

컨테이너 터미널 유형 평가

- 생산성 및 비용 분석 중심 -

유 명 종* · 남 기 찬** · 송 용 석***

*한국해양대학교 대학원, **한국해양대학교 물류시스템공학과 교수, ***한국해양대학교 대학원

Evaluation of Container Terminal Types

Myoung-Jong Yoo* · Ki-Chan Nam** · Yong-Seok Song***

*Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Dept of Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

***Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 컨테이너 터미널은 유형별로 터미널 배치 형태, 장비 종류 및 규모 등이 다르기 때문에 생산성 및 경제성 측면에서 차이가 있다. 따라서, 객관적인 기준을 바탕으로 하여 생산성 및 경제성을 평가함으로써 각 터미널 형태에 대한 이해를 높일 필요가 있다. 본 논문은 이러한 필요성에 따라 기존의 재래 터미널, ECT 무인 터미널 그리고 Ceres 도크 식 터미널 등 현재 개장 중인 3개 터미널 형태에 대하여 총면적, 안벽 길이, 투입 장비 등을 기준으로 생산성을 분석하고, 장비 구입비, 건설비, 인건비 등을 포함하는 총비용을 도출하여 경제성을 평가한다. 또한, 이러한 결과와 우리나라의 터미널 운영 환경을 고려하여 각 유형의 도입 타당성을 검토하고, 최적 유형과 유형별 도입 단계를 제시한다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널 유형, 재래식 터미널, 무인 터미널, 도크식 터미널, 생산성, 경제성

Abstract : Container terminals are various in terms of layout, cargo handling systems and operational aspects resulting in difference in productivity and economic feasibility. Therefore, by evaluating different terminal types, more comprehensive understanding can be grasped. For this the paper aims at evaluating the three terminal types under operation, the conventional terminal, the unmanned terminal and the indented terminal, with respect to productivity and cost. Based on the results in connection with the situation of Korean container terminal operation, feasibility for each type is discussed with suggestion for the optimal type.

Key words : container terminal type, conventional terminal, unmanned terminal, indented terminal, productivity, economical efficiency

1. 서 론

컨테이너 터미널은 생산성 향상 및 비용 절감을 목표로 하여 형태, 운영, 규모 등의 측면에서 변천해오고 있다. 특히, 최근 들어서 자동화 관련 기술의 진전과 함께 하역 장비의 자동화에서 무인 터미널에 이르기 까지 다양한 형태로 변천하고 있다. 그 방향은 크게 인력을 절감하기 위한 자동화와 시간당 하역량을 증대시키기 위한 대용량 하역 시스템으로 나아가고 있다. 최근, 네덜란드 ECT(Europe Combined Terminals)의 무인 터미널에 이어 'Ship-in-Slip'으로 불리는 독크(dock) 식 터미널이 네덜란드 암스테르담에 개장하였다.

이들 터미널은 각 터미널이 처한 환경에 순응하거나 환경을 극복하는 측면에서 추진되었다고 할 수 있다. 즉, ECT 무인 터미널의 경우 높은 인건비와 숙련 기사 확보 문제를 해결하기 위한 것이 주 목적 중 하나이며, 항만물류를 국가 전략

산업으로 육성하려는 정부의 의지에 따른 차별화 방안의 산물이라고도 할 수 있을 것이다. Ceres Paragon Terminal은 1시간 거리에 입지한 로테르담항과 직접 경쟁이 불가능한 상태에 있기 때문에 차별화를 시도한 결과 겐트리 크레인 9기까지 할당할 수 있는 특수형태의 터미널을 개발하였다고 볼 수 있다.

이들 각 터미널 형태는 터미널 배치(layout), 장비 종류 및 규모 등이 다르기 때문에 생산성 및 경제성 측면에서 차이가 있다. 또한 항만이 위치한 각 국가는 문화와 환경이 서로 다르기 때문에 동일한 유형의 터미널을 도입할 경우에도 운영 효율에 있어서 차이가 날 수 있다. 따라서 객관적인 기준을 바탕으로 하여 각 유형의 생산성 및 경제성을 평가함으로써 각 터미널 유형에 대한 이해를 높일 필요가 있다. 본 논문은 이러한 필요성에 따라 기존의 재래 터미널, ECT 무인 터미널 그리고 Ceres 도크 식 터미널 등 현재 개장 중인 3개 터미널 형태의 생산성과 경제성을 평가하고 국내 여건을 감안하여 도입의 타당성을 검토하고자 한다.

* 대표저자 : 유명종, mjbyoo@hotmail.com, (051) 410-4336

** 중신회원, namchan@hhu.ac.kr, (051) 410-4336

*** 정회원, soyoso@hhu.ac.kr, (017) 546-9578

연구 수행 방법은 선정된 3개 터미널 유형별 특성 분석, 생산성 및 경제성 분석 그리고 적합성 평가 등 세 가지 측면에서 제시될 수 있다. 먼저, 유형별 특성 분석의 경우 부산신항만 개발계획, ECT 델타 터미널 현황 그리고 Ceres 터미널 현황을 바탕으로 하여 상호 대조적인 측면을 중심으로 분석한다. 둘째, 생산성 평가의 경우 부산 신항만 계획 물동량 및 장비를 기준으로 하고, ECT의 경우 실제 처리량과 사용 장비를 기준으로 하며, 아직 컨테이너 처리 실적이 없는 Ceres 터미널의 경우 계획 물동량과 설치된 장비를 기준으로 한다. 경제성 평가의 경우 부산 신항만 계획에 적용된 표준 공사비와 장비 단가를 적용하여 최종적으로 TEU당 원가를 도출한다. 적합성 평가의 경우 각 터미널이 직면한 주요 환경을 도출하여 각 터미널의 적합성을 입증하며, 우리나라의 인건비 등 항만 운영 여건 변수를 바탕으로 하여 우리나라에 도입할 경우의 적합성을 평가한다.

2. 터미널유형 설정 및 대상터미널 현황

2.1 터미널 유형 선정 모형

1) 고려할 점

컨테이너 터미널 유형을 선정할 때 고려해야 할 여러 요소들이 있으나 이들은 도입목표, 터미널 여건, 사회·경제·문화 여건 등으로 대별할 수 있다. 도입목표는 터미널 운영 측면에서 우선적으로 고려되어야 하는 점으로서 생산성 향상, 비용절감, 서비스 수준 향상, 인력 절감 등을 들 수 있으며, 장비제조업체 혹은 정부 입장에서는 터미널 자동화 기술 축적이나 타 터미널과 차별화가 주 목표가 될 수 있다.

터미널 여건으로서는 해운회사가 직접 운영하는 자가 터미널 혹은 다수 해운회사를 대상으로 운영되는 공용 터미널, 기항하는 선박의 규모에 따른 소형 혹은 대형 터미널, 지가 수준 및 가용 부지 정도 등을 들 수 있다. 예로서, 시간당 300Box 이상의 생산성을 목표로 하는 Ceres 터미널의 경우 8,000TEU 급 이상의 초대형선이 취항하는 항만에 적합하다. 이외에 인건비 수준, 노무 공급 수준, 숙련도 및 근면성, 개인주의 진전 등 사회 문화적 여건이 자동화 도입에 영향을 미치는 요소이다.

Table 1 Considerable elements to determine terminal type

부문	요소
도입 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 생산성 향상 - 비용절감 - 서비스 수준 향상 - 인력 절감 - 자동화 기술 축적
터미널 여건	<ul style="list-style-type: none"> - 자가 혹은 공용 - 소형 혹은 대형 - 지가 수준 및 터미널 부지 가용성
경제·사회·문화적 여건	<ul style="list-style-type: none"> - 인건비 및 인력 수급 정도 - 작업자 기술력 및 근면성 - 문화적 특성(개인주의 대 집단주의)

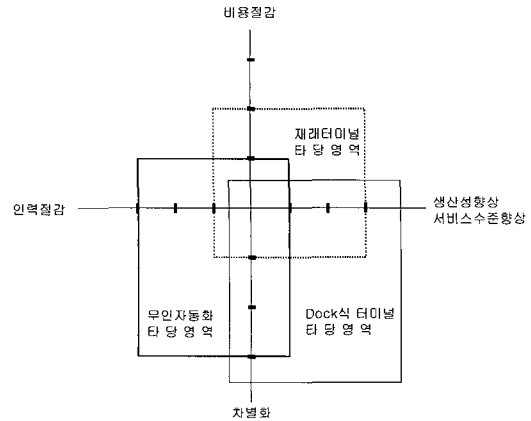


Fig. 1 Estimation for introduction object by terminal type

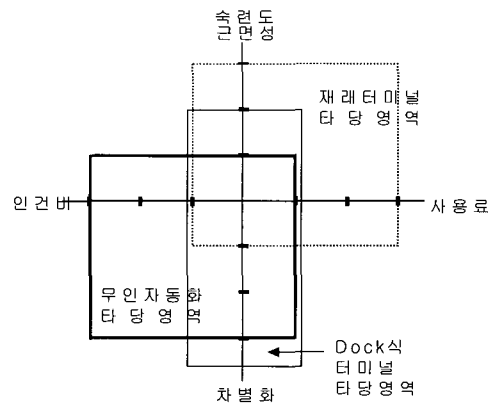


Fig. 2 Estimation by surroundings attribute of terminal type

2) 터미널 유형 평가모델

터미널 유형별 도입의 타당성 평가는 도입 목적에 따른 평가와 터미널 여건 특성에 따른 평가로 나눌 수 있다(<Fig. 1>, <Fig. 2>). 도입 목적의 경우 비용절감, 인력절감, 생산성 향상 및 서비스 수준 향상, 차별화 등을 들 수 있다. 인력 절감과 차별화가 주목적이 될 때는 ECT 무인 자동화 터미널이 타당하며, 비용 절감이 주목적일 때는 기존 재래 터미널 유형이 타당하고, 생산성 향상이 주목적일 때는 도크식 터미널이 타당하다.

터미널 여건 특성의 경우 작업원의 숙련도 및 근면성, 전대 사용료 수준, 인건비 수준, 시장 장벽 등을 들 수 있다. 터미널 총 비용에서 차지하는 전대 사용료 비중이 아주 낮은 경우 대규모 상부구조에 대한 투자가 가능하고(유럽의 경우), 인건비가 상대적으로 높은 비중을 차지하는 경우 인건비 절감이 주목표가 되기 때문에 ECT 무인 자동화가 타당하다. 그러나 인력의 숙련도, 근면성 등이 높고 노사관계가 원만할 때는 무인 하역 방식보다는 작업원에 의존하는 재래시스템이 타당하다. Ceres 터미널과 같이 시장에 늦게 진입하면서 1시간 거리에 해당하는 인접지역에 이미 독보적인 경쟁력을 확보하고 있는 로테르담항이 입지하는 상황에 처한 경우 차별화 전략이 최우선이 될 수밖에 없다.

2.2 연구 대상터미널의 현황

부산신항만은 민간 자본에 의하여 추진되는 사업으로서 총 면적 약 133만 m², 안벽 길이 3,200m, 안벽 수심 15m 규모로서 향후 예상되는 8,000TEU급 (100,000 DWT) 선박의 접안이 가능하도록 설계되었다. 야드 운영체계를 완전 무인 자동화한 ECT DSL Terminal의 총 면적은 62만 m²이며 안벽길이는 970m, 전면수심은 16.6m로써 8,000TEU급 대형선박 접안이 가능하도록 설계되었다.

조선소의 도크처럼 기존 터미널 안벽과 수직방향으로 안벽을 건설하여 Berth 양쪽에서 양적하 작업이 가능한 "Indented Berth" 구조인 Ceres Paragon Terminal의 총면적은 63만m²이며 전면수심은 13.5m이다. 안벽의 경우 도크(dock) 형태의 선석과 일반 컨테이너 터미널과 같은 형태의 두 가지가 있으며, 재래형 안벽의 길이는 650m이고, 도크 형인 Indented Berth의 경우는 폭 50.5m, 길이 400m, 수심 19m이다.

Table 2 The scale by terminal

항목	부산신항	ECT	Ceres
터미널 능력(TEU/yr)	3,900,000	1,250,000	950,000
안벽길이 (m)	3,200(L)	970	650 ¹ 400 ²
장치장 면적 (만m ²)	132.8	62	63
전면수심(m)	15	16.6	13.7

주 : ¹재래식 안벽
²독크식 안벽길이

자료 : 부산신항만(주), 『북 컨테이너 터미널 운영계획 보고서』, 2000
부산신항만(주), 『선진항만 벤치마킹 보고서』 1997
Ceresglobal, 『The 21st Century CERES PARAGON TERMINAL』, 2001

Table 3 Equipment of PNC Terminal

항목	규 모	비고
소 요 장비규모	안벽크레인	30 대 22열 Outreach, Twin-lift
	야드크레인	99 대 9열 5단 RMGC
	Yard Tractors	210 대
	YT Chassis	210 대
	Rail Tractors	14 대
	Reach Stacker (E)	8 대
	Reach Stacker (F)	2 대
	Breakbulk Chassis	1 대
Rail Cranes	4 대	철송용 RMGC

자료 : 부산신항만(주), 『북 컨테이너 터미널 운영계획 보고서』 2000

Table 4 Equipment of ECT DSL Terminal

항목	규 모	비고
소 요 장비 규모	안벽크레인	8 대 4대는 Dual Trolley System
	ASC	28 대
	AGV	58 대
	Yard Tractor	4 대
	Straddle Carrier	6 대
	MT Tractor	2 대
	Reach Stacker	5 대

자료 : Containerization Year Book, 2002

Table 5 Equipment of Ceres Paragon Terminal

항목	규 모	비고
소 요 장비 규모	안벽크레인	9대(5대: Curved Rail) 22열, Twin-lift
	Barge 크레인	2 대 16열 7단
	Straddle Carrier	39 대 1 over 3

자료 : Liftech, 『CERES CRANES』, 2000

부산신항만이 도입할 예정인 장비는 <Table 3>와 같이 재래터미널의 일반적인 장비인 RMGC(Railmounted Gantry Crane)와 야드 트랙터 및 트레일러 체계로 구성되어 있다. 안벽 크레인은 22열 규모이며, RMGC는 9열 5단 규모이다.

ECT DSL Terminal은 안벽-장치장간의 이송과 장치장 작업에 무인 장비인 AGV-ASC (Automated Guided Vehicle - Automatic Stacking Cranes) 시스템을 이용하고 있는 것이 특징이다(<Table 4>).

Ceres Paragon Terminal의 경우 도크식 안벽에는 양측에 크레인이 배치되고, 재래식 안벽으로 크레인 이동이 가능하도록 주행 레일(rail)이 커브 형태를 이루고 있다. 도크에 배치된 크레인은 총 9기의 22열 크레인으로 Twin-lift가 가능하며 이중 5기는 Curved Rail 형식이다.

3. 터미널 유형별 생산성 평가 및 비용 분석

3.1 터미널 유형별 생산성 평가

생산성 분석에 있어서 각 터미널의 하역 능력을 별도로 산출하지 않고, 각 터미널 건설 시 적용된 능력과 현재 운영 중인 터미널의 실제 하역 능력을 사용하였다. 주어진 시설과 하역 능력을 기준으로 터미널별 연간 생산성을 비교한 결과 재래 터미널 형태인 부산신항만의 경우가 단위 면적당 생산성이 2.94TEU/m²로서 가장 높은 것으로 나타났으며, Ceres Paragon Terminal이 1.51TEU/m²로 가장 낮은 것으로 나타났다. 그리고 안벽 생산성의 경우 ECT DSL Terminal이 1,289TEU/m로 가장 높고, Ceres Paragon 터미널이 648 TEU/m로서 가장 낮은 것으로 나타났다.

Table 6 Productivity by terminal

구분	부산신항	ECT	Ceres
Total Area (TEU/yr,Tm ²)	2.94	2.02	1.51
Total berth length (TEU/yr,Bm)	1,219	1,289	648
Berth equipment (TEU/yr,Be)	130,000	156,250	86,364
Yard equipment (TEU/yr,Ye)	50,000	32,897	23,171

주 : 각 생산성은 <Table 2>의 터미널 능력을 총면적, 안벽길이, 안벽장비 대수, 야드 장비 대수 등으로 나누어 산정한 값임

안벽 장비당 생산성의 경우 ECT DSL Terminal이 156,250TEU/Crane로 나타났으며, Ceres Paragon Terminal이 86,364TEU/Crane로 가장 낮은 것으로 나타났다. 야드 장비당 생산성은 부산신항만이 50,000TEU/Crane으로 가장 높고, Ceres Paragon Terminal이 23,171TEU/Crane로 가장 낮게 나타났다.

전반적으로 새로운 개념의 터미널인 Ceres Paragon Terminal의 경우 두 가지 유형의 터미널 보다는 생산성이 떨어짐을 알 수 있다. 다만 하역 소요 시간 측면에서 볼 때 Ceres Paragon Terminal이 시간당 250lift 정도로 매우 높다고 볼 수 있으나, 도크 양측 안벽길이가 850.5m인 점을 감안한다면 m당·시간당 생산성은 0.294lift가 된다. 부산항의 순(net) 생산성이 크레인당·시간당 30lift 정도이고, 선석당 크레인 3대와 안벽길이 300m를 기준으로 할 때 시간당 생산성은 90lift가 되어 m당·시간당 생산성은 0.3lift로 Ceres Paragon Terminal 보다 높다.

3.2 터미널 유형별 비용 분석

1) 항목별 비용 분석

부산신항만, ECT, Ceres Terminal 등 세가지 유형을 각각 Case 1, Case 2 그리고 Case 3으로 하여 각 Case 별 소요비용을 산정하며, 운영체계는 다음과 같다.

- a) Case 1 : 안벽 + RMGC + 야드 트랙터 시스템
- b) Case 2 : 안벽 + ASC + AGV + S/C 시스템
- c) Case 3 : Ship-in-a slip 안벽 + S/C 시스템

Table 7 Total cost of equipment by terminal

구분	Case 1	Case 2	Case 3
총 장비비용(백만원)	541,456	156,574	114,801
처리 물동량(TEU/yr)	3,900,000	1,250,000	950,000
비용(원)/TEU	123,085	125,259	120,843

주 : 장비 비용은 국제 입찰가격과 부산신항만 계획 시 조사된 비용을 적용하였으며, 내용연수를 고려한 감가상각비를 포함하였음

① 장비 비용

장비 비용은 국제 입찰가격과 부산신항만 계획 시 조사된 비용을 적용하였으며, 내용연수를 고려한 감가상각비까지 포함하였다. Case별 장비비와 각 운영시스템의 처리능력을 기준으로 TEU 당 장비비용을 산출하면 다양한 장비가 소요되고 부가적인 시스템이 요구되는 Case 2가 125,259원/TEU로 Caes 1의 123,085원/TEU나, Case 3의 120,843원/TEU보다 높다.

② Infrastructure 비용

하부구조 비용 구성은 토목, 건축, 전기통신 등 터미널 건설에 소요되는 비용으로, 안벽부분의 적용 공법, 야드 조성의 지반개량공법, 포장공법 등에 따라 비용이 매우 상이하게 산정되기 때문에 비용을 분석하기 어렵다. 이러한 이유로 본 논문에서는 부산신항만의 계획에서 분석된 자동화 터미널과 반자동화 터미널의 비용을 기준으로 개략적인 분석을 실시하였다.

a) 안벽부분

부산신항만 실시설계에서 검토된 안벽 부분의 공법은 DCM(Deep Cement Mixing Method)+케이슨 공법, SCP(Sand Compaction Pile)+케이슨 공법, 육상SD(Sand Drain)+잔교공법, 해상SD(Sand Drain)+잔교공법, SCP(Sand Compaction Pile)+벽강관공법 등이 있다.

각 운영시스템의 안벽 장비가 공통적으로 20열 이상의 장비가 설치되므로 최신의 기술로 제작된 설비로 안벽에 미치는 하중 조건이 같다는 전제 하에 SCP+케이슨 공법을 기준으로 공사비를 분석한다. 단, 'Ship-in-a slip'의 경우 타 조건은 동일하다고 가정하고 준설공사비만 달리하여 분석하였다

준설공사의 경우 일반 안벽구조의 준설은 대형 장비(2000 m³/h)를 투입할 수 있으나 'Ship-in-a slip' 안벽구조는 작업조건 때문에 대형 장비를 투입할 수 없기 때문에 작업의 시간적인 제약이 따른다. 준설공사비용 산출을 위한 기본 단가는 대형장비를 기준으로 할 때 일반 안벽의 준설공사는 2,326원/m³ (자료: 부산신항만 실시설계 요약보고서)을 적용하였다. <Table 8>은 운영시스템별 안벽공사비를 나타낸다.

Table 8 Construction cost for berth reclamation

(단위 : 백만원/m)

공사명	Case 1	Case 2	Case 3			
			일반안벽	Indented	계	
안벽공사	길이(m)	3200	970	615	400	-
	공사비	5,088	1,542	978	1,272	2,250
준설공사	준설량(m ³)	9,600,000	3,220,400	1,685,100	689,700	2,374,800
	공사비	22,336	7,493	3,921	1,605	5,525
공사비 합계		27,424	9,035	4,898	2,877	7,775

자료 : 부산신항만(주), 『북 컨테이너 터미널 축조공사 실시설계 보고서』, 2000

<Table 8>에서 보는 바와 같이 Indented Berth의 경우 준설선 투입을 위한 작업영역 확보 등 부가적인 공정이 요구되며, 준설선 투입 또한 일반 안벽과 비교할 경우 소형 준설선을 투입하여야 함으로 전체적인 공사기간 등이 공사비에 직접적인 영향을 미쳐 공사비가 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있다.

b) 야드 부분

야드는 크게 지반개량과 포장으로 구분되며, 지반개량은 상부 시설물의 중량, 즉 상재하중에 따라 공사비가 결정된다.

<Table 2>의 터미널 규모에 따른 야드 공사비는 <Table 9>과 같이 도출되었다.

③ 인건비

터미널의 운영 형태와 사업주체 등에 따라 관리 부문의 인력은 많은 차이가 있기 때문에 본 논문에서는 일반관리부문의 인력은 제외하고 터미널 운영 인력만 반영하였다. 터미널 운영은 3가지 유형 모두 3조 2교대로 근무한다고 가정하고, 인건비 중 추정이 어려운 복리 후생비는 기본급어의 30%를 고려하였으며, 각 유형별 인건비는 <Table 10>과 같이 도출되었다.

Table 9 Construction cost for yard reclamation

(단위 : 백만원)

구분	Case 1	Case 2	Case 3
지반개량	438,856	196,065	199,227
포장공사	70,243	25,220	21,395
합계	509,099	221,285	220,622

주 : 지반개량 및 포장공사 비용은 부산신항만의 계획에서 분석된 자동화 터미널과 반자동화 터미널의 비용을 반영

Table 10 Labor costs by cases

(단위 : 백만원)

구분	내역	단가 [천원]	Case 1		Case 2		Case 3	
			인원	비용	인원	비용	인원	비용
안벽 작업	QC기사	44,440	102	4,533	27	1,200	33	1,467
	신호수	30,690	180	5,524	48	1,473	54	1,657
	관리자	30,690	21	644	9	276	12	368
이송	T/T기사	30,690	-	-	9	276	-	-
	Y/T기사	36,080	536	19,339	11	397	-	-
야드작업	야드장비기사	40,700	297	12,088	-	-	99	4,029
	관리자	30,690	12	368	-	-	5	153
외부연결	S/C기사	36,080	-	-	18	649	12	433
	관리자	30,690	-	-	6	184	4	123
특수화물	터미널트럭기사	36,080	-	-	6	216	-	-
	R/S기사	40,700	27	1,099	18	733	-	-
	특수화물작업자	36,080	12	433	12	433	-	-
	관리자	30,690	6	184	6	184	-	-
합계			44,213	6,022		8,231		

자료 : 한국해양수산개발원, 『부산신항 터미널계획 설계관리』, 1999. 4

주) 상기 인원은 장비 가동률 75% 반영

④ 운영비

운영비용 분석은 동력비, 유지관리비, 감가상각비 등을 고려해야 하지만 본 논문에서는 장비 사용에 따른 순수 동력비용만 고려하였다. 장비 사용 시간당 동력비 단가는 부산신항만 계획설계에서 분석된 자료를 적용하였다. <Table 11>의 Case별 장비 사용시간을 기준으로 Case별 동력비용은 <Table 12>과 같이 도출되었다.

Table 11 Yearly using time by cases

(단위 : 시간)

구분	Case 1	Case 2	Case 3
연간처리물동량 (TEU)	3,900,000	1,250,000	950,000
QC생산성 (Lift/hr)	28.6	25	35
QC 이용시간	136,364	50,000	27,143
이송장비수량/QC	7	6	4
안벽/야드 서비스 시간	954,545	300,000	108,571
Fraction of Load/ all lift	89.5%	89.5%	89.5%
Total Loaded Lift/yr	3,490,500	1,118,750	850,250
야드 장비 Lift수	6,981,000	2,237,500	1,700,500
야드장비생산성(Lift/hr)	11.6	5	7
야드장비이용시간	601,810	414,352	242,929

자료 : 한국해양수산개발원, 『부산신항 터미널계획 설계관리』, 1999. 4

Table 12 Yearly power using costs by cases

(단위 : 백만원)

적용장비	단가(원/시간)	Case 1	Case 2	Case 3
Quay Crane	64,000	8,727	3,200	1,737
RMGC	19,200	11,555	-	-
ASC	15,360	-	6,364	-
S/C	16,589	-	2,406	5,831
AGV	13,824	-	4,147	-
Yard Tractor	13,824	13,196	-	-
합계	-	33,478	16,117	7,568

자료 : 한국해양수산개발원, 『부산신항 터미널계획 설계관리』, 1999. 4

2) 총 비용분석

전술한 운영시스템 현황과 터미널별 규모를 바탕으로 하여 산출된 장비비용, 안벽·야드 하부구조 비용, 인건비, 운영비 등을 종합하면 각 Case 별 총 비용은 <Table 13>과 같다.

<Table 14>는 각 Case별로 TEU당 비용을 나타내고 있다. Case 1은 장비비용과 인건비가 Case 2 및 3에 비하여 높으며, Case 2의 경우는 운영비가 높게 나타났다. Case 3의 경우 장비비용이 가장 낮으나 하부구조 비용이 Case 1 및 2보다 높게 나타났다. 결론적으로 'Ship-in-a slip' 시스템(Case 3)의 TEU당 총 소요비용이 377,892원으로 일반 안벽 부두(Case 1)의 296,326원에 비해 약 1.28배 정도 높아서 비경제적임을 알 수 있다.

Table 13 Total cost by cases

(단위 : 백만원)

항목	Case 1	Case 2	Case 3
연간처리물동량[TEU]	3,900,000	1,250,000	950,000
장비 비용	541,456	156,574	114,801
Infrastructure 비용	안벽	27,424	9,035
	야드	509,099	221,285
	소계	536,523	230,320
인건비	44,213	6,022	8,231
운영비	33,478	16,117	7,568
계	1,155,670	409,033	358,997

Table 14 Costs by an item per TEU

(단위 : 원)

항목	Case 1	Case 2	Case 3
연간처리물동량(TEU)	3,900,000	1,250,000	950,000
장비 비용	138,835	125,259	120,843
Infrastructure	안벽	7,032	7,228
	야드	130,538	177,028
	소계	137,570	184,256
인건비	11,337	4,818	8,664
운영비	8,584	12,894	7,966
계	296,326	327,226	377,892

4. 종합고찰

4.1 터미널 유형별 적합성 평가

우리나라 컨테이너 터미널의 특성 중 하나는 터미널 총 비용에서 인건비가 차지하는 비율이 30%대 이하로서 외국 터미널의 60%대 이상에 비하여 현저히 낮다는 점을 들 수 있다 (정승호, 1999). 따라서, 우리나라의 경우 외국 항만과 달리 터미널 개발 및 운영의 주 목표가 인건비 절감이 될 수 없다. 즉, 인건비 절감을 주 목표로 하는 무인 자동화 터미널이 우리나라 실정에서는 적합하지 않다고 할 수 있다. ECT 무인 터미널의 경우 인건비의 비중이 터미널 총 비용 항목 가운데서 가장 높고 숙련된 인력을 확보하기가 상대적으로 어려운 여건이기 때문에 무인 터미널 유형이 적합할 수도 있다. 또한, 항만 물류 산업 부문이 국가의 핵심 전략 산업이기 때문에 인접 엔트워프, 브레멘, 함브르크 등의 항만과 차별화를 도모하는 것이 전략적으로 필요하다고 할 수 있을 것이다.

Ceres 도크식 터미널 역시 선박 당 최대 9기의 겐트리 크레인을 할당할 수 있는데 할당 장비 수가 증가할수록 인건비의 비중이 높아지기 때문에 유럽과 같이 인건비의 비중이 높은 지역에서는 부적합하다고 할 수 있다.

<Table 14>에서 도출된 TEU당 비용(재래 터미널유형 296,326원, ECT 무인 터미널 유형 327,226원)을 기준으로 하여 재래 터미널의 인건비 증가 정도에 따른 TEU당 총 비용 증가 정도를 ECT 무인 터미널 유형과 비교하면 <Fig. 3>과 같다.

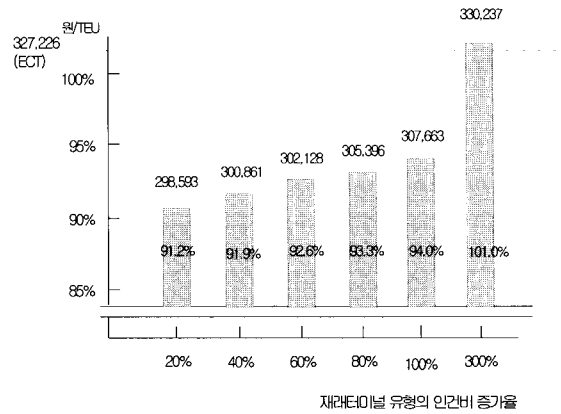


Fig. 3 An introduction adequacy automated terminal type due to increase labor costs of general terminal

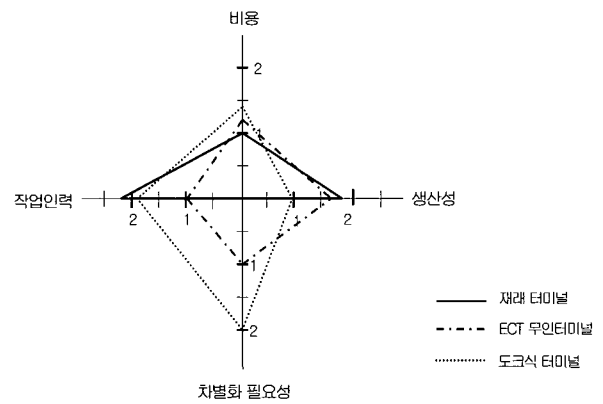


Fig. 4 The scale of suitability by terminal type

여기서 흥미로운 점은 기존 재래 터미널 유형의 인건비 수준이 현재의 300%로 증가할 때 TEU당 비용은 ECT 무인 터미널 유형 수준과 유사하게 된다는 것이다. 즉, 우리나라의 경우 본 연구에서 가정한 인건비 수준을 기준으로 할 때 인건비가 300% 증가하면 ECT 무인 터미널 유형을 도입하는 것이 경제적이라고 추론할 수 있다.

총비용, 생산성, 작업인력 규모 등에서 가장 우수한 터미널 유형의 해당 값을 1로하고 각 터미널의 상대적인 값을 도출하면 <Table 15> 및 <Fig. 4>와 같이 ECT 무인터미널의 경우 인력 절감, 도크식 터미널의 경우 차별화 등으로 뚜렷하게 대비되는 것을 알 수 있다. 여기서 차별화 필요성은 인근에 이미 경쟁력을 확보한 주요 항이 존재하는 경우와 최근 개장한 후발 항만의 경우 각각 1점을 부여하는 것으로 가정하였다.

Table 15 Total estimation for suitability by terminal types

구분	총비용 ¹	생산성 ²	작업인력 ³	차별화 필요성 ⁴
재래 터미널	1.00	1.88	2.36	0
무인 터미널	1.17	1.64	1.00	1
도크식 터미널	1.35	1.00	1.80	2

주:1.총비용은 <Table 13>을 기준
2.생산성은 <Table 6>의 4개 생산성의 평균치 기준
3.작업인력은 <Table 10> 기준
4.차별화 필요성은 인접 주요항 여부, 후발 항만에 각 1점 부여

우리나라의 경우 터미널 비용 구성 측면에서 볼 때 인건비의 비중이 상대적으로 낮고 대신 터미널 사용료 수준이 외국 터미널에 비하여 월등히 높다. 이는 곧 하역 장비 등 상부 구조물에 대한 투자의 여지가 적으며, 인력 절감을 주요 목표로 삼을 필요성이 낮음을 의미한다. 즉, 현재의 여건을 기준으로 할 때 무인 자동화보다는 유인자동화가 타당하다고 할 수 있다.

터미널 생산성 측면에서 볼 때 아직까지 주요 선대를 구성하고 있는 선박은 5,000~6,000TEU급이며, 부산항의 경우 평균 적·양하 컨테이너 수가 약 2,000TEU에 달하는 수준이기 때문에 시간당 컨테이너 300개를 하역할 수 있는 도크식 터미널의 도입은 시급하지 않다고 할 수 있다. 특히, 3장에서 밝힌 바와 같이 토목비 등 고정비용이 기존 터미널에 비하여 상당히 높기 때문에 경제성 측면에서도 재고의 여지가 있다.

이러한 점을 종합할 때 터미널 유형 선정은 터미널 수명 주기, 운영 기술 수준, 노무 공급 관계, 터미널 운영 목표 등의 측면에서 고찰할 수 있다. 터미널이 성숙기로 접어들고 운영 기술 수준이 어느 정도 축적되는 단계에 이르면 계획시스템의 자동화가 이루어진다. 이는 전문 인력에 의하여 수행되던 선석 배정, 장치장, 본선하역 등의 계획 업무를 인공지능 기법 등을 이용하여 지능화를 하는 것이다.

한 단계 더 진전이 되면 운영 및 통제 시스템의 자동화가 추진된다. 즉, 계획 자동화를 바탕으로 하여 작업 지시 및 통제 부문을 계량 모형 및 인공지능 기법, 종합 관제시스템 등을 통하여 지능화하는 것이다. 하역 장비의 자동화는 인력 공급 관계가 결정적 요인이며, 특히 인건비가 지나치게 높거나 장비 기사 등 전문 인력을 확보하기가 어려운 상황에서 적극 도입하게 된다.

선박 규모가 포스트 파나막스급을 넘어서 초대형 컨테이너 선박(10,000 TEU - 15,000 TEU)이 등장 할 경우 도크식 터미널과 같이 선박 양측에서 하역 작업을 수행할 수 있는 유형이 적합할 것이다. 이 경우 터미널 운영의 주 목표는 초대형 선박의 체항 시간을 기존 포스트 파나막스급 수준으로 낮추는 것이 될 것이다.

Table 16 Introduction step by terminal type

터미널 수명주기	도입기	성장기	성숙기		
운영기술 수준	낮음	중간	높음		
노무 공급관계		공급안정기		공급부족기	
선형	피더	파나막스, 포스트 파나막스		초대형 선박	
터미널 운영 목표	시설확충	생산성 증대, 비용절감	서비스 향상	인력절감	체항시간 단축
터미널 유형 도입단계	<-계획시스템 자동화--> <-운영시스템 자동화--> <-장비자동화--> <-양측 작업 방식-->				

5. 결 론

본 논문에서는 현재 기존의 일반적인 형태로 개발 중인 부산신항만과 외국항만 중 자동화 터미널인 ECT 그리고 도크형 안벽시스템으로 운영되고 있는 Ceres Paragon Terminal 등 세가지 유형의 터미널에 대하여 생산성을 분석하였으며, 각 유형의 터미널에 소요되는 운영비, 인건비, 건설비 등 비용적인 부분을 검토하였다.

그 결과 단위면적 당 생산성과 야드 장비당 생산성은 부산신항만이 상대적으로 높은 것으로 나타났으며, 안벽의 단위 m 당 생산성과 안벽 장비당 생산성은 자동화 터미널인 ECT 터미널이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 특히, Ceres Paragon Terminal의 안벽 생산성과 단위면적당 생산성은 부산신항만의 1/2 수준 정도에 불과한 것으로 나타났다. 또한, 총 비용은 부산신항만이 가장 낮았으며, 도크형 터미널인 Ceres Paragon Terminal이 가장 높게 나타남을 알 수 있었다.

이로 미루어 볼 때 생산성이 낮고 도크 개발로 인한 하부구조 비용이 높은 Ceres Paragon Terminal과 같은 유형의 경우는 국내와 같이 토지비용이 높고 인건비가 높은 국내에는 도입이 바람직하지 않다고 볼 수 있다. 또한, 우리나라의 경우 터미널 비용 구성 측면에서 볼 때 인건비의 비중이 상대적으로 낮고 대신 터미널 사용료 수준이 외국 터미널에 비하여 월등히 높기 때문에 하역 장비 등 상부 구조물에 대한 투자의 여지가 적으며, 인력 절감을 주요 목표로 삼을 필요성이 낮음을 의미하므로 현재 여건에서는 무인 자동화보다는 기존형태의 부산신항만과 같은 유인자동화가 타당하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 부산신항만이 개발 중이고 Ceres Paragon Terminal은 운영 정상화 단계에 이르지 않았기 때문에 생산성을 분석하는 데 사용된 하역 능력 자료를 포함한 제반자료는 각 개발 주체가 계획단계에서 제공한 자료를 사용함으로써 실 상황을 반영하는데 한계가 있었다. 또한, 생산성 분석에 있어서도 계획 물동량 및 실제 처리량과 터미널 시설 및 장비 규모를 기준으로 단순 산술 계산한 한계가 있다. 현재 터미널의 개발 형태는 다양성을 띠고 있고, 각 유형별 도입 장비, 배치, 운영시스템 등에 따라서 개발 비용이 크게 차이가 나기 때문에 향후 각 터미널 유형에 대한 보다 세부적인 생산성 및 경제성을 검토할 필요가 있다. 이를 위해서 각 유형별 운영 실적에 기반한 제반 기초 자료를 수집하는 것이 중요하며, 생산성 분석 방법에 있어서도 우리나라 실제 상황을 기준으로 각 유형별 동일한 상황을 설정하고 시뮬레이션 기법 등을 사용하여 보다 현실적인 결과를 도출할 필요가 있다.

후 기

본 과제(결과물)은 산업자원부의 출연금 등으로 수행한 지역전략산업 석박사 연구인력 양성사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 남기찬·하원익(1998), "컨테이너 터미널 자동화의 개념적 모형 정립", 한국해양대학교 부설 물류연구센터 논문집, 제 2집, pp.71~80.
- [2] 부산신항만(2001), 부산신항만 실시설계 요약 보고서.
- [3] 부산신항만(2001), 부산신항만 운영계획 보고서.
- [4] 부산신항만(1997), 『선진항만 벤치마킹 보고서』
- [5] 부산신항만(2001), 북 컨테이너 터미널 축조공사 실시설계 보고서.
- [6] 유명석(2000), 컨테이너터미널의 적정 운영규모 산정, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문, pp.46~48
- [7] 정승호(1999), 자가 컨테이너 터미널 생산성 분석, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문 pp.33~34
- [8] 한국해양수산개발원(1999), 부산신항 터미널계획 설계관리.
- [9] Amsterdam Port Authority(2002), 내부 자료
- [10] Ballis, A. Golias, J. Abakoumkin, C. (1997), "A comparison between conventional and advanced handling systems fir low volume container maritime terminal," Marit. Pol. MGMT., Vol. 24, No. 73 - 92.
- [11] Ceresglobal(2001), The 21st Century CERES PARAGON TERMINAL.
- [12] Cargo System(2002), Containerization Year Book, 2002.
- [13] JWD(Jordan Woodman Dobson) (1999), Pusan Newport Co. Terminal Operating Systems, Studies and Reports Vol.2.
- [14] KPC(Korean Port Consultants)(1999), Pusan Newport Planning Study.
- [15] Liftech Consultants Inc(2001), Cranes to serve ship in the slip.

원고접수일 : 2003년 4월 30일

원고채택일 : 2003년 7월 29일