한국항해항만학회지 제33권 제5호, pp. 353~359, 2009 (ISSN-1598-5725)
Journal of Navigation and Port Research

초대형 컨테이너선박의 기항에 따른 컨테이너 터미널 장치장 규모 확대방안의 경제성 비교

송 용 석†

† 한국건설교통기술평가원 교통사업본부

An Economical Efficiency Comparison for Extend Method of Container Terminal Yard Scale followed by the Call of the Mega Ship

Yong-Seok, Song†

† *Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planning, Gyeonggi-do, 431-060, Korea*

요 약 : 국내 컨테이너 터미널은 대부분 컨테이너 처리량에 비해 장치장 규모가 협소한 편이다. 장치장이 협소한 이유는 터미널 개발 시 적용된 이론적인 안벽 처리능력이 실제 처리능력과 차이가 나기 때문이다. 또한 최근 선박이 대형화 되면서 터미널들이 안벽장비를 추가 투입함으로써 안벽 생산성을 당초보다 크게 향상시킨 현실에 기인하기도 한다. 본 연구에서는 터미널 운영 현실을 반영하여 하역 능력을 재산정하고 10,000TEU에 이르는 초대형 선박을 대상으로 하여 소요 장치장 규모를 산정 한 후 기존 터미널의 장치장 규모와 경제성을 비교하는 것을 주목적으로 한다.

핵심용어 : 컨테이너터미널 장치장, 초대형 선박, 장비비, 건설비, 하역능력, 경제성

Abstract : *Most domestic container terminals are lack of container storage capacity compared to the throughput of container. The main reason is the difference between the theoretical capacity applied to the development of terminals and the real capacity of a berth. Another reason seems to be the increase of the container crane in number per berth to match the need for the getting larger vessel, which is resulted from the increase of the berth capacity from the start. This study, therefore, aims to suggest the economic size of container yard by comparing the existing one. For this the berth capacity was recalculated, the required yard size derived considering up to 10,000TEU vessel and then cost comparison done.*

Key words : *Container terminal Storage yard, Equipment cost, Construction Cost, Handling Capacity*

1. 서 론

세계 경제 규모가 확대되고 컨테이너선박이 대형화되면서 해상운송은 기존보다 대량으로 이루어지고 있는 가운데, 선사들은 대형 컨테이너선들이 기항하는 항만에서 지정된 시간에 출항하는 정시성을 유지하려고 노력한다. 선사들의 이러한 노력에 부응하기 위하여 항만들은 보다 생산성이 높은 하역시스템과 대량의 양·적하 화물을 수용할 수 있는 충분한 규모의 장치장을 확보하여야 한다.

세계 주요 항만들은 터미널 생산성을 높이기 위하여 안벽 생산성 향상을 우선적으로 꾀하고 있다. 안벽의 시간당 생산성은 컨테이너 크레인(Container Crane: C/C) 대수를 증가시킴으로써 향상시킬 수 있다. 실제 투입할 수 있는 C/C 수는 선박의 제원 및 화물 적재 분포에 따라 달라질 수 있으나 보통 4,000TEU~5,000TEU급 선박 하역작업의 경우 4~5기의 C/C를 투입하고 있다.

또한 4개 선석에 각 3기의 크레인을 운영하는 터미널의 경우 모든 선석에 선박이 접안하여 하역작업을 할 때를 제외하고는 안벽의 시간당 생산성 향상을 위해 인접 선석의 C/C를 추가 투입하기 때문에 평균 작업 크레인의 수는 3.5기~4기가 된다. 특히 상해항의 경우 선박당 최대 7기의 크레인을 투입하여 생산성을 높이기 위해 노력하고 있다. 안벽 생산성에 의해 결정되는 안벽 하역 능력은 공식적으로 300천TEU를 사용하고 있다. 이것은 정부의 공식적인 능력이기도 하며 항만기본계획 수립 시 적용된다(해양수산부, 2001). 그러나 부산항의 주요 컨테이너터미널들을 대상으로 한 실증 분석에서는 500천TEU 수준이 현실적인 것으로 나타났다. 학술적으로도 적정 C/C 대수나 배정 방식과 안벽 하역 능력에 관한 연구는 다양하게 수행되어 왔다.

장치장의 경우 그 규모는 안벽 하역 능력과 평균 장치기간, 컨테이너 종류 등 컨테이너 장치 특성 등을 감안하여 산정하게 된다. 장치장 규모는 길이와 폭(depth)에 의해 결정되며 길이는 안벽 길이와 직접 관련되어 결정되기 때문에 터미널에 따른 편

† 교신저자: 송용석(정회원), soyoso@kictep.re.kr 031)389-6442

차가 크지 않다. 그러나 장치장 폭은 터미널별 편차가 크다. 실제 부산항 컨테이너터미널의 경우 동일 선석 기준 장치장 폭의 범위는 400m~600m이다. 이러한 장치장 차이는 터미널 전체 관점에서 하역 능력을 좌우하는 중요한 요인이 된다. 특히, 초대형 선박이 기항하는 상황에서 안벽 능력에 대응할 수 있는 장치장 능력 확보는 중요하다.

그러나 장치장 규모를 비교 분석한 직접적인 문헌은 찾아볼 수 없다. 장치장과 관련된 대부분의 연구들은 터미널 전체 관점에서 장치장을 하나의 하부 시스템으로 보고 운영 방안을 모색하거나 장치장 배치 방안을 모색하고 있다(JWD, 1999; 송 외, 2006). 또한, 대상 선박에 있어서도 5,000~6,000TEU급 선박을 주력 모선으로 하여 분석을 수행하여서 현재 8,000TEU 혹은 10,000TEU급 초대형 선박에 대한 고려가 미흡하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 8,000TEU ~ 10,000TEU 급 대형선박의 기항을 가정하여 대량의 양적하 화물을 수용할 수 있는 장치장의 규모를 산정하고 경제성 측면에서 기존 터미널의 장치장 형태와 비교하는 것을 그 목적으로 한다. 이를 위하여 먼저 초대형 선박 기항을 가정한 하역능력 및 장치장 규모을 도출한다. 이어서 문헌을 바탕으로 하여 터미널 건설비와 장비비, 운영비, 인건비 등 총 비용을 도출하여 정부가 추진 중인 터미널 건설 규모와 본 연구에서 제시된 터미널 규모의 경제성을 평가한다.

2. 장치장 점유율 및 장치장 규모

2.1 하역능력 재검토

선박대형화, 컨테이너크레인 작업속도 향상, 컨테이너터미널 작업여건 개선 등 컨테이너터미널의 작업환경이 변화함에 따라 기존의 5만톤급 기준 선석당 300천TEU인 하역능력의 재검토 필요성이 제기된다.

Table 1 Review for handling capacity

구분	내 용	값
C/C 대수	대 수 (기)	4
연간작업 가능시간	연간작업일수 (일)	363
	1일작업시간 (시간)	21
크레인 작업 시간율	선석점유율 (%)	60
	선박이동계수	0.9
	크레인작업계수	0.95
	실작업시간율	0.8
크레인 작업효율	설계능력(VAN)	45
	손실조정계수	0.75
	간섭계수	0.83
환산계수	TEU/VAN	1.48
Overstow	계수	0.97
선석당 연간하역능력	연간하역능력 (TEU)	503,244

본 연구에서는 정부(구 해양수산부)의 하역능력 산정방식(해양수산부, 2001)에 따라 하역능력을 재검토하되, 컨테이너터미널 운영현황을 반영하여 조정된 Factor 값을 적용하였다.

조정된 Factor 값은 연간작업일수 363일(설, 추석 등 2일 제외), 1일 작업시간 21시간(아침, 점심, 저녁 각 1시간, 총 3시간 제외) 크레인 수 4기, 선석점유율 60% 등이며, 이들 값으로 조정한 결과 5만톤급 1개 선석의 하역능력은 503,244TEU/선석으로 분석되었다. 본 연구에서는 분석의 편의를 위해 1개 선석당 하역능력은 500천TEU을 적용한다.

하역능력이 300천TEU에서 500천TEU로 조정되면 장치장(CY, Container Yard)의 규모가 가장 큰 영향을 받게 된다. 장치장의 적정 보관능력이 안벽의 하역능력보다 낮게되면 안벽의 하역능력이 아무리 높더라도 컨테이너 화물의 처리가 불가능해지기 때문이다.

보통의 경우 장치장내에서의 컨테이너 이동, 컨테이너 재조작 등을 고려하여 일시 보관능력의 60%를 적정 보관능력으로 판단하고 있다.

당초 부산신항만은 선석당 300천TEU의 하역능력을 기준으로 장치장 규모를 설계하였다. 이로 인해 하역능력이 500천TEU로 조정되면 장치장 보관능력을 상회하여 배후에 장치장을 확보하거나 컨테이너터미널을 추가로 건설해야만 한다.

본 연구에서는 선석당 500천TEU의 하역능력을 갖춘 4개 선석을 기준으로 필요한 장치장을 확장하는 경우(CASE 1)와 300천TEU를 기준으로 컨테이너터미널을 추가 건설하는 경우(CASE 2) 등 2가지에 대한 경제성을 비교, 평가하고자 한다.

선박으로 부터의 하역작업은 먼저 수입된 컨테이너를 육상으로 양하한 후 수출할 컨테이너를 선적하는 순서로 진행된다.

육상으로 양하된 컨테이너는 컨테이너터미널에 보관되며, 선적을 위해 장치장에서 대기중인 컨테이너와 함께 일시적으로 장치장을 점유한다. 이 때 장치장의 점유율이 일정 수준을 넘게 되면 혼잡현상으로 터미널의 생산성을 떨어뜨리게 되는 요인으로 작용한다.

2.2 'S' 터미널의 선박크기별 화물 양·적하 특성

본 연구에서는 터미널에 입항하는 선박규모별 하역 특성과 장치장의 점유율을 검토하기 위해 김정은(2004)의 연구내용을 활용하였다.

김정은(2004)은 'S' 터미널을 대상으로 22개월 동안 입항한 선박들을 선박크기별로 분류하여 하역량을 분석하였으며, 분석에 사용된 Data는 다음의 Table 2와 같다.

Table 2 Incoming vessels and handling volume of 'S' Terminal

구분	분석대상 기간	선석 수 (선석)	선박 수 (척)	총 처리량 (VAN)	총 처리량 (TEU)
내용	2001.1~2002.10 (22개월)	4	2,090	1,996,610	2,994,915

주 : VAN과 TEU 환산계수는 1.5 적용

선박규모별로 평균 하역량을 살펴보면 5,500~5,999TEU급 선박들의 평균 하역량이 2,029Van으로 가장 많았고, 170TEU급 선박들은 236Van으로 가장 적은 것으로 나타났다. 최대 하역량은 5,500~5,999TEU급이 3,479Van으로 가장 많고, 다음으로 5,000~5,499TEU급 순이었다.

Table 3 Handling volume by incoming vessel scale at 'S' terminal

선박 규모	전체 처리량 (Van)	입항 횟수 (척)	평균 하역량 (Van)	최대 하역량 (Van)
6,000 TEU급 이상	25,068	27	928.4	2,174
5,500 ~5,999 TEU급	495,292	244	2,029.9	3,479
5,000 ~5,499 TEU급	183,936	131	1,404.1	3,201
4,500 ~4,999 TEU급	120,545	92	1,310.3	2,717
4,000 ~4,499 TEU급	241,303	215	1,122.3	2,526
3,500 ~3,999 TEU급	29,434	39	754.7	2,196
3,000 ~3,499 TEU급	289,687	289	1,002.4	2,210
2,500 ~2,999 TEU급	285,350	364	783.9	2,262
2,000 ~2,499 TEU급	72,733	131	555.2	1,932
1,500 ~1,999 TEU급	20,508	27	759.6	1,656
1,000 ~1,499 TEU급	61,534	133	462.7	1,526
500 ~999 TEU급	154,643	328	471.5	1,027
170 ~499TEU급	16,577	70	236.8	611
합계	1,996,610	2,090		

자료 : 김정은(2004), 선박대형화에 따른 컨테이너터미널 장치장 규모산정에 관한 연구

그리고 Tabel 3을 바탕으로 선박규모와 최대 하역량과의 관계를 살펴본 결과 선형추세임을 알 수 있었다.

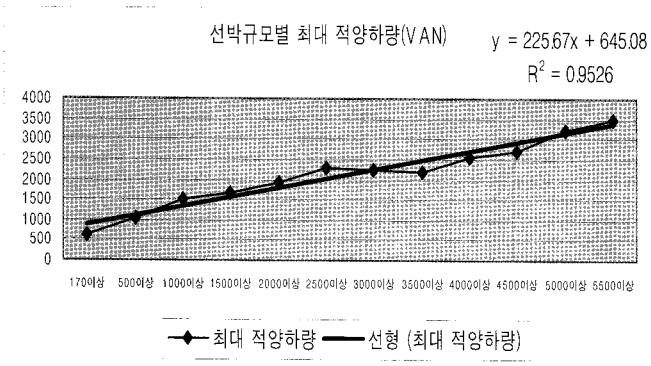

Fig. 1 The largest handling cargo volume by vessel scales

선박규모와 최대 하역량이 선형인 추세를 보이고 있기 때문에 이 패턴을 이용하여 미래 대형선박에 대한 최대 하역량을 대략적으로 예측할 수 있다. 선박 규모에 따른 최대 하역량에 대한 선형식은 다음과 같다.

선형식 = 225.67 × X + 645.08 ---------- 식 ①

식 ①의 선형식을 이용하여 선박규모별로 최대 하역량을 예측해 본 결과 6,000TEU급은 3,579Van, 8,000TEU급은 4,481Van, 10,000TEU급은 5,384Van 등으로 각각 예측되었다.

Table 4 The estimate of handling volume by largest vessel scales

선박 규모	VAN	TEU
6,000 TEU급 ~	3,579	5,368
6,500 TEU급 ~	3,804	5,707
7,000 TEU급 ~	4,030	6,045
7,500 TEU급 ~	4,256	6,384
8,000 TEU급 ~	4,481	6,722
8,500 TEU급 ~	4,707	7,061
9,000 TEU급 ~	4,933	7,399
9,500 TEU급 ~	5,158	7,738
10,000 TEU급 ~	5,384	8,076

주 : VAN과 TEU 환산계수는 1.5 적용(예 : 3,579 × 1.5 = 5,368TEU)

Table 3과 Table 4의 최대 하역량을 비교해보면 컨테이너선박의 대형화로 인한 하역량은 큰 폭으로 늘어난다는 것을 쉽게 알 수 있다. 실제 Table 3의 1,500TEU급~5,999TEU급 구간의 최대 하역량 평균치와 Table 4의 6,000TEU급~10,000TEU급 구간의 최대 하역량 평균치는 각각 2,464Van과 4,481Van으로서 약 2,017Van(3,025TEU)의 차이가 있었다.

이렇게 선박의 대형화에 따라 하역량이 증가하게 되면 안벽에서는 컨테이너크레인의 수를 증가시키는 등 유동적인 대처가 가능하지만, 장치장은 보관할 수 있는 장소와 규모가 정해져 있으므로 보관능력의 한계치로 인해 처리가 불가능해질 수 있다. 이러한 하역량의 증가가 터미널의 장치장의 점유율에 어떠한 영향을 미치는지는 2.3에서 분석하였다.

Table 5 The comparison handling volume by vessel scales

(단위 Van)

구분	최대 하역량 합계	평균치	차이	비율
1,500TEU급~5,999TEU급	22,179	2,464	2,017 (3,025TEU)	181.8%
6,000TEU급~10,000TEU급	40,332	4,481		

주 : 비율은 평균치의 큰 값을 작은 값으로 나눈 것(4,481 ÷ 2,462 × 100%)

2.3 'S' 터미널의 장치장 점유율 특성 및 점유율 변화

1) 'S' 터미널의 장치장 점유율 특성

장치장 점유율이란 컨테이너가 선박으로부터 하역(양하)되거나 선박에 선적(적하)될 때 장치장에 임시 보관상태를 거치게 되는 데 이 때 일정시간 동안 보관 중인 컨테이너 수가 장치장 보관능력 대비 몇 %를 점유하고 있는지를 나타낸 것이다.

'S'터미널은 분석대상기간인 663일의 평균 장치장 점유율은 62% 수준으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면 장치장 점유율이 60%이상인 경우가 318일, 70% 이상이 120일, 80%이상이 14일로 분석되었으며 장치장 점유율이 60% 이상인 기간은 총 452일로서 전체기간의 68.2%를 차지하고 있다.

Table 6 The frequency by container terminal yard occupy rafion

구분	40%이상	50%이상	60%이상	70%이상	80%이상	총 합계
횟수	10	201	318	120	14	663
비율	1.5%	30.3%	48.0%	18.1%	2.1%	100.0%

2) 장치장 점유율의 변화 분석

선박의 하역량 증가(Table 4, 5)와 장치장 점유율(Table 6) 사이의 변화 관계를 살펴보면 다음과 같다.

먼저 Table 6과 같이 'S' 터미널을 기준으로 장치장 점유율이 60%일 때, Table 5의 평균 하역량이 3,025TEU가 더 많은 대형 선박 4척을 동시에 처리한다고 가정해 보자.

이 때 추가로 처리해야하는 하역량은 총 12,100TEU (3,025TEU × 4척)이 되며, 이중 양하와 적하를 50% : 50%로 보면 6,050TEU는 장치장에 이미 보관되어 적하 준비를 하게 되며, 나머지 50%인 6,050TEU는 선박에서 양하된다.

6,050TEU가 차지하는 장치장 점유율은 다음과 같이 산정된다.

1TGS((TEU Ground Slot, 20ft 컨테이너 1개가 바닥에 놓이는 공간)에 3.5개의 컨테이너 보관이 가능함으로 6,050TEU를 추가 보관하기 위해서는 1,729TGS(6,050TEU ÷ 3.5개)가 필요하게 된다. 'S' 터미널에서 확보하고 있는 총 TGS 수는 16,579TGS인데 만약 장치장 점유율이 당초 60%라고 한다면 총 9,948TGS(16,579TGS × 60%)에 해당하는 공간이 이미 사용되고 있다. 6,050TEU를 보관하기 위한 1,729TGS는 장치장 점유율 10.4%(1,729 ÷ 16,579)에 해당하여 당초의 장치장 점유율 60%에 가산하면 70.4%로 증가하게 된다.

여기에 양하에 필요한 1,729TGS에 해당하는 10.4%를 추가로 가산하면 장치장 점유율은 최종적으로 80.8%로 변하게 된다. 'S'터미널을 기준으로 되면 12,100TEU를 추가로 처리하려면 장치장 점유율은 20.8%가 상승하게 되는 것이다.

위의 12,100TEU 처리시 장치장 변화율의 내용을 정리하면 다음과 같다.

① 적하를 위한 소요 TGS
6,050TEU ÷ 3.5TEU/TGS = 1,729TGS
② 양하를 위한 소요 TGS
6,050TEU ÷ 3.5TEU/TGS = 1,729TGS
③ 1,729TGS에 해당하는 장치장 점유율
1,729TGS ÷ 16,579TGS × 100% = 10.4%
④ 적하 및 양하를 위한 장치장 점유율
10.4% × 2(양하+적하) = 20.8%
⑤ 장치장 점유율의 변화
당초 60% + 20.8% = 80.8%

만약 장치장 점유율이 당초 80%인 데 12,100TEU를 추가로 처리하게 되면 장치장 점유율은 100%를 상회하게 되어 사실상 선박으로부터 컨테이너를 양하시킬 수 없는 상황이 됨을 알 수 있다.

이는 안벽에 컨테이너크레인 수를 추가하여 하역능력은 상승시킬 수 있다 하더라도 장치장의 규모에 변화가 없게 된다면 장치장 점유율 상승으로 인한 하역작업 중단, 선박 대기, 대형선 기항 기피 등은 피할 수 없게 된다. 따라서 건설단계부터 장래 크레인 추가도입, 크레인 성능 향상 등의 방법으로 하역능력을 증가시키는 방안과 동시에 적정 규모의 장치장을 계획하는 것이 필요하게 된다는 점을 시사한다.

2.4 장치장 규모 산정

본 절에서는 2.3에서 제시한 시사점 및 초대형 컨테이너선 출현에 따라 선석당 500천TEU의 처리능력으로 하역능력 및 장치장 규모의 확대가 필요하다. 따라서 4개 선석의 터미널을 가정할 때 하역능력 2,000천TEU(500천TEU × 4개 선석)의 수용이 가능한 장치장 규모를 'S' 터미널의 특성을 반영하여 간략하게 산정하였다.

'S' 터미널의 2003년 처리량은 약 1,760천TEU이며, TGS 확보량은 16,579개로 장치장 점유율은 약 62% 이었다. 장치장 점유율이 처리량과 확보된 TGS 수의 관계에 비례한다고 가정할 때 장치장 점유율 62%를 유지하면서 200만TEU를 처리하기 위해서는 약 18,880TGS가 필요하게 된다.

이를 부산신항만의 야드 장비인 9열 RMGC를 기준으로 장치장을 배치한다고 할 때, 장치장 1개 블록에 450TGS(9열 50Bay 기준, 9×50)를 배치하면 약 42개의 블록이 필요하며, 4열(1선석당 1열)로 배치하면 총 11행을 배치할 수 있다. 기존에 배치된 8행에 비해서는 3행이 추가로 필요하다. 1개 블록의 크기는 세로 50m, 가로 322.25m로서 3행에 해당하는 블록을 추가배치하게 되면 기존보다 150m가 증가하여 장치장의 폭은 550m(세로 50m × 11행)가 된다. 여기에 Apron(68.5m)와 Gate, 운영건물 등 주요건물에 필요한 폭(131.5m) 등 200m(68.5+131.5)를 반영하면 이 터미널의 총 폭은 750m가 되며, 터미널 전체 규모는 1,400 × 750m로 산정된다.

3. 항만 건설규모에 따른 경제성 비교

본 장에서는 선석당 300천TEU의 하역능력을 갖춘 7개 선석 규모의 터미널(하역능력 2,100천TEU)을 CASE 1, 1선석당 500천TEU의 하역능력을 갖춘 4개 선석 규모의 터미널(하역능력 2,000천 TEU)을 CASE 2로 가정하여 경제성 분석을 수행하였다.

CASE 1은 장치장 폭이 400m로서 전체 터미널 규모는 2,100m × 600m이며, CASE 2는 2.4에서 제시된 바와 같이 장치

장 폭이 550m로서 전체 터미널규모는 1,400m × 750m이다.

경제성 분석에 사용된 장비 구입비용, 장비투입 대수 등은 유사연구를 수행한 유명종(2002)의 연구를 참조하였다. 유명종은 「부산신항 터미널계획 설계관리 보고서」와 「북 컨테이너 터미널 축조공사 실시설계 보고서」의 자료를 활용하였다.

공사비는 해양수산부(2003)의 부산신항 남컨테이너부두(1차) 기본 및 실시설계보고서에서 남컨테이너 2-3단계의 공사비 산출시 사용된 비용을 재구성하여 적용하였다.

3.1 장비비

장비비를 산정시 투입되는 장비의 기준은 다음과 같다.

장치장 폭이 400m인 CASE 1의 경우, 선석당 컨테이너크레인 3대, T/C는 블록당 1대, 야드 트렉터(Y/T)는 컨테이너크레인 1대당 5.5대, 야드 샤시(Y/C)는 야드 트렉터 1대당 2.5대를 반영하였다.

장치장 폭이 550m인 CASE 2의 경우, 컨테이너크레인 댓수는 Table 1에서와 같이 선석당 4대를 적용하였으며, 나머지 장비들의 투입조건은 CASE 1과 같다.

장비비용을 비교한 결과 CASE 1이 약 3,281억원으로 CASE 2의 2,421억원보다 136% 수준으로 평가되었다

Table 7 The comparison o equipment costs

(단위 : 백만원)

구분	대당 가격	CASE 1		CASE 2	
		대수(기)	비용	대수(기)	비용
C/C	7,000	21	147,000	16	112,000
T/C	2,925	56	163,800	40	117,000
Y/T	114	116	13,224	88	10,032
Y/C	14	220	4,060	220	3,080
합계			328,084		242,112
비율			136%		100%

3.2 공사비

공사비는 해양수산부(2003)의 부산신항 남컨테이너부두(1차) 기본 및 실시설계보고서에서 남컨테이너 2-3단계의 공사비 산출시 사용된 비용을 인용하였다.

Table 8 The construction method and packing method of south terminal phase 2-3

구분	내용	비고
안벽	- 마루높이 DL.(+) 4.0m - 구체공 : 케이슨식(11.4B × 18.9L ×18.1H) - 하부공 : 연약지반처리(SCP공법 적용)	
부지조성	- 모래 매립 - 연약지반처리 (PBD 공법 적용)	
포장	- 주행로 : 아스콘 포장 - 장치장 : 쇄석 포장	

자료 : 해양수산부, 부산신항 남컨테이너부두(1차) 기본 및 실시설계, 2003.12

먼저 기본 및 실시설계보고서에 제시되어 있는 남컨테이너 2-3단계에 적용된 공법 및 포장 방법 등의 조건은 Table 8과 같다.

공사비용은 안벽, 부지조성, 급배수시설, 포장, RMGC 기초, 전기 및 통신, 철송장, 건축, 조경, 기타부대시설 등을 위한 공사비로 구성되어 있다.

본 연구에서는 순수하게 안벽과 장치장 규모의 변화에 따른 경제성을 평가하기 위해 철송장, 건축물, 조경 및 기타부대시설 비용은 제외하였다. 그리고 안벽비용에는 기초 및 박지준설비용과 Apron 구간의 부지조성비용을 포함하였다.

다음의 공사비는 잡비(35%)와 부가가치세(10%) 등을 제외한 순수 공사비용으로, 안벽길이와 조성면적을 적용하여 각 공종별 공사비의 원단위를 도출하였다.

각 공종별 공사비 원단위는 안벽공사가 m당 108,255천원, 부지조성공사 264천원 등이며 세부내용은 Table 9와 같다.

Table 9 The scale and construction expenses of south terminal phase 2-3

공사 종류	터미널 규모	공사비(억원)	원단위(천원)
안벽(m)	1,400	151,557	108,255
부지조성(㎡)	744,100	196,143	264
급배수시설(㎡)	840,000	9,339	11
포장(㎡)	840,000	13,267	16
RMGC 기초(㎡)	744,100	18,876	25
전기 및 통신(㎡)	840,000	23,160	28

자료 : 해양수산부, 부산신항 남컨테이너부두(1차) 기본 및 실시설계, 2003.12

공사비 산정을 위해 적용되는 CASE 1과 CASE 2의 제원은 Table 10과 같다.

Table 10 The construction coutents by container terminal yard scales

공사 구분	CASE 1	CASE 2	비고
안벽(m)	2,100	1,400	(a)
Apron 폭(m)	68.5	68.5	(b)
Apron 외 폭(m)	531.5 (장치장 400)	681.5 (장치장 550)	(c)
터미널 전체 폭(m)	600	750	(d)=(b)+(c)
터미널 총 넓이(㎡)	1,260,000	1,050,000	(a)×(d)
부지조성(㎡)	1,116,150	954,100	(a)×(c)
급배수시설(㎡)	1,260,000	1,050,000	(a)×(d)
포장(㎡)	1,260,000	1,050,000	(a)×(d)
RMGC 기초(㎡)	1,116,150	954,100	(a)×(c)
전기 및 통신(㎡)	1,260,000	1,050,000	(a)×(d)

Table 9의 원단위와 Table 10의 CASE별 제원을 적용하여 Table 11과 같이 공사비용을 산출할 수 있었다.

공사비용을 비교한 결과 CASE 1이 6,189억원으로 CASE 2의 4,848억원에 비해 127.7% 수준으로 평가되었다.

공사비용 중 가장 크게 차이가 나는 것은 안벽공사비용으로 CASE 2에 비해 CASE 1이 약 50% 더 높은 것으로 분석되었다.

Table 11 The comparison of construction cost by terminal scales

구분	원단위 (천원)	CASE 1		CASE 2	
		터미널 규모	공사비 (백만원)	터미널 규모	공사비 (백만원)
안벽(m)	108,255	2,100	227,336	1,400	151,557
부지조성 (m^2)	264	1,116,150	294,215	954,100	251,499
급배수 시설(m^2)	11	1,260,000	14,399	1,050,000	11,999
포장(m^2)	16	1,260,000	19,901	1,050,000	16,584
RMGC 기초(m^2)	25	1,116,150	28,314	954,100	24,203
전기 및 통신(m^2)	28	1,260,000	34,740	1,050,000	28,950
합계			618,903		484,791
비율			127.7%		100%

3.3 경제성 비교

Table 12는 장비비용과 공사비용을 종합한 결과이다.

CASE 1의 경우 장비비용과 공사비용은 각각 3,281억원과 6,189억원으로서 총 비용은 9,097억원이며, CASE 2는 장비비용과 공사비용은 각각 2,412억원 4,848억원, 총 비용은 7,275억원으로 나타났다.

그 결과 CASE 2의 조건이 CASE 1의 조건으로 공사하거나 장비를 투입하는 비용보다 21.1% 절감되는 것으로 평가되었다.

Table 12 The comparison of economical efficiency by container terminal yard scales

(단위 : 백만원)

구분	장비비용	공사비	합계	비율
CASE 1	328,084	618,903	909,722	100.0%
CASE 2	242,112	484,791	727,470	79.9%

4. 결 론

본 연구에서는 컨테이너터미널의 운영여건을 반영하여 안벽 하역능력을 재검토하였고, 부산항에서 실제 운영중인 'S' 터미널을 대상으로 22개월간의 데이터를 확보하여 선박규모별 평균 하역량 및 최대 하역량을 분석하였으며, 최대 하역량은 선박규모에 따라 선형추세를 보임을 알 수 있었다. 이런 선형추세에 기반하여 6,000TEU~10,000TEU급 선박들의 최대 하역량을 개략적으로 예측하였는데, 그 결과 선박규모 6,000TEU~10,000TEU급 구간 최대 하역량의 평균치는 선박규모 1,500TEU~5,999TEU급 구간의 최대 하역량 평균치의 181.8% 수준에 달할 것으로 분석되었다.

이러한 선박대형화에 따른 하역량의 증가는 결국 장치장 점유율에 영향을 미치게 되는데 최대 하역량의 평균치(3,025TEU)를 반영하여 장치장 점유율 변화를 분석한 결과 기존대비 약 20.8% 이상 장치장 점유율이 높아짐을 알 수 있었다. 장치장 점유율이 높아지는 것은 터미널 생산성 하락 및 선박 정시성에 악영향을 미치는 요인이 된다.

본 연구에서는 하역능력이 200만TEU인 터미널을 설계할 때 장치장 점유율을 일정수준으로 유지하면서 대형선박의 하역량을 처리할 수 있는 터미널 유형으로서 기존 형태인 CASE 1과 장치장 규모를 확장하는 CASE 2로 나누어 공사비와 장비비용을 계산하였다. 그 결과 장치장 규모를 확장하는 방법인 CASE 2가 비용측면에서 약 21.1% 절감되어 CASE 1에 비해 경제적인 것으로 평가되었다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 신규 컨테이너터미널 건설을 계획할 때는 미래의 해운환경과 장비 기술의 발달 등 다양한 여건을 감안하여 터미널 내 충분한 장치장을 확보할 수 있도록 해야 한다고 판단된다.

배후 장치장이 충분하지 못하면 미래의 환경변화에 적극적인 대응이 불가능해져 추가 터미널 건설로 인한 비용 낭비를 유발시킬 수 있다. 즉 안벽시설물은 크레인 수 조정으로 능력조절이 가능하지만, 장치장은 규모가 정해져 있어 능력조절이 불가능하기 때문이다.

본 연구의 한계는 공사비에 포함되는 모든 비용을 반영하지 않았고, 자료 확보의 어려움으로 인해 2003년 Data를 활용했다는 점이다. 특히 항만건설비용은 2003년 기준이며, 장비비는 현재가격 기준으로서 비용산정의 기준적용 연도가 상이하여 정확한 비용산정에 한계가 있었다. 추후에는 건설뿐만 아니라 운영기간 동안의 비용과 수익을 반영한 경제성 분석을 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] 김정은(2004), "선박대형화에 따른 컨테이너 터미널 장치장 규모 산정에 관한 연구", 한국해양대학교 석사학위 논문.

[2] 남기찬, 송용석, 연정흠 (2003), "중국 상해신항만 개발 계획 고찰", 대한교통학회, 21권, 6호, pp.7-15.

[3] 남기찬, 송용석, 김태원, 오효진(2004), "선박 대형화 및 선박 기항지 축소에 따른 경제성 분석", 한국항해항만학회 2004춘계학술대회논문집.

[4] 유명종, 남기찬, 송용석 (2003), "컨테이너 터미널 유형평가", 한국항해항만학회지, 27권 5호, pp.577-584.

[5] 송용석 (2001), "항만물류시설 원단위 산정 -컨테이너 터미널을 중심으로-", 한국해양대학교 석사학위 논문.

[6] 송용석, 남기찬, 유주영, 김태원(2006), "컨테이너 터미널의 장치장 활용 방안에 관한 연구", 한국항해항만학회지, 30권 3호, pp.203-209.

[7] 정승호 (1999), "자가 컨테이너 터미널 생산성 분석", 한국해양대학교 석사학위 논문.
[8] 한국컨테이너부두공단 (2001), "우암부두 전용사용료 산정에 관한 연구".
[9] 한국컨테이너부두공단 (2002), "광양항 컨테이너부두 사용료 산정체계 및 적정 사용료 산정에 관한 연구".
[10] 한국컨테이너부두공단 (2008), "2007년도 컨테이너 화물 유통 추이 및 분석".
[11] 한국해양수산개발원 (1999), "부산신항 터미널계획 설계관리".
[12] 해양수산부(2003), "부산신항 남컨테이너부두(1차) 기본 및 실시설계보고서".
[13] Alfred, J. B. (2002), "Privatization trends at the world's top-100 container ports", Marit. Pol. MGMT., Vol. 29, No. 3. 271 - 284.
[14] JWD(1999), "Pusan Newport Planning Study".

원고접수일 : 2009년 6월 11일
심사완료일 : 2009년 6월 21일
원고채택일 : 2009년 6월 25일