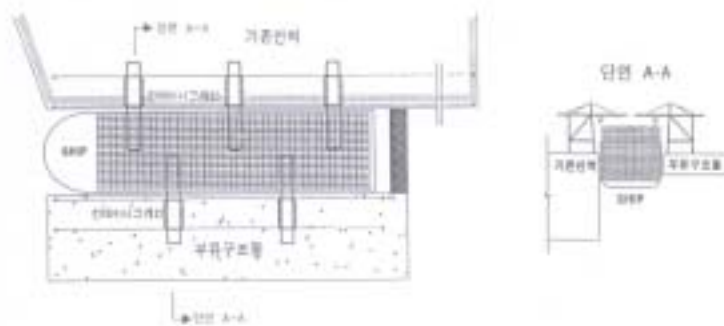
플로팅터미널의 개발방안은 다음과 같이 3가지 방안으로 나누어 볼 수 있다.

가. 기존 안벽에 대한 보조하역방안

향후 1만 5천TEU급 선박의 등장이 예견되면서 선박 기항에 따른 신속한 하역체계가 요구되고, 기존의 C/C 작업으로는 대형화된 컨테이너선에 적합한 하역작업이 불가능함에 따라 기존 안벽과 플로팅터미널을 병행하게 배치하고 양안 하역시스템이나 OHBC 시스템을 적용하여 작업함으로써 대형선에 대응할 수 있도록 하였다.

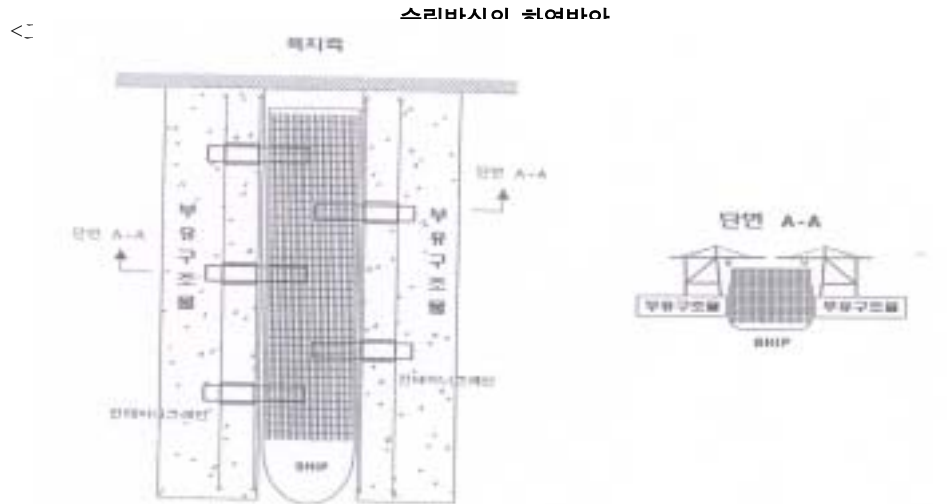
<그림 5

기존 안벽에 대한 보조하역



나. 슬립방식의 하역방안

슬립방식의 하역방안은 기존 슬립터미널을 대체할 수 있도록 부유구조물을 기존 안벽에 종 방향으로 건설하는 방식이다. 이 방식은 슬립터미널의 이점과 플로팅터미널의 이점을 모두 포함하여 운영할 수 있는 장점이 있다.



다. 선박 소요수심 증대에 따른 소요수심 확보방안

기존 터미널에 있어서 초대형선의 등장으로 안벽 소요수심이 증대될 때 기존 안벽이 블록식 구조나 케이슨식 구조물일 경우 법선 전면의 추가 준설로 인한 안벽 구조물이 붕괴될 위험성이 발생할 수 있다. 따라서 플로팅터미널을 이용하여 소요수심이 확보되는 지역까지 기존의 안벽에 평행하게 구조물을 설치함으로써 증심문제를 해결 가능하도록 하는 방안이다.

<그림 5-4>



결론적으로 플로팅터미널은 다양한 방안으로 활용 가능하고, 특히 향후 1만 5천 TEU급 선박의 규격이 정해지지 않은 상황에서 그때 그때 상황에 따라 적절하게 대응 가능한 경제적이고 첨단화된 기술이다.

특히 터미널 건설 중 안벽시설 건설에 많은 공사비가 소요되는 상황에서 플로팅터미널은 기존 항만과의 연계나 신규항만의 보조항만으로서 충분한 대안이 될 것으로 판단한다.

5. 기술개발전략 및 추진체계

1) 기술개발전략

본 절에서는 4절에서 선정된 신개념 안벽 하역장비 기술개발 부문의 슈퍼테이너, 신개념 통합 하역시스템 기술개발 부문의 안벽과 야드의 직접연계시스템인 오버헤드 시스템과 야드의 생산성 극대화를 위한 머신 시스템, 신개념 컨테이너터미널 기술개발부문의 플로팅터미널에 대한 기술개발 추진전략을 수립하도록 한다.

추진전략은 크게 정책적 추진전략, 기술의 확보전략, 자체개발전략 등 3가지로 나누며 각각의 전략에 대하여 세부방안을 수립하도록 한다.

(1) 정책적 추진전략

차세대 항만 하역시스템의 개발과 관련하여 세계 속의 중심항만으로 발전하기 위하여 중장기적 투자, 기술인력 확보 및 연구개발의 활성화, 첨단항만과 중심항만의 이미지 제고, 개발기술의 국제화 및 선도화 등 다양한 방면으로 정책적인 추진전략을 세워 차세대 항만 하역시스템의 개발 당위성을 조성하여야 한다.

정책적 전략은 다음과 같이 나누어 볼 수 있다.

- i) 차세대 항만 하역시스템에 대한 전략적인 선택과 집중적인 투자 및 개발을 위한 중점적인 기술개발 사업 추진
 - 향후 동북아 물류중심국가로 입지를 확보하기 위한 차세대 항만 하역시스템 개발의 목표를 제시하고, 급속하게 변화하는 주변 여건과 항만개발

- 의 흐름에 부응할 수 있도록 전략적인 선택과 집중적인 투자가 필요한 중점적 기술개발 사업 추진
- 한정된 연구개발 자원과 경쟁상대와의 기술 격차 등을 고려하여 경쟁 우위를 확보할 수 있는 현실적인 전략대안 선택
- ii) 기술 경쟁체제의 구성에 주력하고 기술인력의 기술력 향상 및 연구개발의 활성화로 기술혁신의 기반을 마련
- 신규 항만이나 기존 항만에 대하여 장래의 첨단화를 고려한 항만개발 정책 수립
 - 상업성 및 투자 가능성의 극대화를 유발하는 차세대 하역시스템 기술개발 사업의 선택
 - 신규 부두 건설 및 장비 설치시 생산성을 극대화할 수 있는 장비 및 시스템의 선택으로 장비제작업체 및 항만설계업체에 대한 기술개발 경쟁 유도
 - 항만 하역시스템 기술개발에 있어 세계의 항만 기술을 선도할 수 있도록 항만기술개발 연구단체 설립 및 인력 배양
- iii) 기술개발의 파급효과 증대와 효율적 개발을 위하여 복합성 및 융합성을 고려한 공동연구와 개발 추진
- 개별적 항만하역 기술의 정보공유 및 연구인력·기반공유를 통한 기술개발의 효율성 증대와 더불어 항만하역기술의 정보화 추진
 - 기 개발된 타 산업분야의 첨단기술을 응용하여 항만하역 기술에 적용이 가능한 방안 마련
- iv) 국내 항만기술의 국제화를 통한 국내 항만 하역시스템 분야의 이미지 제고
- 개발기술의 국제화·첨단화를 통한 국내외 학회 및 국제 세미나 발표, 특허 등을 이용하여 세계적인 항만하역 기술개발 강국으로 부상
 - 개발기술의 첨단화로 인한 외국 기술의 수입대체 효과 및 수출로 항만하역기술의 국제적 수요에 대응
 - 개발기술의 선진화, 첨단화로 항만하역 기술관련 산업의 기술력 확보

(2) 기술확보전략

차세대 항만 하역시스템 기술개발에 대한 기술확보전략은 매우 중요한 사안이다. 기존 국내의 관련기술을 수집하여 개선하는 방안, 새로운 기술을 개발하는 방안, 항만선진국의 기술을 수입하여 개선하는 방안, 장비제작업체에서 자체개발하는 방안, 여러 관련 기관의 공동개발 방안 등 여러 가지를 고려해야 한다.

기술확보전략에 대한 방안을 검토해 보면 다음과 같다.

i) 산·학·연 공동연구체제 구축에 의한 자체개발 방안

- 차세대 항만 하역 기술개발을 위한 정·산·학·연 공동 연구 컨소시엄 구성
- 항만 하역기술의 모듈별, 특성별 연구체제 구축
- 정기적인 발표와 평가로 개발기술의 개선 및 상호 간의 개발기술 교류

ii) 항만 하역기술 선진국과의 협조를 통한 기술개발 방안

- 항만 하역기술 선진국의 기술 습득
- 항만 하역기술 선진국과의 국제 공동연구 협력체제 구축
- 국제 공동연구와 위탁연구의 선별적 추진

iii) 국제적인 연구교류의 활성화

- 해외 전문가 DB 구축과 초청에 의한 기술지도
- 해외 한인 전문가 초청
- Post-Doc 등 해외 파견 전문가의 활용
- 국제 항만 하역기술 세미나, TOC 컨퍼런스, 기타 학술회의 개최와 선진항만의 기술연수 등 관련분야의 국제화

(3) 자체개발전략

기술확보전략 중 가장 한국적이고 적절한 방안은 자체적 개발전략이지만 외국 기술의 습득이나 공동연구 전략 또한 효과적이다. 그러나 장래를 위한 기술개발 전략은 외국의 기술 등에 종속되지 않는 한국실정에 적합한 자체적인 기술개발이다. 따라서 정부, 산업계, 학계, 연구소 등 각 분야별로 역할분담과 유기적인 공조 등으로 연구개발의 효율성을 높이기 위하여 다음과 같은 분야로 나누어 기술개발을 추진해야 할 것이다.

- i) 정 부 : 항만 하역기술개발 정책 수립, 항만 하역기술개발 컨소시엄 구성, 개발기술의 신규 항만과 기존 항만의 적용을 위한 지원
- ii) 산업계 : 항만 하역기술의 확보, 제품 개발
- iii) 연구소 : 차세대 항만 하역기술 개념 개발, 연구방향의 설정 및 조정
- iv) 학 계 : 요소 및 기초기술의 확보, 기술/연구인력의 양성

2) 기술개발 추진체계

(1) 기술개발 추진체계

기술개발의 추진체계는 해양수산부를 주관부처로 하여 항만기술개발계획을 수립하고 기술정책을 시행하며 기술개발의 투자재원을 확보한다.

한국해양수산개발원을 주관기관으로 하여 기반, 정책 및 핵심기술의 개념연구와 더불어 개발기술의 관리, 타당성 검토, 프로젝트의 관리 및 연구성과 보급, 산학연 공동 개발기술의 조율 등을 담당한다. 이 과정에서 각 분야별 항만기술 전문기관과의 연계와 더불어 과제선정 및 감독/평가위원회를 구성하는 역할을 가진다.

이러한 주관부처의 정책과 주관기관의 업무성격에 따라 대학 및 부설연구기관은 고급 기술인력의 양성, 기초 및 응용기술의 연구, 연구개발의 자문과 기타 다른 산업체, 연구기관과의 공동연구를 수행토록 한다.

핵심기술 개발에서 가장 상용화된 개발을 담당하는 산업체는 개발기술의 응용 및 실용화, 응용 및 실용화된 기술의 공동연구 및 제품제작 등의 업무를 수행하게 된다.

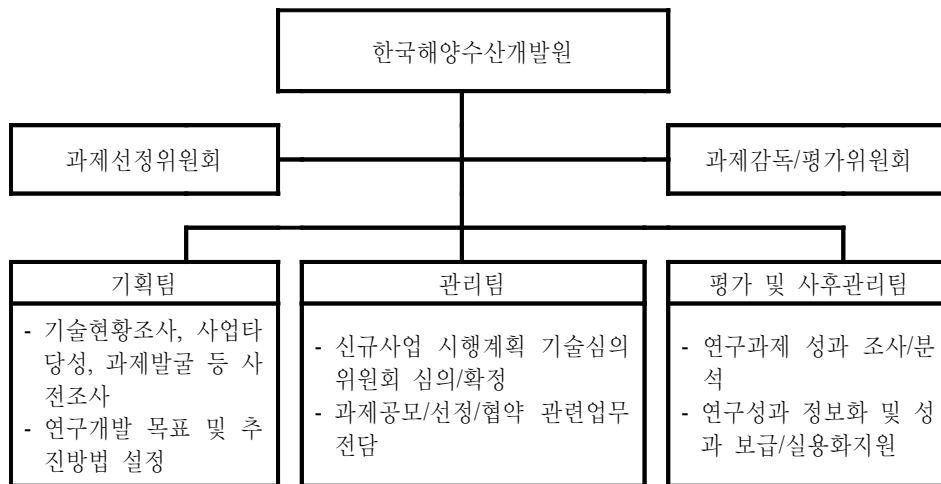
협회 및 관련단체는 기술지원 및 자문, 제작감독 및 기술감리를 수행하게 된다.

차세대 항만 하역시스템 개발기술 분야는 매우 넓고 광범위하여 정부로부터 관련단체에 이르기까지 각계의 전문적 기관들이 유기적인 조직으로 구성되어 기술개발을 수행하여야 하며, 국내 항만의 장기적인 비전을 가지고 빠른 시일 내에 과제의 선정이나 연구, 정부의 정책결정, 지원 등이 이루어져야 할 것이다.

다음은 정부와 산학연의 기관별 사업추진체계를 그림으로 나타낸 것이다.

<그림 5-6>

사업추진을 위한 주관기관의 조직 구상도



6. 차세대 항만 하역시스템 기술개발 실천방안

1) 신개념 안벽 하역장비(슈퍼테이너)

(1) 개발기술의 개요

슈퍼테이너는 일반적인 싱글호이스트 타입의 컨테이너 크레인과 다르게 현재 CTA에서 시범운영 중인 듀얼호이스트 시스템의 컨테이너 크레인보다도 한 단계 더 발전된 DHST 시스템의 컨테이너 크레인이다.

슈퍼테이너의 구성은 크게 육측 트롤리, 트래버서, 해측 트롤리, 컨테이너슈트, C/C 본체로 구성되며, 컨테이너 이송은 육측 및 해측 트롤리, 트래버서의 3가지 동작으로 구분되어 이루어진다.

슈퍼테이너는 기존 DHST 크레인과 달리 트래버서라는 이송장치가 있어, 해측과 육측의 트롤리 사이를 분당 270미터의 빠른 속도로 이동하여 컨테이너를 담은 특수한 레일-마운티드 바스켓을 전달하는 시스템으로 되어 있다.

개발 특징은 호이스팅시 트롤리는 운행하지 않는다는 것이며, 대신에 해측 트롤리에서 육측 트롤리로 컨테이너를 전달하는 수평운동은 트래버서에 의해 수행된다. 트래버서는 트롤리가 내부로 올라갔을 때 거더의 바깥쪽 레일을 따라 운행되

며, 트롤리와 트래버서가 겹쳐졌을 때 장착된 컨테이너가 이송된다. 운영방식은 육상측과 해상측의 트롤리가 내리는 동작을 취하면서 위치를 잡을 때를 제외하고는 대부분 자동으로 운행된다

크레인의 아웃리치를 따라서 스스로 ‘set-down/picking’ 위치를 정하는 트래버서는 해측과 육측의 트롤리가 수행하는 컨테이너 처리량을 증가시킬 수 있다. 해측과 육측의 트롤리는 컨테이너 하역시 상하운동만을 하고 컨테이너의 수평이동은 트래버서에 의해 이루어진다.

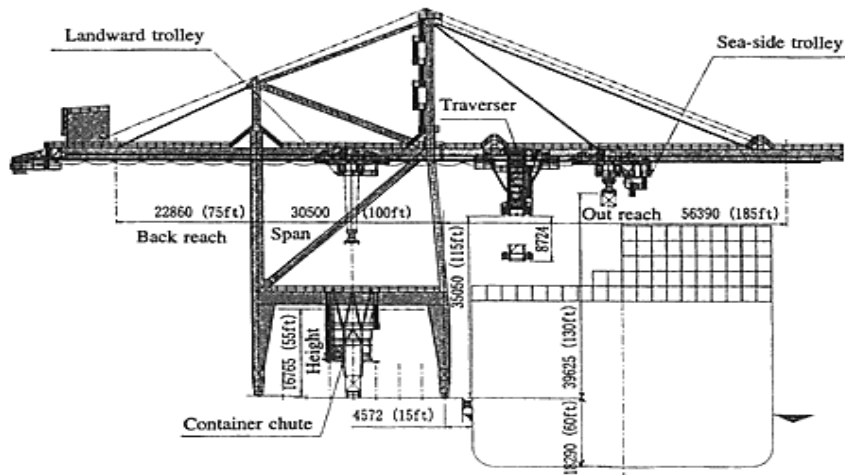
<그림 5-7>

슈퍼테이너 조감도



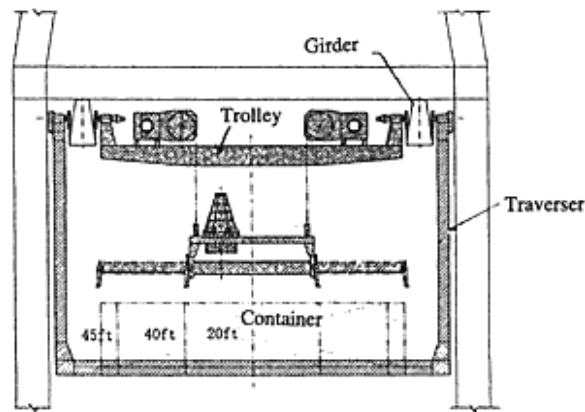
<그림 5-8>

슈퍼테이너 측면도



<그림 5-9>

트래버서 정면도



(2) 국내 항만적용시 특징 분석

현재 가장 첨단화되고 국외 항만에서 적용되고 있는 안벽 하역장비는 ECT나 CTA에서 운영되고 있는 DHST 시스템의 컨테이너 크레인이다. 이미 국외 항만에서는 설치되어 시험운영 완료 중인 DHST 시스템은 국내의 항만에 2010년에 적용될 예정이다. 그러나 이미 외국 장비제작업체에서는 DHST 시스템 이후의 안벽 하역장비인 슈퍼테이너 개발을 완료하였고, 실제 항만에 적용되는 단계만을 남겨 두고 있다. 본 연구과제 중 차세대 하역장비의 기술개발부문에서 선정된 슈퍼테이너는 현재의 기술수준이나 개발여건에는 적합하지 않을지 모르나 초대형선의 등장을 예견한다면 지금부터 개발을 시작하여야 하며, 개발 및 적용기간이 완료되는 향후 5년 이후에 사용될 가능성이 크기 때문에 외국에서 개발된 기술과의 수준차이를 좁힐 수 있을 것으로 판단된다.

슈퍼테이너의 사양은 다음과 같다.

<표 5-10>

슈퍼테이너의 속도사양

구 분		속 도(m/min)
갠트리 속도		45
트롤리 권상하속도(부하)	권상	135
	권하	150
트래버서 수평운행속도		270

자료 : PACECO 내부자료.

현재 국내 항만의 경우 22열짜리 슈퍼 포스트파나막스급 컨테이너 크레인의 설 계능력상 시간당 생산성은 40개 내외이다.

그러나 슈퍼테이너의 경우 육측·해측 트롤리, 트래버서 등 장치별 기능의 분리 로 인한 사이클타임의 최소화와 선박을 제외한 대부분이 자동화가 가능하여 시간 당 90개의 생산성을 올릴 수 있다.

슈퍼테이너가 국내의 기존 항만이나 신규 항만 중 어디에나 적용 가능하며 기 존의 크레인과 병행하여 작업이 가능하기 때문에 10년 이내 국내항만의 안벽 하역 장비 노후화로 인하여 장비교체의 필요성이 있을 경우 고려될 수 있을 것이다.

다음은 국내항만에 적용될 슈퍼테이너의 특징 및 장점을 나타낸 것이다.

<표 5-11> 슈퍼테이너의 특징

구분	설명
생산성	• 시간당 90개
초대형선에 대한 대응성	• 각 장치별 기능의 분리 → 사이클타임의 최소화 • 육측 완전자동화로 인한 생산성 증가
신개념	• 안벽 하역장비의 개량화 • 수직운동: 트롤리, 수평운동 : 트래버스
국내 항만적용	• 기존 항만 : 노후 크레인 교체 • 신규 항만 : 초대형선에 대응하는 안벽 하역장비
장점	• 기존의 항만에도 적용가능 • 안벽-야드 간 차량의 흐름 단순화(AGV적용) • 해치커버리스 선박에 유리(각 장치의 직선운동) • 기존의 크레인과의 연계작업 가능
단점	• 운영체제의 복잡성 • 하중제어 문제
기술성	• 자동화로 인한 컨테이너 이송과 이송장비와의 연계성 용이 • 컨테이너의 흔들림 현상 해결
경제성	• 일반 크레인에 비해 3배의 처리속도 • 3개의 컨테이너 동시처리 가능

(3) 기술개발 내용

슈퍼테이너의 개발을 위하여 각 단계별로 나누어 기술개발을 수행하여야 하며, 개 발 초기단계인 1단계에서 최종단계인 4단계까지 장비제작업체, 대학 및 연구소, 장비 부품 및 소재개발업체, 터미널운영업체 등이 참여하는 기술개발이 이루어져야 한다.

다음은 각 단계별 기술개발 내용을 나타낸 것이다.

<표 5-12>

단계별 기술개발 내용

년 도	목 표	연구내용	비고
1단계 (1년)	개념정리 및 개념설계	- 신개념 안벽 하역장비(슈퍼테이너) 개념 정립 및 설계	민간참여
2단계 (1년)	기본설계 및 시제품 설계	- C/C 장치별 기본설계 - 시제품 기본설계	민간참여
3단계 (2년)	시제품 설계 및 제작	- C/C의 장치별 핵심요소 기술개발 - C/C의 장치별 시제품 제작 - 통합 및 초기 성능시험	민간참여
4단계 (1년)	시제품 시운전 및 성능시험	- C/C 장치별 설계 제작 - C/C의 장치시스템별 통합 운영 및 문제 점 보완	민간참여

2) 신개념 통합 하역시스템(오버헤드 시스템, 머신 시스템)

신개념 통합 하역시스템부문에서 선정된 2가지 시스템은 본선 및 야드에서의 병목현상을 제거하기 위한 오버헤드 시스템과 안벽의 고생산성, 이송차량의 완전 자동화, 야드생산성의 극대화를 꾀한 머신 시스템이며, 본 절에서는 선정 시스템 별 개요, 국내항만 적용시 특징, 개발내용에 대해 알아본다.

(1) 개발기술의 개요

① 오버헤드 시스템

오버헤드 시스템은 기존 컨테이너터미널의 컨테이너 이송과정에서 생산성을 가장 떨어뜨리는 부분인 안벽과 야드 간 이송차량에 의한 컨테이너 이송과정을 제거하여 터미널의 전반적인 생산성을 향상시키는 시스템이다.

안벽과 야드 간 이송차량에 의한 병목현상을 제거하기 위하여 컨테이너 백리치 부분에 5개의 컨테이너를 수평으로 적치할 수 있는 컨베이어를 설치하여 야드 크레인이 직접 컨테이너를 야드로 이송 가능하도록 구성되었다.

따라서 터미널 내에서는 별도의 컨테이너 운송차량과 장치가 불필요하며, 크레인의 모든 동작은 컴퓨터 제어에 의하여 이루어지고 컨테이너 크레인 및 관제탑 컴퓨터와 서로 연결이 되어 완전 자동운전이 가능하도록 설계된 시스템이다.

② 머신 시스템

머신 시스템은 크게 3가지의 장비와 시설들로 이루어진다.

첫째, 안벽 하역장비는 ‘머신’이라 불리는 8개의 해측 크레인으로 구성되며, 이것들은 정박한 두 척의 선박에 동시에 서비스되고, 기본적으로 610m(2선석)의 부두길이를 필요로 한다. 각 크레인은 시간당 평균 50~70개의 컨테이너를 처리하며, 최대 90개 이상의 컨테이너를 처리할 수 있다.

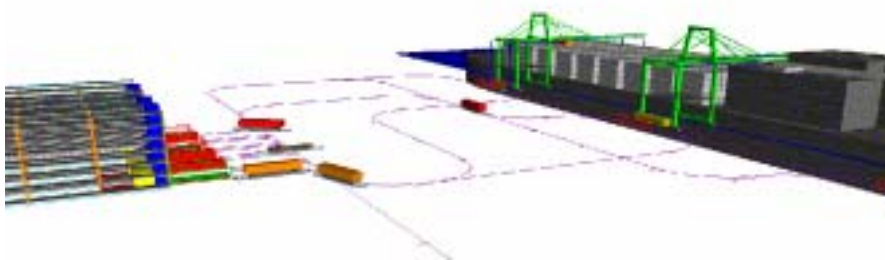
둘째, 안벽과 컨테이너 적재장소 간의 이동은 트랜스포터라는 자동 레일카를 이용하며, 안벽 하역장비인 머신의 ‘Receiving Balcony’에 위치하여 머신과 연계작업이 수행된다. 트랜스포터는 적재장소인 랙 스토리지 랜덤 액세스 구조로 이동하여 컨테이너를 전송한다.

셋째, 적재장소인 ASRS(Automated Storage Retrieval System)는 랙 형태의 시스템으로서 RS(Rack Structure), SRM(Storage & Retrieval Machine), 셔틀로 구성된다. RS는 하나의 랙이 10베이, 10단적으로 이루어지며 터미널 규모에 따라 여러개의 랙으로 건설될 수 있다. 또한 공컨테이너를 위한 별도의 ECS(Empty Container Storage)랙을 두고 있다. SRM은 동시에 수평 및 수직운동이 가능한 크레인으로서 길게 놓여진 베이 사이를 주행한다. 셔틀은 SRM 위에 장착되어 랙에서 컨테이너를 추출하고 내릴 수 있도록 X, Y 방향으로 움직인다.

현재 머신 시스템의 경우 RCH(US-based Robotic Container Handling Co.)사에 의해 시뮬레이션까지 수행된 상태이며, GE(General Electric Industrial System), B&R(Brown & Root), HK시스템, Ederer Inc, HS(Havens Steel)사 등이 참여하여 2004년 이후 10대의 머신이 운영될 계획이다.

<그림 5-10>

ASRS



(2) 국내항만 적용시 특징 분석

신개념 통합 하역시스템부문에서는 이송장비에 의한 병목현상 제거와 야드에서 리핸들링 감소로 인한 생산성의 극대화를 위하여 오버헤드 시스템과 머신 시스템이 선정되었다. 따라서 이 두 시스템은 최종적으로 터미널의 생산성을 향상시키기 위한 기술개발 방안으로서 국내항만에 적용시 병목현상 제거와 리핸들링 감소와 같은 각 시스템의 장점을 최대한 이용할 수 있도록 국내 항만에 적합한 시스템을 개발하여야만 한다.

국내 항만의 하역시스템은 현재 대부분의 터미널이 C/C-Y/T-RTGC 시스템이며, 향후 개장 예정에 있는 부산신항만이 C/C-Y/T-RMGC 시스템, 2010년에 운영예정인 광양항 자동화 컨테이너터미널이 C/C(DHST 시스템)-AGV-ATC 시스템을 적용할 예정이다.

이 중 가장 발전된 시스템은 광양항 자동화 컨테이너터미널로서 기존의 국내항만과는 달리 무인 이송차량과 무인 야드 하역장비를 이용하며, 야드 적재형태도 안벽과 수직형태의 배열을 이루고 있다.

이렇게 터미널의 하역시스템은 세계 무역환경의 변화, 운항선박 여건에 따라 생산성, 경제성이 유리한 방향으로 발달되고 있는 실정이다. 따라서 국외 선진항만, 장비 제작업체에서는 생산성, 경제성을 증가시키기 위하여 이미 오래전부터 새로운 개념의 컨테이너터미널 통합 하역시스템을 개발해 오고 있다.

향후 국내 항만의 발전방향은 30여년 전부터 사용되어 오고 있는 현재의 시스템에서 벗어나 터미널의 생산성과 경제성을 증가시키기 위한 기술개발의 필요성을 인식하고, 정, 산, 학, 연의 협력 아래 신개념의 통합 하역시스템을 개발하여야 한다.

신개념 통합 하역시스템으로는 4절에서 선정된 오버헤드 시스템과 머신 시스템의 국내 항만 적용시 시스템의 특성, 장단점 및 기술성, 경제성을 살펴보았다.

① 오버헤드 시스템

오버헤드 시스템은 기존 환적항만인 싱가포르 PSA에서 사용하고 있는 시스템으로서, 본 연구에서 선정된 오버헤드 시스템은 PSA 시스템과는 달리 이송차량을 적용하지 않고 5개의 컨테이너를 수평으로 적치할 수 있는 컨베이어를 사용하여 병목현상을 해결하였다.

이 시스템은 기존 국내항만의 리모델링 및 리엔지니어링에 적용할 경우 터미널 전체의 구조변경과 더불어 새로운 하부시설의 보강도 필요하게 되어 신규 터미널

에 적용하는 것에 비하여 별다른 장점이 없을 것으로 판단된다.

따라서 오버헤드 시스템의 경우 대상항만은 향후 새로이 개발될 항만으로 제한된다.

특히 동 시스템의 기술개발 기간과 국내항만의 개발계획에 맞추어 적용하여야 하며, 광양항의 경우 3단계가 종료되는 시점인 2011년 이후 4단계 개발시에 고려될 수 있고, 부산신항의 경우도 현재 북컨테이너부두의 개발계획이 완료되는 2011년 이후 남 컨테이너부두에 적용될 수 있다.

다음은 국내항만에 적용될 오버헤드 시스템의 특징 및 장점, 경제성을 나타낸 것이다.

<표 5-13> 오버헤드 시스템의 특징

구분	설명
생산성	• 시간당 45개
초대형선에 대한 대응성	• 안벽↔야드 간 컨베이어 설치로 인한 병목현상 해결 • 20열, 10단적 이상의 열, 단적 수로 야드 생산성의 극대화
신개념	• 안벽과 야드 간의 컨테이너 이동시 장비 간 직접 연계 • 초대형 캔틸레버 타입의 야드 크레인의 이용으로 야드 생산성 향상 • 대형크레인 내부의 소형 야드 크레인 장착
국내 항만적용	• 기존 항만 : 적용 불가능 - 높은 터미널 리모델링 비용 • 신규 항만 : 광양항 4단계, 부산신항만 남 컨테이너부두
장점	• 안벽과 야드 간의 완전 자동화 가능 • 검증된 기술 • 환적 전용항만에 상당히 유리 • 초대형선에 대한 처리능력이 우수
단점	• 수출입 위주의 항만에 적용시 운영 시스템의 보완 필요
기술성	• 완전 무인 자동화 실현 • 외부 트럭에 대한 정확한 도킹시스템 적용
경제성	

② 머신 시스템

머신 시스템은 오버헤드 시스템과 마찬가지로 기존 국내항만의 리모델링 및 리엔지니어링에 적용할 경우 터미널 전체의 구조변경, 랙저장소의 설치와 더불어 새

로운 하부시설의 보강도 필요하게 되어 신규 터미널에 적용하는 것에 비하여 별다른 장점이 없을 것으로 판단된다.

따라서 머신 시스템의 경우도 대상 항만은 향후 새로이 개발될 항만으로 제한된다.

특히 동 시스템의 기술개발 기간과 국내항만의 개발계획에 맞추어 적용하여야 하며, 광양항의 경우 3단계가 종료되는 시점인 2011년 이후 4단계 개발시에 고려될 수 있고, 부산신항의 경우도 현재 북컨테이너부두의 개발계획이 완료되는 2011년 이후 남 컨테이너부두에 적용될 수 있다.

다음은 국내항만에 적용될 머신 시스템의 특징 및 장점, 경제성을 나타낸 것이다.

<표 5-14> 머신 시스템의 특징

구 분	설 명
생산성	• 평균 시간당 70개(최대 90개)
초대형선에 대한 대응성	• 자동화된 이송시스템과 ASRS 시스템으로 대량의 컨테이너를 신속하게 처리/보관 가능 • 본선화물의 처리능력 증대(34시간내 7천번 작업가능)
신개념	• 레일궤도의 AGV 운영 : 이송차량 동선의 단순화 • 수직운동 : 트롤리, 수평운동 : 트래버스
국내 항만적용	• 기존 항만 : 노후 크레인 교체 • 신규 항만 : 초대형선에 대응하는 항만(광양4단계, 부산신항 남측 적용 가능)
장점	• 리프트링 제거 : 야드에서의 처리물동량 극대화 • 토지 이용률 극대화 • 장비의 이용률 증가 • 레일식 자동화 이송장비로 인한 동선체계의 단순
단점	• 고가의 ASRS 시스템 • 10단적으로 인한 하부기반시설 보강
기술성	• 완전 자동화된 ASRS 시스템 • 레일식 이송차량 • 안벽 크레인은 옥토퍼스 시스템과 유사
경제성	• 동일물동량 처리 터미널에 비해 기존면적의 10%만 사용 • 안벽 크레인이 옥토퍼스 시스템과 유사하여 기존 안벽길이 대비 50% 감소 → 크레인 수량 감소 • 선박 재항시간의 50% 이상 단축 가능 → 컨테이너당 300~600달러 사이의 이익 증가요인 발생 • 20만 ^m 2의 면적에 150만개의 컨테이너 처리 가능

자료 : Ardavan Asef-Vaziri, Behrokh Khoshnevis, "Potential for ASRS and AGVS in Maritime Container Terminals", *Working Paper*, Department of Operators and Supply Chain Management Marquette University, 2001.

(3) 기술개발 내용

신개념 통합 하역시스템에서는 기술개발 방향에서 밝힌 바와 같이 자동화 이송장비를 사용하고 랙 시스템을 적용한 머신 시스템, 이송장비의 운송단계를 배제하여 병목현상을 해결하기 위한 오버헤드 시스템에 대한 기술개발 등 2가지 방안의 기술개발로 이루어진다. 2가지 시스템의 기술개발을 위하여 각 단계별로 나누어 개발을 수행하여야 하며, 신개념 하역 안벽장비와 같이 개발 초기단계인 1단계에서 최종단계인 4단계까지 장비제작업체, 대학 및 연구소, 장비부품·소재개발업체, 터미널운영업체 등이 참여하는 기술개발이 이루어지게 된다. 신개념 통합 하역시스템의 경우 2가지 방안의 개발단계 및 과정은 동일하며 개발을 위하여 총 10년의 기술개발 기간이 필요할 것으로 판단된다.

다음은 각 단계별 기술개발 내용을 나타낸 것이다.

<표 5-15> 단계별 기술개발 내용

년 도	목 표	연구내용	비고
1단계 (1년)	개념정리 및 개념설계	- 신개념 통합 하역시스템 개념 정립 및 설계	민간참여
2단계 (3년)	기본설계 및 시작품 설계	- 각 장비 및 영역별 기본설계 - 안벽 하역장비 설계 - 신개념의 이송 및 적재 시스템 설계 - 자동저장 시스템 설계	민간참여
3단계 (3년)	시작품 설계 및 제작	- 각 장비 및 시설의 핵심요소 기술개발 - 각 장비 및 시설의 시제품 제작 - 통합 및 초기 성능시험	민간참여
4단계 (3년)	시작품 시운전 및 성능시험	- 각 장비 및 시설 설계 제작 - 시스템별 통합 운영 및 문제점 보완	민간참여

3) 신개념 컨테이너터미널(플로팅터미널)

(1) 개발기술의 개요

최초의 부유식 구조물은 1970년대 후반 조선공업과 철강공업에 불어 닥친 불황을 타개하고자 일본 조선공업회가 제안한 부체식 공법이 시초이다. 1977년 관서국제공항의 제 1기 공사에 매립공법에 대한 대안으로 제시되었으나 당시로서 높은

건설비용과 이에 상응하는 내구연수를 충족시키지 못하여 기존의 매립공법이 채택되었다. 또한 기존의 건설실적이 없어 그에 대한 기술적 검증성을 입증하지 못한 것도 채택에 있어 큰 장애요인이었다.

현재까지의 항만개발은 주로 중력식 방파제를 건설하고 안벽을 축조한 후 후면을 매립하는 방식으로 이루어져 왔다. 이로 인하여 개발조건이 비교적 양호한 천수역이 점차 감소하게 되어 상대적으로 깊은 수심을 갖는 외해측에 부유구조물의 필요성이 대두되게 되었다. 또한 기존의 항만들이 항만개발과 운영을 수행함으로써 생태계 파괴와 환경적 측면에서 문제점이 발생하게 됨에 따라 환경보존에 대한 개발의 필요성이 높아지게 된 결과를 가져왔고, 무역환경의 변화에 따라 선박의 대형화 추세는 기존의 항만시설로서는 미래에 대응하지 못할 것이라는 예측이 나오고 있는 실정이다.

이와 같이 사회 전반적인 요구와 국내의 좁은 토지 이용여건은 보다 적극적인 항만개발을 필요로 하게 되었으며, 이에 대한 대안으로 부유구조물을 이용한 플로팅터미널의 건설 필요성이 높아지고 있다.

본 연구에서는 기술개발의 어려움이 다소 있으나 이미 일본에서 해상공항의 개발과 미국에서의 소규모 보조항만 등으로 개발된 바 있는 플로팅터미널에 대해 향후 국내에서도 10년 이내에 꾸준한 기술개발이 이루어진다면, 플로팅터미널의 탄력적인 기능성으로 인하여 미래의 초대형선에 대비하는 충분한 신개념 컨테이너터미널로서 입지를 확고히 할 수 있을 것이다.

플로팅터미널은 4절의 기술개발 방향에서 밝혔듯이 기존의 터미널과 병행하여 초대형선에 대응할 수 있도록 하는 항만보조기능, 슬립터미널 방식의 양안 하역방안, 흘수심 증대를 위한 소요수심 확보방안 등으로 활용할 수 있는 면을 가지고 있다.

(2) 국내항만 적용시 특징 분석

플로팅터미널의 국내 항만 적용시 가장 큰 장점은 기존항만에 대하여 보조항만의 기능으로서 활용이 가능하여 장래 초대형선에 대비할 수 있다는 것이다. 또한 신규 터미널 계획시 매립에 의한 도크형태의 항만을 건설할 필요없이 현재의 안벽 형태에서 양안하역을 위하여 안벽에 2개의 플로팅터미널을 연계함으로써 이용 가능하다.

국내 해상항만의 건설 가능한 지역을 살펴보면 국내의 모든 해역에 플로팅터미널의 적용이 가능한 것으로 판단이 되나, 그 중 남해안은 높은 파고에도 불구하고 적절한 수심과 해저구배를 나타내고 있으며, 크고 작은 섬들로 인한 외해로부터의 차폐성을 고려해 보았을 때 가장 적합한 적지로 판단이 된다.

플로팅터미널 국내항만 적용시 장·단점

<표 5-16>

지역	동해안	서해안	남해안
장점	- 작은 조위차 - 수심 확보 유리 - 육지측 구조물과 연계성 양호	- 충분한 화물량 확보 가능 - 낮은 파고로 인한 하역 조건 유리 - 기존 항만에 대한 보조 기능으로 유리	- 충분한 화물량 확보 - 기존 교통망과 연계성 유리 - 기존 항만에 대한 보조기능으로 유리 - 지형여건 유리 (많은 섬들로 인한 차폐기능)
단점	- 높은 파고로 인한 구조물의 유동성 - 외곽시설 건설에 높은 공사비 - 적은 발생 물동량	- 큰 조차로 인한 육지에서 접근성 불리 - 선박의 조수대기 시간 발생	-
순위	3	2	1

다음은 국내항만에 적용될 플로팅터미널의 특징 및 장점, 경제성을 나타낸 것이다.

플로팅터미널의 특징

<표 5-17>

구분	설명
생산성	• 선석당 300개(양안하역시)
초대형선에 대한 대응성	• 브리지크레인 및 양안하역 방식의 채택으로 대응 가능 • 선박의 폭과 길이에 대한 유동성 확보
신개념	• 철강을 이용한 해상 부유구조물 • 항만보조 기능 • 양안하역 기능 • 홀수심 증대 기능
국내 항만적용	• 기존 항만 : 항만의 보조하역 기능으로 이용 • 신규 항만 : 양안하역 기능으로 이용
장점	• 매립에 의한 연안개발시, 해양환경 파괴방지 • 매립공법에 비하여 공사기간 단축이 가능하며 건설비 저렴 • 부체시설의 확장과 철거가 용이하고 강재 부체의 재활용 가능 • 깊은 수심 및 연약지반의 근해역 개발에 적합함 • 산업계의 경제 활성화에 따른 경기부양 • 도크 확장 용이성
단점	• 부체의 안정화 작업 어려움 • 해수에 대한 부식
경제성	• 건설비용 30% 절감 • 기존 항만건설 대비 공사기간 50% 감소 • 기존의 연약지반에 대한 공사비 전무 • 20미터 이상의 수심이면 기존의 매립식에 비하여 건설비 상당히 저렴 • 보상비 저렴

(3) 기술개발 내용

신개념 컨테이너터미널 중 최종 선정된 플로팅터미널의 개발을 위하여 각 단계별로 나누어 기술개발을 수행하여야 하며, 개발 초기단계인 1단계에서 최종단계인 4단계까지 철강업체, 장비제작업체, 건설업체, 엔지니어링업체, 대학 및 연구소, 장비부품 및 소재개발업체, 터미널운영업체 등이 참여하는 기술개발이 이루어지게 된다.

플로팅터미널의 경우 부유구조물의 기술개발이 심도 있게 이루어져야 하며, 총 11년의 기술개발 기간이 필요한 것으로 판단된다.

다음은 각 단계별 기술개발 내용을 나타낸 것이다.

<표 5-18>

단계별 기술개발 내용

년 도	목 표	연구내용	비고
1단계 (1년)	개념정리 및 개념설계	- 플로팅터미널의 개념 정립 및 설계	민간참여
2단계 (3년)	기본설계 및 시작품 설계	- 플로팅터미널에 적합한 안벽 하역장비 설계 - 기타 장비 및 영역별 기본설계 - 이송 및 적재 시스템 설계	민간참여
3단계 (4년)	시작품 설계 및 제작	- 부유구조물 및 시설의 핵심요소 기술개발 - 시설의 시제품 제작 - 통합 및 초기 성능시험	민간참여
4단계 (3년)	시작품 시운전 및 성능시험	- 시설 설계 제작 - 시스템별 통합 운영 및 문제점 보완	민간참여

제 6 장 결론 및 정책 건의

1. 결론

본 연구는 동북아 물류중심 기지화를 목표로 하고 있는 우리나라 컨테이너 항만에 초대형선의 기항을 유도하기 위해 시급히 개발해야 할 하역시스템 연구개발과제를 도출하고 그 기술개발을 구체화할 수 있는 계획을 수립하고자 하였다.

1만TEU급 초대형선의 취항이 가시화되는 등 이미 초대형 컨테이너선의 시대가 시작되었다고 볼 수 있는데, 만약 이런 초대형 컨테이너선박이 동북아지역에서 우리나라 이외의 항만으로 기항할 경우 정부의 동북아 물류중심화 전략에 큰 차질을 가져올 것으로 우려되기 때문에 초대형선박 기항을 유도할 수 있는 중장기적인 기술개발 정책의 수립이 필수적이다.

실제로 2010년 전후로 1만 2천TEU급, 그리고 2015~2020년에는 1만 5천TEU급의 초대형 컨테이너선이 본격 취항할 것으로 전망하고 있으며, 초대형 컨테이너선의 기항을 유도한다는 것은 대형선박이 입항할 수 있는 수심, 안벽길이 등 인프라구비와 함께 초대형선의 대량화물을 신속하게 선적 및 하역할 수 있는 높은 생산성의 항만시스템을 구축하는 일이다.

이와 같은 연구 배경과 목적에 따라 수행한 주요 연구결과는 다음과 같다.

1) 초대형선 출현으로 새로운 개념의 고생산성 항만 하역시스템 개발 시급

우선 컨테이너선이 초대형화되면 선박건조가격이 상승하게 되므로 선주들은 특정항로에 운행하는 투입선박 수를 감소시키려 할 것이고, 이에 따라 기항지 축소 및 운행스케줄이 단축될 것으로 예상된다. 또한 전략적 제휴선사들의 소수화, 대규모화에 따라 선박량 점유율 및 물동량 취급비중이 증가하는 등 시장지배력이 더욱 강화될 것으로 전망된다.

즉 대형 제휴그룹의 시장지배력 강화와 선대 대형화는 기간 항로에서 기항 항만을 축소 또는 변경시키고, 그 결과 현재의 지역별 중심항만은 초대형 중심항만과 피터항만으로 역할의 변화가 이루어질 것으로 예상된다. 또한 향후 1만 2천~1

만 5천TEU급의 초대형 컨테이너선박은 북미-극동, 극동-유럽 간의 화물을 모두 취급할 수 있는 북미, 구주항로 양방향 펜들럼서비스에 투입될 것으로 예상된다.

한편 1만 2천TEU나 1만 5천TEU로 컨테이너선이 초대형화되면 전세계에 4~6개 정도의 초대형 중심항(Load Center)으로 기항항만이 한정되고, 현재의 각국별 중심항 체제는 지역별 중심항 체제로 바뀌게 될 것이다.

동북아지역에서는 한국의 부산/광양항, 일본의 고베/오사카항, 중국의 홍콩/상해항, 대만의 카오슝/基隆항 등 각국별 중심항이 동북아지역 중심항 1~2개로 재편되고 나머지는 피더서비스로 연결되는 항만이 될 것으로 보인다.

초대형 컨테이너선이 기항하는 중심항(Mega-Hub Port)이 되기 위해서는 1만 2천TEU 및 1만 5천TEU 선형의 선박 흘수(15~16m)를 고려한 수심과 선폭(60~69m 이상) 증가에 따른 충분한 아웃리치를 가진 안벽 하역장비가 설치되어야 하며, 또한 안벽에서의 하역생산성 증가와 더불어 장치장에서의 작업생산성 향상을 통한 재항시간 단축에 역점을 두어야 할 것이다.

1만 5천TEU 선박에 서비스할 경우, 기존 컨테이너 크레인 투입대수인 6대 정도를 양적하작업에 투입하기 위해서는 컨테이너 크레인의 운영 생산성이 시간당 70개(lifts), 그리고 기계적 생산성은 시간당 100개(lifts)가 되는 새로운 개념의 하역시스템이 개발되어야 할 것으로 판단된다.

초대형 컨테이너선 출현에 대비해 선진국에서는 새로운 개념의 고생산성 항만 하역시스템 개발에 많은 투자를 해 오고 있다.

즉 선진항만들은 신규 항만의 건설, 기존 항만의 리엔지니어링, 새로운 하역시스템의 개발 등 다양한 분야에서 개발과 투자를 지속적으로 수행하고 있으며, 이중 최우선적인 연구개발 부분은 항만의 초대형화, 통합화, 자동화를 중심으로 미래에 대비한 차세대 항만 하역시스템의 개발이다.

2) 선진항만, 차세대 항만 하역시스템 연구개발 활발

첫째는 안벽에서의 생산성과 서비스 수준을 증가시킬 수 있도록 기존의 컨테이너 크레인을 개선하거나 새로운 개념의 안벽 하역장비를 연구·개발하는 것이다(DHST장치, 더블 트롤리장치, 이동 가능한 거더, 버퍼 크레인의 설치 등).

둘째는 신개념의 하역장비(안벽 하역장비, 이송장비, 야드 하역장비)와 저장시설, 하역시스템 등으로 대규모의 화물을 신속하게 처리할 수 있는 터미널 통합

하역시스템을 개발하는 일이다.

셋째는 1만 5천TEU급 초대형선에 대응하는 신개념의 항만시설과 터미널을 건설하는 것으로 슬립(양현하역)터미널, 스피드포트, 플로팅터미널 등이 있다.

해외 선진항만에서는 안벽 하역장비의 생산성 향상과 더불어 안벽에서의 야드로의 빠른 이송 방법, 또한 이를 최대한 빠르게 처리할 수 있는 야드 크레인과 운영시스템을 연구·개발하고 있으며, 새로운 개념의 항만 시설에 대한 연구도 진행하고 있다.

예를 들어 Paceco, Nelcon, Kone, Ansaldo, Reggian, Noell, MHI, Kalmar와 같은 장비제작업체, ECT, CTA, PSA, VIT와 같은 항만운영업체, US-based Robotic Container Handling Co., Morgan, Flyda, Kiser Engineering 등과 같은 항만시스템 컨설팅 및 엔지니어링업체, 텔프트 공대와 같은 학계, 기타 정부기관 등 대부분의 선진항만들은 정부, 산업계, 학계, 연구기관으로 컨소시엄을 구성하여 미래에 대비하는 항만 하역시스템과 장비를 개발하고 있는 상황이나, 아직 국내에서는 미래의 항만하역시스템에 대한 연구개발을 수행하는 곳이 안벽 하역장비 컨설팅벤처업체인 크리아텍과 항만시스템 관련 연구기관인 한국해양수산개발원 단 2곳 정도에 불과한 실정이다.

신개념 안벽 하역장비는 기존 형태의 안벽 하역장비에 듀얼호이스트/트롤리, 트래버스, 이송장비 엘리베이터, 상하이동거터와 같은 새로운 장치를 추가하거나 새로운 보조 크레인을 투입하는 것이다.

생산성은 시간당 60개(lifts)에서 150개(lifts)까지의 범위를 가지고 있으며, 대부분이 기존의 장비제작업체가 개발하거나 혹은 터미널 운영사와 합작하여 신개념 하역장비를 개발하고 있다.

신개념 통합 하역시스템은 기존 시스템을 개선하거나 대체할 수 있는 시스템을 개발하는 것으로 터미널 전체의 생산성을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 안벽 하역장비 능력 향상에 따라 장치장의 능력을 향상시키고, 물류흐름의 병목현상 해소와 야드에서의 컨테이너 처리시간을 획기적으로 개선하며, 항만의 토지이용률과 장비이용률을 높여 보다 경제적인 터미널을 건설하고 운영토록 한다.

신개념 통합 하역시스템은 컨테이너의 하역에서부터 이송과정을 거쳐 야드에 장치하기까지 터미널의 전반적인 생산성 증가를 목표로 하고 있으며, 신개념 채택으로 인한 터미널의 생산성은 시간당 40개(lifts)에서 70개(lifts)까지의 범위를 가지고 있다.

신개념 통합 하역시스템은 대부분 장비제작업체와 연구기관에서 연구·개발을

수행하고 있다.

장래 1만 5천TEU급 이상의 선박이 터미널에 입항하게 될 경우 기존의 항만시설, 하역장비, 하역시스템으로는 생산성의 한계에 부딪히게 되어 새로운 개념의 도입이 불가피하게 될 것이며, 1만 5천TEU급 선박에 적절한 서비스 수준으로 맞추기 위해서 안벽에서의 생산성은 시간당 250개(lifts)에서 300개(lifts)까지 요구된다.

현재 운영 중인 신개념 컨테이너터미널은 양현하역 터미널로 네덜란드 세레스 파라곤 터미널에서 운영되고 있으며, US-based Robotic Container Handling Co.에 의하여 특허 출원 중인 시스템은 스피드포트, 기존의 검증된 기술의 개량과 신개념 컨테이너터미널을 개발 중인 파마스, 연구/개발 중인 시스템은 플로팅터미널, 슬립 및 웨어하우스이며, 환적비용을 절감할 수 있는 터미널개념으로 플로팅터미널이 있다.

3) 차세대 항만 하역시스템 기술개발 과제 선정

우선 차세대 항만 하역시스템 선정기준은 각 종류별 선정기준과 평가항목에 따른 평가점수를 중요도에 따라 배분하고, 세부항목에서는 아이템별 특성 및 구성요소에 따라 구분하여 평가하였다. 평가과정에서 일부 정책적 선정기준과 기술적 선정기준의 세부항목에 대한 평가는 장비제작업체, 터미널 운영사, 관련단체 등의 전문가와의 설문 및 면담을 통하여 평가를 수행하였으며, 점수법 모델을 이용하여 평가점수를 산출하였다.

평가결과 신개념 안벽 하역장비 부문에서 총 10개의 기술개발 과제 중 슈퍼테이너가 선정되었다. 슈퍼테이너의 경우 생산성은 최대 90개까지 처리가 가능한 획기적인 안벽 하역장비로서 기존 크레인에 비해 3배 이상 처리능력을 향상시키는 시스템으로 기존의 항만에 적용할 수 있고 기존 크레인과 연계되어 작업이 가능한 안벽 하역장비이다.

국내의 항만에 슈퍼테이너를 적용할 경우 기존 항만에서는 노후된 크레인을 대체하여 안벽 생산성을 증가시킬 수 있는 장점이 있고, 신규 항만에 적용시 장래 초대형선에 대응하여 재항시간을 단축시킬 수 있는 이점이 있다.

총 17개 개발아이템을 검토한 신개념 통합 하역시스템 기술개발부문에서는 오버헤드 시스템과 머신 시스템이 선정되었다.

오버헤드 시스템의 경우 안벽과 야드 간의 컨테이너 이송을 버퍼기능을 가진 컨베이어로 대체하여 안벽 하역장비와 야드 하역장비의 직접적인 연계가 가능하

기 때문에 기존 이송장비를 통한 컨테이너 이송단계가 줄어들어 연계지점에서의 병목현상 해소와 이송장비의 복잡한 트래픽을 고려하지 않아 터미널 전체의 생산성을 증가시킬 수가 있다.

이를 국내 항만에 적용할 경우 기존 항만은 터미널 전체를 다시 개발해야 하므로 불가능하고 신규 항만의 경우 광양항 4단계, 부산신항만 남컨테이너부두에 장래 초대형선에 대비하는 본 시스템을 적용할 수 있을 것이다.

머신 시스템의 경우 안벽에서 C/C 1대당 시간당 최대 90개(lifts)까지 처리가 가능하여 안벽 생산성이 증대되고, 이를 충분하게 처리해 줄 수 있는 야드시스템인 ASRS로 야드생산성의 극대화를 이룰 수 있어 전체적인 터미널의 생산성은 획기적으로 증대될 것이다. ASRS의 경우 랙 저장시스템을 이용하여 무작위적인 컨테이너 추출이 가능하기 때문에 리핸들링이 전혀 발생하지 않는다.

이를 국내 항만에 적용할 경우 기존 항만에도 장래 초대형선을 수용한다면 안벽에서의 생산성 증대를 위해 머신 적용이 가능하고, 신규 항만의 경우 광양항 4단계, 부산신항만 남컨테이너부두에 장래 초대형선에 대비하는 본 시스템을 적용할 수 있을 것이다.

총 5개의 개발 아이템을 평가한 신개념 컨테이너터미널 기술개발부문에서는 평가점수 순위로는 슬립터미널, 파마스 시스템이 1, 2위로 기록이 되었으나, 슬립터미널의 경우 장래 초대형선의 규격에 대한 탄력성이 떨어지는 단점을 가지고 있고, 파마스 시스템의 경우 개발비용과 기간의 과다소요로 본 선정대상에서 제외되었다. 따라서 장래 10년 이내에 개발이 가능하고 초대형선에 대한 대응성이 우수하며 경제적 시스템인 플로팅터미널이 선정되었다.

플로팅터미널은 초대형선의 규격에 제한을 받지 않는 보조항만 기능과 슬립형태 터미널 개발시 구조물 간 선박 접안공간의 확장이 가능한 탄력적인 기능을 가지고 있다.

이를 국내에 적용할 경우 남해안이 최적지로 판단되었으며, 기존 항만은 항만 보조하역 기능으로 이용되어 초대형선에 대하여 수심과 안벽기능을 제공하고, 신규 항만은 양안하역 기능을 가진 터미널로 개발 가능하다.

4) 기술개발전략 및 추진체계 수립

기술개발 전략으로는, 투자, 대안선택, 연구개발의 활성화, 개발기술의 국제화를

위한 정책적 전략, 기술을 확보하기 위한 기술확보 전략, 정·산·학·연별 자체적 개발 전략방안을 제시하였다. 기술개발 추진체계에서는 해양수산부를 주관부처로 하고 한국해양수산개발원을 주관기관으로 하여 대학, 연구소, 산업체, 협회 및 관련단체 등으로 이루어진 사업단을 구성하여 각 구성기관별 기능과 역할을 제시하였다.

선정기술개발의 개발단계로는 신개념 안벽 하역장비가 총 4단계, 5년의 기간 내에 개발이 완료되도록 하였으며, 신개념 통합 하역시스템은 총 4단계, 10년의 기술개발 기간을 필요로 하고, 신개념 컨테이너터미널은 총 4단계, 11년의 개발기간이 필요한 것으로 설정하였다.

개발이 시급한 것으로 선정된 기술에 대한 기술개발 실천방안의 국내항만에의 적용가능성, 적용시 장점, 그리고 기술개발 주요 내용으로 나누어 분석하였다.

2. 정책건의

1) 정부의 역할

차세대 항만 하역시스템 기술개발은 궁극적으로 동북아 물류중심국가의 위상을 이루기 위한 것으로 중장기적 투자와 여러 분야의 관련기술개발이 필요한 국가적 사업이다. 따라서 일부 민간기업이나 관련기관의 개별적인 사업추진으로는 차세대 항만 하역시스템 개발을 원활하게 수행하기 어려우며, 정부와 산업계, 연구소, 학계의 공동 기술개발 노력이 필요하다.

차세대 항만 하역시스템 기술개발의 원활한 수행을 위한 정부의 역할은 4가지로 나누어 볼 수 있다.

- i) 항만관련 기술개발 조직 구성 : 장비제작업체, 운영사, 학계, 관련기술 정책/개발연구기관 간의 유기적 협의체를 구성함으로써 초기 사업 구상단계에서부터 최종 완성단계에 이르기까지 획일적인 정책추진과 신속한 기술개발이 이루어지도록 하여야 할 것이다.
- ii) 중·장기적 개발을 위한 개발비 확보 및 투자재원 구성 : 본 사업은 크게 차세대 안벽 하역장비, 신개념 통합 하역시스템, 신개념 컨테이너터미널의 기술개발로서 3가지 방향에서의 기술개발이 동시에 이루어지는 형태를 띠

고 있다. 개발기간도 5년에서부터 10년까지 걸리는 장기적 계획이며, 사업 추진을 위한 개발비와 투자재원도 지속적으로 지원되어야 한다. 투자재원은 초기 타당성 검토시 정부 전액지원을 수행하고 타당성 검증 후 본격적인 사업 추진시 민간투자 방식을 취하여 많은 기업들이 참여토록 유도해야 할 것이다.

iii) 항만 하역시스템 기술개발을 위한 제도적 정비 : 차세대 항만 하역시스템 기술개발을 유도할 수 있는 정책적 제도 정비가 필요하며, 이를 적절하게 활용하고 적용할 수 있도록 ‘해양개발 기본계획’, ‘해양개발 시행계획’에 관련 기술개발 요건을 명시해야 할 것이다.

iv) 항만 하역시스템 기술관련 연구기능 신설 : 국내의 항만 하역시스템 관련 기술과 연구는 외국 선진항만에 비하여 10여년의 기술격차가 있으며, 이를 극복하기 위해서는 지금부터라도 기술개발을 위한 연구기능을 신설하여 산업계에 기술이전이나 협력이 가능하도록 선도적 역할을 할 수 있는 장치가 필요하다.

정부의 역할을 요약하면 다음과 같다.

<표 6-1>

기술개발을 위한 정부의 역할

구 분	내 용
항만관련 기술개발 조직 구성	· 구성 : 2003년 이후 · 조직 구성 : 정부의 주도 아래 장비제작업체, 운영사, 학계, 관련기술 정책/개발연구기관 간의 유기적 협의체 구성 · 내용 : - 선진항만의 입지 구축을 위한 기술개발 및 지원 - 관련기관 간의 정보 교류 및 유도 - 각 기술개발에 대한 타당성 검증 용역 수행
중·장기적 개발을 위한 개발비 확보 및 투자재원 구성	· 항만 기술개발 관련 개발비 확보(정부예산 반영) · 민간투자 방식의 유도 · 투자재원 확보방안 구상
항만 하역시스템 기술개발을 위한 제도적 정비	· 「해양개발 기본계획», 「해양개발 시행계획」에 관련 기술개발 요건을 명시 · 신규 터미널 개발시 하역시스템을 검토토록 의무화
항만기술관련 연구기능 신설	· 국내의 항만 하역시스템 관련 기술과 연구는 외국 선진항만에 비하여 10여년의 기술격차 발생 · 항만 하역기술개발 관련 연구기능을 신설 - 현재의 해양 및 환경, 정책관련 연구소는 존재하나 순수한 항만 하역장비, 하역시스템 첨단터미널관련 연구기능은 전무 - 항만과 관련된 연구기능은 개발 위험성 및 투자이익 확보의 불확실성으로 인한 공공적 성격이 강하므로 항만관련 정부연구기관 등이 담당

2) 지방자치단체 및 항만관련 공공기관의 역할

2011~2015년 사이에 신규 항만이 들어설 부산, 광양 등에는 차세대 항만 하역시스템을 설치 운영함으로써 미래의 항만, 세계적 첨단항만의 입지를 구축할 수 있다. 차세대 항만 하역시스템은 공공적 성격이 강한 기술개발 사업으로서 초기단계에는 공공기관에서 시범적 사업으로 운영하여야 할 것이다.

따라서 지방자치단체나 컨테이너부두공단에서는 각각 지역발전의 파급효과가 있고, 동북아 중심항만의 위상 제고의 효과가 있는 첨단 항만 건설을 위한 연구개발 사업에 적극 참여, 지원해야 할 것이다.

3) 산업계의 역할

차세대 항만 하역시스템의 전체적인 인프라 구축은 정부와 공공기관이 담당하여야 하나 전기, 전자, 기계 등을 포함한 산업계의 경우 이와는 별도로 첨단 항만 하역장비 연구 및 제품개발을 담당해야 할 것이다.

예를 들어 신개념 안벽 하역장비의 장치 자동화기술, 신개념 통합 하역시스템에 포함되는 장비 및 기술, 신개념 컨테이너터미널에 포함되는 구조물 제작과 토목기술 등 실질적인 제품 기술개발을 상시적으로 연구개발함으로써 시장환경의 변화에 즉시적, 적극적으로 대응할 수 있도록 해야한다.

4) 연구기관 및 학계의 역할

정부정책 연구기관은 항상 외국 선진항만의 기술개발 동향을 파악, 분석하고 국내 항만기술개발 방향 제시와 개념적 개발을 수행하여야 하며, 또한 정부, 산업계, 학계 등과의 연계를 통해 정책과 연구방향을 설정하고 조정하여 원활하고 신속한 기술개발을 수행하도록 유도함으로써 국내 항만이 세계적인 항만으로 나아갈 수 있는 발판을 마련해야 한다.

학계는 산업계나 연구기관에서 첨단 기술개발을 수행할 수 있도록 요소 및 기초기술 확보, 연구인력의 양성에 주력하여야 한다.

참 고 문 헌

<국내문헌>

- 강종희, 「지구촌 해운 물류」, 제99호, 한국해양수산개발원, 2001. 9. 17.
- 강종희 외, 「2002년 KMI 세계해운 전망」, 한국해양수산개발원, 2001. 12.
- 백종실, 「지구촌 해운 물류」, 제92호, 한국해양수산개발원, 2001. 7. 30.
- _____, 「지구촌 해운 물류」, 제96호, 한국해양수산개발원, 2001. 8. 27.
- 운수성 항만기술연구, 「TSL에 대응 4개별 컨테이너 승직하역실검」, 1993.
- 최중희, 「지구촌 해운 물류」, 제92호, 한국해양수산개발원, 2001. 7. 30.
- _____, 「지구촌 해운 물류」, 제95호, 한국해양수산개발원, 2001. 8. 20.
- 크리아텍(주), 「고성능 수직순환식 컨테이너 크레인 사업계획서」, 1999.
- 한국컨테이너부두공단, 「광양항 2단계 컨테이너부두 개발 사업 실시설계」, 1997. 5.
- 한국해양수산개발원, 「광양항 3단계 자동화컨테이너터미널 개발 기본계획」, 한국컨테이너부두공단, 2001.
- _____, 「항만장비 현대화 기본계획 수립」, 해양수산부, 1999.
- _____, 「우리나라 컨테이너 항만의 국제경쟁력 제고방안에 관한 연구」, 1993.
- 해양수산부, 「부산항 증심준설 타당성 및 기본설계」, 1999. 12.
- _____, 「차세대 항만하역 및 운송시스템 개발」, 1998. 12.

<외국문헌>

- 北川賢司, 「研究開發の システムズアプローチ」, 1977.
- Port & Harber, 「國際經濟力の 強化」, 2002. 6.
- Ashar, A., “The Fourth Revolution and Transshipment Potentials for Panama Ports”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2000.
- Avery, Paul, “The Future of Container Handling Technology”, *Cargo System*, 1999.
- Baird, Alfred J., “Container Vessels in the New Millennium : Implications for Seaports”, *Proceedings of the IAME Conference Liner Shipping*, 1999.

- _____, “Containerisation and the Decline of the Upstream Urban Port in Europe”, *Maritime Policy & Management*, Vol.23, 1996.
- Beddow, M., “Amsterdam Ambition”, *Containerisation International*, 2000.
- Bhimani, Arun, “The Ceres Paragon Terminal”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.
- Cargo Systems, *Development in Container Handling Automation & Technologies*, 2000.
- Cargo Systems, *Opportunities for Container Ports*, 1998.
- Clarkson Research Studies, *Container Intelligence*, 2002. 6.
- Cullinane, K. et al., “How Big is Beautiful : Economies of Scale and the Optimal Size of Containership”, *Proceeding of the IAME Conference Liner Shipping*, 1999.
- De Monie, G., “Re-evaluating the Economics of Transshipment”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2001.
- _____, *Terminal Management*, ITMMA(University of Antwerp), 1985.
- _____, “The Global Economy, Very Large Containerships and the Funding of Mega Hubs”, *Proceedings of the Cargo System Port Financing Conference*, London, 1997.
- Drewry Shipping Consultants, *The Drewry Container Market Quarterly*, London, 2000.
- Edmond J. Dougherty August Design, Inc, “Thinking Out of the Box”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition Asia*, 2000.
- ESCAP, “Regional Shipping and Port Development : Strategies Under a Changing Maritime Environment”, *Journal of Ports & Harbors*, Vol.45, 2001.
- Fantuzzi-Reggiane Co., “The Most Advanced Connecting Link form Today to the Future of Container Terminals”, *Octopus Browser*, 1996.
- Flynn, M., “Evergreen Mulls Plan for 20 Fast Boxships”, *Lloyds list*, 2001.
- _____, “IHI Breaks Barrier to Speed Giant Boxships”, *Lloyds list*, 2001.
- Gilman, S., “The Size Economies and Network Efficiency of Large Containerships”, *International Journal of Maritime Economies*, Vol.1, 1999.
- Han, Man Yop, “A Revolution on Container Crane Productivity for 21st century”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.
- Hans Mascini, “The Terminal of the Future : FAMAS (First All Modes All Ships)”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1997.
- Haralambides, Hercules E. et al., “Costs, Benefits and Pricing of Dedicated Container

- Terminals”, *International Journal of Maritime Economics*, 2002.4.
- Hayuth, Yehuda, “Spatial Characteristics of Transportation Hubs : Centrality and Intermediacy”, *Journal of Transport Geography*, 2(1), 1994.
- Heaver, T. et al., “Co-operation and Competition in International Container Transport : Strategies for Ports”, *Maritime Policy & Management*, Vol.28, 2001.
- IAPH, “Trends in Ship Size”, Unpublished Report of the IAPH (International Association of Ports & Harbors), Committee for Port Industry Research and Analysis. *Proceedings of the 22nd IAPH Biennial Conference*, Montreal, 2001.
- Jeffery, Karl, “Recent Development in Information Technology for Container Terminals”, *Cargo System*, 1999.
- Jordan, Michael A., “Super Productive Cranes”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1997.
- Kalmar, “Introduction of Kalmar Handling System”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.
- Koch, Thomas, “Building the Terminal of the Future : The Altenwerder Experience”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.
- Lim, SM, “Economies of Container Ship Size : A New Evaluation”, *Maritime & Policy & Management*, Vol.21, 1994.
- Lim, SM, “Round-the-World Service : The Rise of Evergreen and the Fall of U.S.Lines”, *Maritime & Policy & Management*, Vol.23, 1996.
- McLellan, RG., “Bigger Vessels : How Big is Too Big?”, *Maritime & Policy & Management*, Vol.24, 1997.
- Notteboom, T. and Winkelmans, W., “Consolidation and Contestability in the European Container Handling Industry”, *Proceeding of the International Association of Maritime Economists(IAME) Conference*. Hong Kong, 2001.
- Nye, T., “MEGA-terminals, Trends and Issues”, *Port Technology International*, 1999.
- Ocean Shipping Consultants, *The Global Containerport Market To 2015*, Chertsey, UK, 2000.
- Payer, H.G., “Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8000, 10,000 or Even 15,000TEU”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1999.
- Rijsenbrij, Joan C., “Impact of Tomorrow Shipson Landside Infrastructure”, *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2000.

- Rudolf III, C. Davis, "Post Panamax Cranes is Bigger & Faster Necessarily More Productive", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 2002.
- Shipping Statistics and Market Review*, Jan./Feb, 1999.
- Sjetnan, KC., "The Future of the Container Shipping Industry", *Cargo Systems*, London, 1999.
- Thys, Joris, "Coping with Dual Strategy", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1998.
- Waals, F. and Wijnolst, N., "Malacca-Max : Container Shipping Network Economy", *Proceedings of the International Association of Maritime Economists (IAME) Annual Conference*, Hong Kong, 2001.
- Watanabe, Itsuro, *An Approach to the Automated Container Terminals*, 1996.
- Wiegman, BW. et al., "Investments in Container Terminals: Public Private Partnerships in Europe", *International Journal of Maritime Economics* , Vol.4, 2002.
- Wijnolst, N., "Ships, Larger and Larger : Containerships of 18,000 TEU", *Impacts on Operators and Ports Dynamar Liner Shipping 2020 Workshop*, Dynamar : Rotterdam, 2000.
- Wijnolst, N. et al., *The Ultimate Container Carrier*, Delft University Press, 1999.
- Winkelmans, W., "Strategic Seaport Planning", *Journal of Ports & Harbors*, Vol.47, 2002.
- Wolper, Arun, "Introducing Linear Motor-based Transfer Technology to a Container Handling Environment", *The Terminal Operations Conference & Exhibition*, 1997.
- <http://www.stt-ctt.nl>

초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 항만 하역시스템 기술개발전략 연구

2002年 12月 26日 印刷

2002年 12月 31日 發行

編輯兼

發行人

李 廷 旭

發行處

韓 國 海 洋 水 產 開 發 院

서울특별시 송파구 신천동 11-6

전 화

2105-2700 FAX : 2105-2800

등 록

1984년 8월 6일 제16-80호

組版·印刷/서울기획문화사 2272-1533 정가 15,000원

판매 및 보급 : 정부간행물판매센터

Tel : 394-0337, 734-6818

U
T
E
U

ISBN 89-7998-188-0

초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 항만 하역시스템 기술개발전략 연구

초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 항만 하역시스템 기술개발전략 연구