

초대형 컨테이너 선박에 대한 이론적인 고찰

남기찬* · 이재현**

*한국해양대학교 물류시스템공학과 교수, **한국해양대학교 기관시스템공학부 교수

A Theoretical Review on Mega Ship and Mega Hub

Ki-Chan, Nam* · Jae-Hyun, Lee**

*Department of Logistics Engineering, Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

**Division of Marine System Engineering, Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요약 : 1990년대에 들어서 대형 선박에 대한 논의가 활발해진 가운데 최근 15,000 TEU에 달하는 메가 선박(Mega ship)과 이를 위한 메가 항만(Mega hub)에 대한 개념이 소개되었다. 초대형 선박에 관한 연구는 선박 설계, 항만 설계, 선박 운영, 물류 관리 등 다양한 관점에서 수행되어 왔으며, 그 결과 역시 다양하여 초대형 선박의 기술적 가능성과 경제적 타당성에 대한 이해를 돕지 못하고 있다. 따라서, 본 연구는 관련 문헌을 체계적으로 고찰함으로써 기존 연구의 현황과 한계 그리고 향후 연구 방향을 제시한다.

핵심용어 : 초대형 컨테이너 선박, 메가 허브, 선박 설계, 하역시스템

Abstract : In 1990s the debate on very large ships made the Mega ship and mega port concept emerge. Many studies have been done on such big ships by consultant, naval architects, port designers, ship operators, economists etc., with different points of view and results. This paper, by reviewing the literature systematically, identifies limitations and major issues, and suggests directions for further studies.

Key words : Mega ship, Mega hub, ship design, container handling systems

1. 서론

1990년대에 들어서 대형 선박에 대한 논의가 활발해진 가운데 최근 15,000 TEU에 달하는 메가 선박(Mega ship)과 이를 위한 메가 항만(Mega hub)에 대한 개념이 소개되었다. 1990년 중반에 들어서면서 과거 선박 대형화에 있어서 가장 큰 제약 요인이었던 엔진 추진력 문제가 해결되었고, 선사들은 선박 대형화로 인한 규모의 경제 효과를 꾸준히 추구하기 때문에 이러한 선박 대형화는 기술과 경제성이 보장되는 한 지속될 전망이다.

초대형 선박에 관한 연구는 선박 설계, 항만 설계, 선박 운영, 물류 관리 등 다양한 관점에서 수행되어 왔으며, 이들 연구는 크게 선박 설계, 컨테이너 하역시스템 그리고 선박 운영 부문으로 분류될 수 있다. 선박 설계 부문의 연구는 8,000 TEU 이상의 대형 선박을 운항할 수 있는 엔진 추진력과 선체 구조를 주 대상으로 하며, 하역시스템 부문 연구는 대형 선박의 재항 시간(port time)을 기존 포스트 파나막스 선박과 동일하게 하기 위해서 필요한 하역 능력을 갖춘 새로운 하역 시스템에 초점을 맞추고 있다. 선박 운영에 관한 연구는 대형 선박과 관련된 항만의 현실적인 제약과 선박 운항 비용 분석을 바탕으로 한 경제적 효과를 평가하는 것이다.

대부분의 선행 연구들은 그 범위가 선박 설계, 하역 시스템, 선박 운영 등 세 분야 중 한 곳에 한정되며 포괄적인 내용을 포함하지 못하는 한계를 내포하고 있다. 선박 설계 부문의 경우 엔진 추진력과 선체 강도의 문제가 선박운항 측면을 반영하여 현실적으로 고려되지 않았고, 하역 시스템의 경우 역시 터미널 여건 등을 반영한 현실적인 생산성 달성 방안을 모색하지 못하였다. 특히, 선박 운영 부문의 연구는 내륙운송, 항만운송, 해상운송 등 전체 컨테이너 수송 체인을 고려하지 못하고 해상운송 구간만을 대상으로 경제성을 논하고 있다. 초대형 컨테이너 선박이 기술적으로 가능하고 기존 포스트 파나막스 선박에 비하여 경제성이 높은지 여부를 평가하기 위해서는 이러한 단편적인 연구에서 벗어나 선박 설계, 하역시스템, 선박 운영 등 전 부문을 망라하는 포괄적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

따라서, 본 연구는 문헌 조사를 통하여 기존 연구의 현황을 살펴보고, 한계를 도출하여 향후 연구 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 선박 및 항만 대형화 현황

2.1 초대형 컨테이너 선박

정기 컨테이너 선사들은 대형 컨테이너선으로 인한 규모의 경제(economies of scale) 효과를 추구하여 왔으며, 그에 따라

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

** 회원, lee0313@hhu.ac.kr 051)410-4254

1980년대에는 3,000 TEU급 선박이 보편적이었으나 1996년 Maersk Line의 6,000 TEU급 선박이 최초로 취항하였으며, 2000년 들어서 7,000 TEU급 선박이 등장하였다(Table 1). 또한 조선관련 기술의 발달로 8,000 TEU급, 심지어는 15,000 TEU급 선박의 건조가 가능하다는 주장과 함께 향후 컨테이너선의 대형화는 지속될 전망이다.

Table 1 Container ship fleet by size Unit : TEU

구분	2000년		2001년		2002년		합계	
	척수	TEU	척수	TEU	척수	TEU	척수	TEU
China Shipping	4	5,500	9	5,500	-	-	13	71,500
CMA-CCM	-	-	7	6,500	1	6,500	8	52,000
COSCO	1	5,300	4	5,300	2	5,300	7	37,100
Evergreen	2	5,000	3 3	5,000 6,000	2	6,000	10	55,000
한진해운	5	5,600	1	4,400	4	4,400	10	50,000
Hapag-Lloyd	7	4,800	2	7,200	2	7,200	11	62,400
현대상선	-	-	5	6,400	-	-	5	32,000
K-Line	-	-	5	5,500	7	5,500	12	66,000
Maersk-Sealand	3	7,100	1	6,200	-	-	12	69,500
	4	6,200						
	4	4,300						
MOL	-	-	3	5,500	5	6,000	8	46,500
MISC	-	-	5	6,750	5	6,750	10	67,500
NOL/APL	-	-	2	5,500	4	5,500	6	33,000
NYK	-	-	2	6,200	7	6,200	9	55,800
OOCL	4	5,500	-	-	2	5,500	6	33,000
P&ON	1	6,800	3	6,800	-	-	12	71,200
	8	5,500						
Yangming	3	5,500	4	5,500	-	-	7	38,500
ZIM	-	-	-	-	6	4,800	6	28,800
합계	46	251,500	59	349,750	47	268,550	152	869,800

자료 : 한국컨테이너부두공단 (2000)

선박 대형화가 진전됨에 따라 컨테이너 선박들은 규모를 기준으로 1세대에서 8세대에 이르는 세대를 기준으로 분류되기도 하며, 선박 운항에 있어서 가장 큰 물리적 제약 요인인 Panama 운하를 기준으로 하여 Panamax, Post-Panamax, Super-Panamax 등으로 구분되기도 한다(Table 2). 최근 Suez 운하를 기준으로 하는 Suezmax 선박 그리고 더 나아가서 Suez 운하 준설을 전제로 하고 Malacca 해협을 제약으로 하는 Malacca-max급 선박이 소개되었다(Wijnolst et al, 1999). Suez 운하의 흘수와 폭을 감안하여 제시된 최대 선박은 길이 400m, 폭 50m, 흘수 17.04m이며, 최대 적재 능력은 11,989 TEU이다. Malacca 해협의 최대 흘수 21m를 기준으로 한 Malacca-max 선박은 길이 400m, 폭 60m, 흘수 21m이며, 최대 적재 능력은 18,154 TEU이다.

Table 2 Classification of container ship by size

구분	1세대	2세대	3세대	4세대	5세대	6세대	7세대	8세대
길이(m)	190	210	210-290	270-300	290-320	305-310	355-360	365
속력(kt)	16	23	23	24-25	25	25	26.4	-
선폭(m)	27	27	32	37-41	40-47	38-40	43	55
흘수(m)	9	10	11.5	13-14	13-14	13.5-14	14.5	15
크기 (TEU)	1,000	2,000	3,000	4,000이상	4,900이상	6,000내외	8,000내외	12,500 내외
갑판적	1-2단	2단8열 2단10열	3단12열 3단13열	3단14열 4단16열	6단16열	6단17열	6단17열	7단22열
창내적	5-6단	6단7열 6단8열	7단9열 9단10열	9단10열 9단12열	-	9단14열	9단14열	10단18열
시기	1960년대	1970년대	1980년대	1984년	1992년	1996년	2000년	2005년
선형	개조선	Full Container	Panamax	Post Panamax	Post Panamax	Super Panamax	Super Panamax	Ultra Panamax

자료: 해양수산개발원 (2000)

현재 초대형선 논의의 핵심이 되고 있는 8,000 TEU급 선박은 총연장 325m, 폭 46m, 깊이 27.1m, 최대 흘수 14m 규모이며, 15,000 TEU급 선박은 총연장 400m, 폭 60m, 깊이 35m, 최대 흘수 21m 규모이다(Table 3). 현재 취항 중인 표준 대형선박급인 5,500 TEU 선박과 비교 시 8,000 TEU 선박과 15,000 TEU 선박은 각각 전장 62m, 137m, 폭 6m, 20m 정도가 크다.

Table 3 Dimension of Post-Panamax container ship

	4500TEU	4800TEU	5500TEU	7000TEU	8000TEU	15,000TEU
길이	260.0	262.0	263.0	326.4	325.0	400.0
폭	39.4	40.0	40.0	42.8	46.0	60.0
깊이	23.6	24.3	24.3	24.1	27.1	35.0
흘수	12.5	14.0	14.0	14.5	14.5	21.0

자료 : Payer (1999) and Wijnolst et al. (1999)

8,000 TEU급 선박의 컨테이너 적재 능력은 화물창내 4,492 TEU, 갑판 5 단적 3,268 TEU, 갑판 6단적 392 TEU로서 총 8,152 TEU에 달한다(Payer, 1999). 15,000 TEU급 선박의 적재 능력은 화물창 내 10 ~ 11 단적, 갑판 6 ~ 7단 28열로서 기존 대형선인 6,000 TEU 선박과 비교할 때 갑판 적재 열이 11열 증가한 것이 특징이다.

Table 4 Cargo capacity of container ship by size

	화물창 적재 단수	갑판 적재 단수	갑판 적재 열
2000 TEU	7	4	13
3000	7/8	4/5	13
4000	8/9	5/6	13
5000	9	5/6	16
6000	9	5/6/7	17
8000	9/10	5/6	18
15000	10/11	6/7	28

자료 : McLellan (1997) and Payer (1999)

2.2 초대형 선박 엔진

선박 설계 시 엔진 부문은 기술적인 측면 외에 경제성 및 스피드 두 가지 점을 고려하게 된다. 선박 대형화는 연료 소비량 증가를 가져오기 때문에 최근 주 관심 중 하나는 연료 소비량과 엔진 효율이다. 특히, 유가가 선박 운항비 중에서 높은 비중을 차지하는 현실에서 선주와 선사는 경제적인 측면을 강조할 수 밖에 없다. 물류관리 측면에서 정시 운송의 중요성이 강조되면서 선박의 운항 속도 역시 중요시 된다. 8,000 TEU 및 15,000 TEU급 대형 선박 설계에 있어서 두 가지 측면을 고려할 때 적정 설계 스피드는 25-27 노트로 설정되고 있다.

현재 이용 가능한 최대 디젤 엔진은 내경 960 ~ 980mm의 12 ~ 14 실린더 형으로 최대 출력은 80,000 kW 이상이다. 주요 엔진 메이커인 스위스 Sulzer사는 내경 980mm 실린더 14개를 장착한 최대 출력 80,080kW 엔진을 소개하고 있고, 덴마크 MAN/B&W사 역시 동일 사양의 엔진을 소개하고 있다. 이들 엔진은 길이 27m 이상, 높이 약 13.5m이며, 무게는 약 2,400톤에 달한다(Table 5).

Table 5 Specification diesel engine in terms of maximum propulsion

엔진 Type	실린더 수	최대 출력(kW)	길이(m)	높이(m)	무게(ton)
Sulzer RTA96C	12	68,640	-	13.5	2,050
	14	80,080	27.31	13.5	2,300
MAN/B&W K98MC	12	68,640	24.61	13.4	2,146
	13	74,360	26.36	13.4	2,296
	14	80,080	28.02	13.4	2,446

자료 : www.bestengine.co.kr

이러한 엔진은 8,000 TEU급 선박을 25 노트 속도로 운항하는 것을 가능하게 하며, 선박 규모가 그 이상이 되면 운항 속도가 낮아지거나 두 개의 엔진을 장착해야 한다. 15,000 TEU 규모의 Malacca-max 선박의 경우 선박 속도 25노트를 기준으로 할 때 엔진 MCR 90% 상태에서 요구되는 엔진 출력은 116,588kW인 것으로 분석되었다(Table 6). 이러한 추진력을 제공할 수 있는 엔진은 아직까지 개발되지 않았으며, 현실적인 방안으로서 기존 12 실린더 이상 엔진 두 개를 장착하는 것이 제시되고 있다.

Table 6 Propulsive power for Malacca-max container ship

속도(노트)	시운전(kW)	운전(kW)	엔진 MCR 90%(kW)
22	57,505	66,131	73,479
23	67,106	77,172	85,746
24	78,251	89,989	99,987
25	91,243	104,929	116,588
26	106,405	122,366	135,962
27	123,954	142,548	158,386

자료 : Wijnotst et al. (1999)

2.3 항만 수심 및 크레인 Outreach

항만의 경우 초대형선 입항에 따른 입항시설을 갖추어야 하며 일시에 대량의 컨테이너가 하역되는데 필요한 하역장비의 보강, 운영시스템의 효율성 제고, 넓은 배후부지의 확보, 연계수송시설 확충 등이 요구된다. Payer(1999)는 'mega container ships'의 최대 장애 요인으로서 엔진 최대 출력 외에 터미널 하역시스템, 항만 인프라, 항만 수심 등을 들고 있다.

로테르담 항을 제외한 전 세계 주요항만의 최대 수심은 15m이며, 부산신항만 등 일부 터미널의 경우 16m로 개발되고 있다. 8000 TEU급 선박의 설계 흘수가 14m 정도인 점을 감안하면 부산, 광양, 고베, 카오슝, 싱가포르, 홍콩 등 아시아 주요 항만과 함부르크, 앤티워, 필릭스토우 등 유럽의 주요 항만들은 8,000 TEU급 선박을 수용할 수 있다. 그러나 10,000 TEU급 이상의 선박을 고려할 때 흘수 21m에 달하는 Malacca-max 급 선박을 수용할 수 있는 로테르담 항을 제외한 그 외의 항만들은 심각한 수심 제약 문제에 직면하게 된다.

주요 항만들의 겐트리 크레인은 16열 ~ 22열에 달한다. 허치슨 부산 터미널의 경우 최근 16열 크레인을 22열 크레인으로 교체하는 등 선박 대형화 추세에 맞추어 크레인 대형화가 이루어지고 있다. 또한 Maersk/SeaLand, 요코하마 항, 부산신항 등 건설 중인 터미널은 22열 크레인 설치를 계획하고 있다. 따라서, 이들 주요 터미널은 갑판 상 18열을 적재하는 8,000 TEU급 선박과 20열 컨테이너를 적재하는 10000 TEU급 선박을 수용할 수 있다. 그러나 아직까지 28열 규모의 15,000 TEU급 선박을 수용할 수 있는 크레인은 고려되지 않고 있다.

3. 문헌 고찰

3.1 연구의 추세

8,000 TEU 이상 15,000 TEU까지의 대형 컨테이너 선박에 관하여 다양한 관점에서 수행된 연구들은 Table 7과 같이 선박 설계, 컨테이너 하역 시스템, 선박운영 등 3개 분야로 분류될 수 있다.

선박 설계 부문의 연구는 8,000 TEU 이상의 대형 선박에 대한 엔진 추진력의 실현 가능성과 선체구조와 관련된 기술적인 면에 초점을 맞추고 있다. 컨테이너 하역 시스템에 관한 연구는 기존의 포스트 파나막스 선박과 동일한 시간 내에 컨테이너를 하역하기 위해 필요한 시간당 안벽 생산성 300개 이상을 달성할 수 있는 새로운 하역 방식과 개념을 중심으로 하고 있다. 선박 운영에 관한 연구는 운영 측면에서 대형 선박의 경제성과 실현 가능성을 평가하는 것을 목표로 하고 있다.

Table 7 Categorization of literature

분류	연구분야	연구자	연구 대상	초대형 선박에 대한 반응
선박 설계	엔진, 설계	Kraus(1998)	8000TEU	긍정
	엔진, 설계	Wijnolst(1999)	15000TEU	긍정
	엔진, 설계	Prayer(1999,2001)	8000TEU 이상	긍정
하역 시스템	Slip double trolley	Jordan(1997)	660lifts/h	긍정
	High Quay	Mascini(1997)	320lifts/h	
	Slip	Ward(1998)	300lifts/h	
	Docking System	Rankine(1999)	?	
선박 운영	Mega Hub	Monie(1997)	15000TEU	긍정
	항만 제약	McLellan(1997)	15000TEU	부정
	항만 제약	Jeffery(1998)	Mega Ship	부정
	규모의 경제	Gullinane et al(1999)	8000TEU	긍정
	네트워크 효율성	Gilman(1999)	10000TEU	부정
	허브 스포크체계	Haralambides(2000)	Post-Panamax	부정

선박 설계와 하역 시스템에 관한 연구는 초대형 선박에 대하여 상당히 긍정적이다. 반면, 선박 운영에 관한 연구는 긍정적인 측면과 부정적인 측면으로 양분되고 있으며, 전자의 경우 단순히 선박운영에만 제한되어 있으나, 후자의 경우 실질적인 항만의 제약, 피더와 내륙수송 네트워크까지로 연구의 범위를 확대하고 있다. 전체적인 연구 추세는 개념적이고 단순한 분석에서 좀 더 구체적인 분석으로, 제한된 분야의 연구에서 좀 더 광범위한 분야로 진전되고 있다.

3.2 선박 설계부문 연구

Kraus (1998)는 독일의 Howaldtswerke-Deutsche Werft AG (HDW) 조선소, Eurokai 컨테이너 터미널, Germanischer Lloyd (GL) 선급협회 등 8개 기관이 공동으로 수행한 8,000 TEU (전장 338m, 폭 46m, 흘수 14m)급 'Jumbo Container Vessel'에 대한 설계 내용을 소개하고 있다. 먼저 8000 TEU 선박의 사양을 소개하고 이론적인 유체역학 측면의 연구와 1/35로 축소한 모형 선박을 대상으로 실시한 수조실험 결과를 바탕으로 한 최적 선체 및 프로펠러 설계와 추정 선속 26.3노트를 제시하였다. 이어서, GL 선급협회가 실시한 선체강도 및 감항성 분석을 구체적으로 소개하고, 마지막으로 팔레트 단위와 고속 피더선박이 포함된 피더 개념을 소개하였다.

Wijnolst et al. (1999)은 최대 흘수 21m인 말라카 해협의 제약 내에서 가장 큰 선박인 Malacca Max 선박에 관한 연구를 수행하였다. 연구의 배경은 유럽의 주요 항만들이 수용할 수 있는 최대 선박 흘수는 15m이나 로테르담항은 21m 급 선박까지 수용가능하다는 잠재적 경쟁력을 바탕으로 하여 차세대 초대형 컨테이너 선박을 개념적으로 설계하였다. 먼저 현재 최대 제약 요인인 Suez 운하의 준설 및 확장을 가정하여 목표연도를 2010으로 설정하고, 로테르담항과 싱가포르항이 21m 수심 준설에 필요한 재정을 담당하는 것으로 가정하였다. 이어서 Malacca Max 선박의 사양, 선체 구조, 복원성에 대한 구체적인 내용을 제시하고, 선체의 중·횡강도를 분석하였다.

마지막으로 선박 운항비용을 중심으로 경제성을 평가하고 Suez 운하 준설 비용을 도출하였다.

Payer (1999, 2001)는 메가 컨테이너 선박의 설계와 관련하여 구체적인 연구를 수행하였다. 그는 9,200 TEU 선박을 대상으로 한 컴퓨터 모델을 이용하여 선체의 중·횡강도, 화물 적재시의 변이, bending과 torsion에 의한 선체 변형, 헤치 커버와 셸 가이드 지지 등 세부적인 분석을 바탕으로 하여 초대형 선박에 대한 선체구조 문제는 해결되었다고 주장하고, 이들 선박에 대한 한계 중 하나는 선박 엔진이라고 주장하였다. 이어서, 그는 엔진 부문에 대하여 이용 가능한 최대 디젤 엔진 (내경 960 ~ 980 mm 12 실린더, 최대 출력 68,000 kW)과 단일 엔진 기준 최대 선형 및 속도 (8,000 TEU급, 25 노트)를 제시하고, 최근 소개된 대형 엔진 사양을 소개하였다. 또한 쌍엔진(twin engine)의 장·단점을 소개하고, 설계 속도 25 노트를 기준으로 할 때 현재 개발된 엔진 두 개를 장착하면 출력 103,000kW를 얻을 수 있으며 추진 가능한 최대 선형은 18,000 TEU라고 밝히고 있다.

프리펠러와 관련해서 Payer는 직경과 무게 제약을 고려한 최대 직경은 9.5m이기 때문에 8,000 ~ 9,000 TEU 선박 설계에 있어서도 문제가 되며, 흘수 14.5m인 10,000 TEU급 선박의 경우 문제는 보다 심각해질 것으로 지적하였다. 마지막으로 파도의 범람, 갑판적 컨테이너 안전을 포함한 메가 선박의 안전 측면도 논의하였다.

3.3 하역시스템 부문 연구

Jordan (1997)은 기존의 겐트리 크레인의 생산성을 향상시킬 수 있는 방안으로서 'wide gantry crane', 'elevated gantry rail', 'elevated landside platform', 'elevated traffice lanes' 등을 소개하였다. 또한 기존의 단일 트로리(trolley) 대신 두 개의 트로리를 설치하는 'double trolleys'를 제안하였다. 'double trolley' 크레인은 무게가 55 ~ 75톤인 단일 트로리 크레인에 비하여 10 ~ 20톤 정도 무겁고 두 개의 트로리를 통제하는 정교한 시스템이 필요한 반면, 생산성은 시간당 45 ~ 70 moves라고 주장하고 있다. 이어서 그는 일반적인 안벽 하역 방식의 대안으로써 독(dock) 형태의 부두 내에 선박을 접안시키고 양 측면에서 하역을 하는 방식을 제안하였다. 그는 이러한 방식은 많은 문제점을 안고 있지만 선박 당 6기의 'double trolley' 크레인을 할당하여 시간당 660 moves의 생산성을 달성할 수 있을 것이라고 주장하였다.

Mascini (1997)는 8,000 ~ 10,000 TEU에 이르는 미래의 정보(jumbo) 선박을 24시간 내에 하역할 수 있는 서비스 센터의 개발을 목표로 한 'Jumbo Service Centre Project'를 소개하였다. 정보 선박은 대륙 당 2 ~ 3개로 기항 항만이 제한되며, 총 하역시간은 24시간으로 제한되고 시간 당 안벽 하역 능력은 약 320 moves가 필요하다고 가정하고 있다. 이를 달성할 수 있는 한 대안으로써 안벽 크레인이 정보 선박 갑판 높이에 해당하는 수면 상 20m에 위치하는 'high quay solution'이 제안되었다. 'high quay' 상에는 한 시간 하역량에 해당하는 컨

테이너를 적재할 수 있는 일시 장치 공간이 있고 장치장과는 AGV(Automated Guided Vehicle)로 구성되는 'Crane Feeding System'이 구축된다.

Ward (1998)는 네덜란드 Ceres Amsterdam Terminal 계획과 관련된 'two-side container ship operations'의 연구 결과를 소개하였다. 'Ship in Slip' 또는 'Indented Berth'라고 불리는 이 개념은 선박을 도크(dock) 형태의 부두에 접안시키고 선측 양방향에서 하역 작업을 수행하여 시간 당 300 lift의 생산성 달성을 목표로 한다. 본 연구에 있어서 특징은 'double trolley' 등 신기술과 관련된 잠재적 위험 및 불확실성을 제거하기 위하여 기존의 표준 안벽크레인을 도입한다는 것이다. 도크의 크기는 깊이 390미터, 폭 56미터이며, 수용할 수 있는 최대 선박은 컨테이너를 20열까지 배치할 수 있는 길이 340미터 선박이다. 한 척의 선박에 총 9기까지 크레인을 동시에 할당할 수 있으며, 이 가운데 3기는 대형 크레인으로서 22열까지 하역 작업이 가능하나 6기는 소형 크레인으로서 파나막스 또는 대형 컨테이너 선박의 헤치(hatch) 중앙부분까지만 하역 작업이 가능하다.

Rankie (1999)는 창고형 자동화 컨테이너 터미널인 'Docking System'이라는 혁신적인 터미널 디자인을 제안하였다. 도크 형태인 'Ship in Slip'과는 달리 본 시스템은 기존 안벽 부두의 수면 쪽에 잔교(jetty)를 건설하여 선박의 양방향에서 하역 작업이 이루어지게 하는 것이다. 안벽 측의 컨테이너는 AGV에 의해 장치장 창고내의 지정된 장소(slot)로 직접 운송된다. 컨테이너 창고는 기존 장치장 면적의 약 40% 정도의 공간을 필요로 하는 장점이 있으며, Docking System은 기술적인 면에서도 가능하다고 주장하였다.

3.4 선박 운영 부문 연구

Monie (1997)는 15,000 TEU 선박 (길이 400m, 폭 70m, 홀수 14m)인 Mega 선박과 기존의 항만이 아닌 해안에서 떨어진 바다에 입지하는 "off shore" 형태의 Mega 허브 항만으로 구성되는 'Mega ship - Mega hub' 운영 시나리오를 소개하였다. 4개의 메가 허브 항만은 동남아시아, 지중해 서부, 카리브해, 중앙 아메리카의 서부해안 등에 입지하며, 기간항로인 East-West 항로에 메가 선박이 취항하고, North-South 경로에는 250 ~ 6,000 TEU급의 피더 선박이 운항한다. 그러나 메가 선박 운항에 있어서 가장 큰 제약 요인이라고 할 수 있는 컨테이너 하역시스템은 고려하지 않았다. 또한, 대규모 투자를 요하는 4개의 메가 허브 네트워크 구축에 대해서도 투자 위험이 높아서 자금 확보가 어렵다는 점과 현실적으로 대규모 선대를 보유한 주요 선사와 주요 터미널을 운영하고 있는 다국적 컨테이너 터미널 운영업체에 의해 투자가 이루어질 수 있을 것이라는 원론적인 설명에 그치고 있다. 마지막으로 그는 Mega 선박의 경제성과 요구되는 기술의 진전 그리고 메가 허브 개발에 필요한 투자 자금 및 투자주체 확보의 중요성을 강조하고, 실현 가능성에 대해서는 20년 후쯤에 완성될 수 있을 것이라고 결론지었다.

McLellan (1997)은 크레인 제약, Suez 운하 제약, 15,000 TEU 선박 길이 제약 등 선박 대형화의 현실적인 제약 요인을 들면서 운영 측면에서 메가 선박의 비현실성을 주장하였다. 보다 실질적인 논의를 위하여 기존의 표준 선박인 6,000 TEU 선박 9척이 투입되는 North-West Europe/Far East Service 루트에 1,500 TEU 선박 투입을 가정하여 주 운항 일정 (weekly schedule)을 비교하였다. 그 결과 주어진 조건 내에서 표준 선박의 왕복 항해시간은 64일이 소요되는 반면 15,000 TEU 선박은 84일이 소요되며, 요구되는 선대도 표준 선박은 9척인 반면 초대형 선박은 12척으로 나타났다. 이를 바탕으로 15,000 TEU 선박은 주 운항 일정을 맞추기 위해서 추가적인 선박이 필요하며, 선박의 크기가 증가할수록 낮아지던 TEU 당 자본 비용은 다시 증가하기 시작할 것이라고 주장하였다. 또한, 하역 시스템의 한계, 장치장에서 컨테이너 재배치 가능성이 높아짐에 따른 야드 공간 부족 문제, 내륙 수송체계 용량 등 현실적인 측면을 강조하였다.

Jeffery (1998)는 항만 운영 관점에서 메가 선박을 부정적으로 논하였다. 그는 선박 대형화 추세와 배경을 논하면서 충분한 화물을 확보하지 못하여 시장에서 도태된 초대형 탱커선으로 들었다. 그는 정기 선사들은 10년 전과 동일한 형태로 아직까지 4-5개의 유럽 항만에 기항하는 운항 패턴을 유지하고 있으며, 이러한 서비스 일정을 초대형선박에 맞추어 쉽게 수정하지 않을 것이라고 주장하였다.

Cullinane et al. (1999)는 최적의 컨테이너 선박 크기를 평가하기 위하여 TEU 당 일일 고정비용, TEU-mile 당 비용, TEU 당 총 항해비용 (shipping cost) 등 3개의 비용 모형을 개발하였다. 비용은 선박 운항과 관련된 비용에 한정하였으며, 하역 등 터미널 관련 비용과 피더 및 내륙 수송 비용은 제외되었다. TEU 당 재항 비용(재항일 x TEU 당 일일 고정비용 + 항만에서의 유류비용)과 TEU 당 항해비용(TEU-mile 당 비용 x 항해 거리)을 합한 TEU 당 총 비용을 도출하여 선박 크기의 변화에 따른 규모의 경제를 비교 분석 하였다. 이를 바탕으로 3개의 주요 east-west 항로(각각 4,000, 8,000, 11,500 마일인 Europe-Fareast, trans-Pacific 과 trans-Atlantic)를 대상으로 항로 길이에 따른 민감도 분석을 수행한 결과 'Europe-Fareast'와 'trans-Pacific' 항로에서는 8,000 TEU 이상의 선박에 대한 규모의 경제 효과가 있는 것으로 나타났으며, 항로의 길이가 짧은 'trans-Atlantic' 항로에서는 최적 선박 크기가 5,000 ~ 6,000 TEU 정도인 것으로 나타났다.

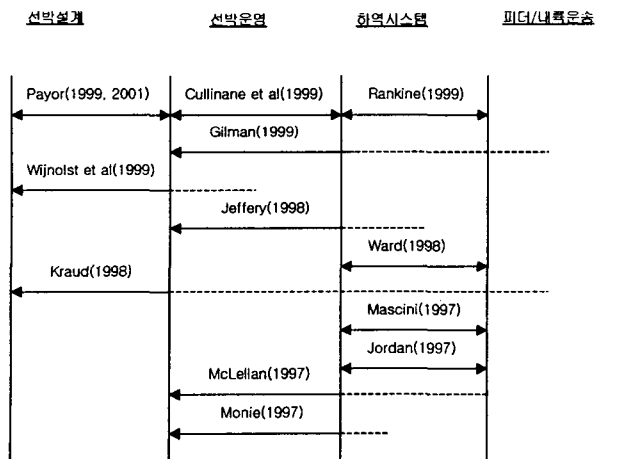
Gilman (1999)은 컨테이너 선박의 규모의 경제 효과는 항만 하역과 전체 운송 네트워크를 고려할 때 10,000 TEU 이상의 선박에서 점점 약화될 것이며, 기존의 'end to end' 서비스 (pendulum 형태 포함)는 해상운송의 기본 운항 패턴이 될 것이고, 'hub and spoke' 운영은 전체 운영 형태의 일부분에 그칠 것이라고 주장하며 15,000 TEU 선박의 실현 가능성에 대하여 반박하였다. 기존의 'end to end' 서비스와 'hub and spoke' 서비스 형태의 비용을 비교 평가하기 위하여 로테르담을 중심으로 one port 전략과 multiple port 전략을 비교하는

간단한 분석을 실시하여 그의 주장을 입증하였다. 또한 초대형선 운항에 있어서 필수적인 피더 선박에 대해서는 피더선으로의 환적에 상당한 시간이 소요되며, 효율적인 피더 수송 체계를 안정적으로 확보하는 것이 어렵다는 점을 강조하였다. 결론적으로 10,000 TEU 선박(폭 32m, 전장 320 ~ 350m, 최대 흘수 약 14.5m)의 경우 기존의 운항 패턴을 유지할 수 있고 주요 항만의 접근수로, 컨테이너 터미널 등의 시설 투자가 필요하지 않으나 15,000 TEU 급 선박은 새로운 항만 하역시스템을 필요로 하기 때문에 실현에 많은 제약이 있다고 주장하였다.

4. 연구의 한계 및 주요 쟁점

4.1 연구의 범위 측면

연구의 범위 측면에서 볼 때 대부분의 기존 연구는 Fig. 1과 같이 부분적인 연구라고 할 수 있다. 선박 설계에 관한 연구는 선체구조와 선박 추진력에 한정되었으며, 선박 운영과 관련된 현실적인 측면은 고려하지 못하였다. 컨테이너 하역시스템에 관한 연구는 터미널 운영의 실질적인 제약에 대한 고려와 구체적인 평가 없이 새로운 하역 개념을 소개하는 데 그치고 있다. 이에 비하여, 운영측면에 관한 연구는 비교적 구체적이며, 항만 하역, 피더와 내륙수송의 분야를 포함시키려고 시도하였다.



주: 점선은 관련 문헌을 인용하거나 단순 분석을 수행한 경우를 의미함

Fig. 1 Scope of Studies

또한 연구 방법 측면에서 볼 때 선체 설계 및 엔진 추진력에 관한 일부 연구를 제외한 대부분의 연구들은 실증적이고 분석적인 측면이 극히 부족하다. 하역시스템 부분의 경우 실증적이고 분석적인 연구는 없다. 운영에 관한 연구 중에서 Cullinane et al. (1999)은 단지 선박 비용만을 포함한 비용 모델에 기초한 연구를 수행하였으며, Gilman (1999)은 피더와

내륙수송을 포함한 수송 네트워크의 효율성 평가에 있어서 단순 운영 시나리오를 바탕으로 비용 분석을 수행하였다. Kraus (1998)는 trans-ocean 네트워크 시뮬레이션의 결과를 소개하였지만, 세부적인 네트워크, 분석절차와 시뮬레이션 모델 등은 제시하지 않았다.

4.2 연구 내용 측면

1) 선박설계

선박 설계 부문의 연구 결과는 15,000 TEU급까지의 초대형 선박은 추진력, 선체 구조 등과 같은 기술적인 측면에서 실현 가능하다는 점에 모아진다. Table 8과 같이 하역 시스템과 운영 측면은 아직까지 매우 불확실한 반면 쌍 엔진(twin engine) 장착을 전제로 한 선박 추진력과 선박 설계에 관한 문제는 입증되었다고 할 수 있다.

Table 8 Risk elements and degree with Mega hub and ship

		대상	불확실성 정도	비고
선박설계	엔진 추진력		낮음	기술 입증
	선체			
하역시스템		300 lifts/h 이상 생산성	높음	기수적, 운영적 제약 존재
운영	선박	10,000TEU급 선박의 수송 네트워크 효율	높음	하역, 피더, 내륙수송 비용 높음
	항만	허브 항만 개발	아주 높음	투자비 확보 불확실

그러나, 엔진 대형화 및 쌍 엔진 장착에 따른 기관실 공간 증대로 인한 선체 강도 문제, 운항 중 유지 보수 문제 등 현실적인 제약은 검토 되지 않았다. 80,000kW급 엔진의 경우 길이 28m 이상, 무게 2,400톤 이상에 달하며, 엔진 길이는 엔진 자체 강도 문제와 선체와의 결합 문제를 야기할 수 있으며, 엔진 무게는 엔진을 지탱하는 선체 강도 문제를 야기할 수 있다. 또한, 8,000 TEU급과 15,000 TEU급 선박의 폭은 각각 46m, 60m에 달하기 때문에 엔진룸은 아주 넓어지게 되며, 이에 따라 기관실을 구성하는 선체 강도 문제가 야기 될 수 있다.

쌍 엔진 기관의 경우 운항 중 주 기관과 보조기관의 정비를 위한 인력과 시간은 기존 엔진에 비하여 거의 2배 정도 필요하게 된다. 그러나, 정박 시간이 2배로 늘어나는 것이 아니기 때문에 항구에서 외부의 정비 작업 지원과 항해 중 정비 및 운용인력의 충원 없이는 정상적인 기관 운전이 어렵게 될 것이다.

2) 하역 생산성

문헌에서 제안된 8,000 TEU 또는 10,000 TEU 이상의 메가 선박을 위한 하역시스템의 시간당 하역 능력은 약 330 moves 또는 660 moves로 제시되었으나 이는 기존 포스트 파나마급 선박과 동일한 재항시간을 맞추는데 필요한 이론적인 수치일 뿐이다. 즉, 실현 가능한 하역 능력이 아닌 실현해야 할 목표치이다. 이와 관련하여 기술적인 측면이 입증되지 않은 경우가 많을 뿐 아니라 안벽 크레인 운영 및 장치장 운영과 관

련된 운영 측면은 전혀 고려되지 않았다.

제시된 것처럼 전장 300m 이상의 선박에 약 5-6기의 크레인을 동시에 할당할 경우 헤치(hatch) 별 컨테이너 배치의 불균형으로 인하여 크레인 수가 증가하면 할수록 크레인 이용율은 감소할 수 밖에 없다. 따라서, 이러한 점을 고려하여 크레인 수가 증가함에 따른 작업 효율 감소율을 적용하여 실질적인 하역 능력을 산정할 필요가 있다.

3) 장치장 운영의 제약

장치계획과 선박 적부계획 그리고 관련된 운영에는 많은 제약이 따르며(Chen, 1999 참조), 야드 장치계획과 운영은 컨테이너 재배치와 야드 장비와의 작업거리를 최소화시키는 여러 가지 규칙 하에서 수행된다. 계획 수립에 있어서 일반적으로 컨테이너는 적화선박, 목적지, 컨테이너의 종류(20', 40', 45'), 화물 형태(일반, 냉동, 위험화물), 화물 무게(중량, 경량), over-dimension, 수송형태(환적, 철도 수송, CFS) 등 7가지의 형태로 그룹화 된다.

장치계획과 통합되는 선박 적부계획은 더욱 복잡한 제약과 규칙 하에서 수행된다. 선적 작업 순서는 장치장 장비의 작업 순서와 선박 상의 수평적, 수직적 작업순서와 일치해야 하며, 컨테이너의 형태, 특수 컨테이너(over-dimension, break-bulk, 냉동, flat-rack), 적재 위치(under deck, on deck, under water line), 공컨테이너 등에 따른 일괄 작업이 가능하게 이루어져야 한다. 적부 계획은 선박 안정성이 전제되어야 하며, 더욱이 이와 같은 계획은 동일 선사에 의해 운항되는 모든 선박에 일관성 있게 이루어진다.

이런 관점에서 선박 양측 하역시스템 및 'double trolley' 크레인은 많은 문제점을 안고 있다. 선박 양측으로 장치장이 분할되기 때문에 장치계획 및 선박 적부계획과 하역 작업에 있어서 기존 방식과 다른 방식이 요구된다. 또한 운영에 있어서도 이송 장비의 작업거리가 증가하여 소요되는 장비와 인력이 증가하게 되어 터미널의 효율성과 선박 크레인의 생산성을 감소시킬 수 있다.

4) 경제적 측면

기존 연구에 있어서 대표적인 컨테이너 하역시스템 개선 방안은 'double trolleys'를 포함한 대형 크레인과 'docking methods' 2가지 형태이며, 이들은 상당한 비용 증가를 가져온다. 대형 크레인은 크레인 자체와 안벽 구조의 강도와 관련된 추가적인 비용을 초래한다. 예를 들면 크레인 크기를 13열에서 17열로 증가시킬 경우 outreach를 38m에서 48m로 증가시켜야 하며, 안벽 최대 강도를 8500kn에서 11600kn으로 증가시켜야 한다 (Rankine, 1999). 'double trolley' 역시 일반 크레인보다 무게가 10 ~ 15톤이 추가되고, 크레인의 다리 간격이 넓어지기 때문에 더 많은 공간을 차지하게 된다.

'indented quay' 방식 역시 크레인, 인력 그리고 하부시설과 관련된 상당한 추가 비용이 요구된다. 선박 1척을 기준으로 할 때 indented 안벽은 기존 안벽보다 두 배 이상 길며, 크레

인 수 역시 기존 안벽의 두 배 이상이 된다. 게다가 독크 수심은 선박의 진·출입 시 수위 변동을 감안하여 기존 안벽 수심 15m보다 훨씬 깊은 20m 정도가 되어야 한다.

부산신항을 기준으로 할 때 3기의 크레인과 안벽길이 350m인 터미널의 총 연간 비용은 15,991,051\$이며, 연간 처리량을 300,000 TEU로 가정하면 TEU 당 비용은 53.3\$ 이다. 크레인을 3기에서 6기로 증가시키면 연간 장비 가격 1,761,894\$, 인건비 466,050\$, 운영비 524,450\$ 등 총 2,754,391\$의 추가비용이 발생하여 총 비용 대비 17.2%의 비용이 증가한다. 안벽 길이 또한 비용 증가에 상당한 영향을 미친다. 안벽길이가 두 배가 될 때 순수 안벽 공사비는 2,413,303\$ 증가하여 총 연간비용 대비 15.1%가 증가한다. 만약 선석 확장과 관련된 준설, 포장 등과 같은 요소들을 고려한다면 비용은 더욱 증가할 것이다. 이러한 비용 증가는 해상 구간에서 얻을 수 있는 메가선박의 경제적 효과를 상쇄 시킬 뿐만 아니라 항만의 경쟁력을 약화시키는 결과를 가져 올 것이다.

5) 미래 항만 네트워크와 투자 주체

Monie (1997)는 피더 선박을 유지하면서 4개의 메가 허브를 가진 Ease-West 루트와 North-South 연결 루트에 15,000 TEU 선박을 도입하는 시나리오를 제안하였다. 이 연구에서의 의문점 중 하나는 과연 몇 개의 허브가 네트워크 효율성 관점에서 적절한가이다. 일반적으로 컨테이너 선박은 내륙운송, 피더운송, 항만운송 등을 포함하는 전체 컨테이너 수송 체인의 일부에 불과하므로 실현 가능한 미래 항만 네트워크는 전체 수송체인 관점에서 고려되어야 한다.

메가 허브와 관련된 또 다른 문제는 재원조달을 들 수 있다. 100% 환적 기능을 수행하는 대규모 허브 항을 'off-shore'로 만들 경우 소요되는 자금의 규모와 사업의 높은 불확실성으로 인하여 재원조달은 현실적으로 불가능 할 것이다.

6) 선박 운영

메가 선박 운영은 여러 가지 측면에서 아직까지는 불확실하다. 첫째, 선박이 대형화 될수록 선복을 채울 수 있는 화물의 확보가 쉽지 않으며, 선적율이 낮을 가능성이 크다. 이와 관련하여 적정 선적률은 주요 선사들의 얼라이언스(alliance)에 의해 이루어질 것이라는 점이 제시되고 있을 뿐이다. 둘째, 메가 선박을 중심으로 하는 수송체계는 기존 포스트 파나막스급 선박에 비해 피더 선박에 대한 의존도가 높아지기 때문에 수송 체인에 있어서 경로수를 증가시키는 결과를 가져와서 수송시간의 신뢰성을 떨어뜨리게 된다. 이것은 신뢰성을 높이고, 수송시간을 줄이기 위해 'total supply chain'에서 chain의 수를 감소시키는 것을 핵심으로 하는 물류 관리 추세에 역행하는 것이다. 마지막으로 메가 선박의 재항 시간을 포스트 파나막스급 선박과 같은 수준으로 유지한다는 것은 전술한 바와 같이 제시된 하역시스템은 입증되지 않은 상태이기 때문에 극히 불확실하다.

5. 결론 및 추후 연구 방향

본 논문은 최근 논란이 되고 있는 초대형 컨테이너 선박에 대한 문헌을 고찰하여 현황과 한계를 밝히고 연구 방향을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 선박 및 항만의 대형화 추세를 살펴보고 관련 문헌을 선박 설계, 컨테이너 하역 시스템 그리고 선박 운영 부문으로 구분하여 고찰하였다.

선체 강도와 엔진 추진력에 초점을 맞춘 선박 설계 부문의 연구들은 8,000 TEU급 이상의 초대형 선박은 기술적으로 가능하다는 방향으로 결론 내리고 있다. 컨테이너 하역시스템에 관한 연구는 시간당 300 lifts 이상의 생산성을 달성할 수 있는 새로운 개념을 소개하였으나 실현 가능성은 입증하지 못하였다. 운영 부문의 연구는 일반적으로 선박 규모의 경제성, 항만 네트워크의 형태와 메가 허브의 개발에 따른 문제점과 같은 3가지 관점에서 도출되었다. 즉, 10,000TEU 선박까지는 대부분의 주요 환적항에서 수용 가능하지만, 하역 시스템의 근본적인 해결을 요구하는 15,000 TEU 선박의 실현 가능성은 불확실하다. 또한, 현재의 'end to end' 서비스 형태는 지속될 것이며 'hub and spoke' 운영은 전체 서비스에서 부분적으로 수행될 것이다. 그리고, 메가 허브는 내재하는 불확실성으로 인하여 투자 제원 및 투자 주체를 확보하기가 쉽지 않을 것이며, 메가 선박의 경제성은 결국 피더 네트워크와 내륙 수송의 효율성에 의해 좌우된다.

이러한 한계점을 바탕으로 하여 향후 연구 방향은 크게 두 가지로 제시할 수 있다. 첫째, 각 부문별 세부적인 연구가 필요하다. 선박 설계 부문의 경우 엔진 대형화 및 쌍 엔진 기관 도입에 따른 기관실 부분의 강도 문제와 운항 중 필요한 기관 유지 보수 문제에 대한 구체적인 검토가 필요하다. 특히, 유지 보수 문제는 인건비 증가의 요인이 되기 때문에 대형선의 경제성 평가에 있어서 필히 고려되어야 한다.

하역시스템의 경우 실제 터미널 상황을 바탕으로 한 능력 평가가 필요하다. 선박 크기별, 하역시스템별 현실적인 운영 시나리오를 바탕으로 시뮬레이션 기법을 적용할 수 있을 것이다. 즉, 선택된 네트워크 상에 있는 항만에 대해서 선박 도착 패턴, 컨테이너 화물 특성, 선박 당 평균 적양하 컨테이너 수, 크레인 할당, 크레인 재원 등의 자료를 수집하고, 야드 장치, 선박 적부 및 크레인 할당에 관한 일반적인 규칙을 바탕으로 한 시뮬레이션 분석이 필요하다. 시뮬레이션을 통하여 새로운 하역 시스템의 크레인 생산성, 크레인 이용률, 선박 작업시간 등을 평가할 수 있다.

선박 운영과 관련해서는 주요 항로별 얼라이언스 등 운영 시나리오를 통한 화물 확보 방안, 기항지별 평균 하역 컨테이너 규모 등에 대한 평가가 필요하다. 운영 시나리오는 현재의 상황을 반영하는 기준 점과 초대형 선박을 대상으로 하는 대안으로 구성될 수 있다. 기준 점은 대상 경로에 대한 현재의 'end to end' 서비스에 있어서 사용되는 선대와 스케줄을 나타내며, 대안은 허브 항과 초대형 선박을 중심으로 하는 메가 허브 네트워크를 나타낸다.

둘째, 해상운송, 항만운송, 피더운송, 내륙운송 등을 포함하는 컨테이너 종합 수송체계 관점에서 기존의 포스트 파나막스급 선박과 초대형 선박의 서비스 수준 및 총비용을 평가하는 연구가 필요하다. 서비스 수준은 주로 해상과 항만에서의 수송시간 및 수송시간의 신뢰성에 의해 좌우되는 선박 회전시간 및 서비스 빈도에 관한 것이다. 총 수송시간은 송화인 측의 내륙수송과 피더수송, 해상수송, 수화인 측의 내륙수송과 피더수송 등 각 링크별 표본 자료를 수집하여 분석할 수 있다. 출발지와 도착지의 재항 시간은 하역 작업 시뮬레이션을 통하여 도출할 수 있다. 또한 경로별, 링크별 수송시간의 표준편차 또한 수송시간과 동시에 도출할 수 있다.

총비용 분석의 경우 선박 건조비, 운항비, 하역비, 피더운송비, 내륙운송비 등을 포함하는 총비용모형이 개발되어야 하며, 실제 비용 구성요소는 파나막스급 선박을 포함하는 수송 네트워크와 초대형선을 포함하는 네트워크에 따라 달리 구축되어야 한다. 또한 총비용모델을 이용한 다양한 형태의 민감도 분석을 통하여 초대형 선박의 경제성을 평가할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 한국컨테이너부두공단 (2000), 부산항 ODCY 이전에 따른 컨테이너화물 유통체계 정비 및 개선 방안에 관한 연구.
- [2] 해양수산개발원 (2000), 해운산업 중장기 발전계획 수립 (공청회 자료)
- [3] Blackstone, C. (1998), "The Container Terminal Warehouse", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Antwerp, Belgium, May.
- [4] Chen, T. (1999), "Yard Operations in the Container Terminal - a Study in the 'Unproductive Moves'", MARIT. POL. MGMT., Vol. 26, No. 1, pp. 27-38.
- [5] Cullinane, K., Khanna, M. (1999), "Economies of Scale in Large Container Ships", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 33, Part 2, pp.185-208.
- [6] Gilman, S. (1999), "The Size Economics and Network Efficiency of Large Containerships", International Journal of Maritime Economics, Vol. II, No. 1, pp.1-16.
- [7] Haralambides, H. E. (2000), "A Second Scenario of the Future of the Hub-and-Spoke System in Liner Shipping", Latin Port & Shipping 2000 Conference & Exhibition, Miami FL., USA.
- [8] Jeffery, D. (1998), "Bigger Vessels and Port Constraints", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Dubai, October.
- [9] Jordan M.A. (1997), "Super Productive Cranes", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Barcelona, June.

- [10] Kraus, A. (1998), "Jumbo Container Vessels and Fast Feeders", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Antwerp, Belgium, May.
- [11] Mascini, H. (1997), "The Terminal of the Future: FAMAS", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Barcelona, June.
- [12] McLellan, R. G. (1997), "Bigger vessels: How big is too big", MARIT. POL. MGMT., 1997, Vol. 24, No. 2, pp.193-211.
- [13] Monie, G. de (1997), "The future is mega hubs", Cargo Systems, August, 1997.
- [14] Payer, H. (1999), "Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8000 TEU and Beyond", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Genoa, June.
- [15] Payer, H. (2001), "Technological and Economic Implications of Mega Container Carriers", forthcoming.
- [16] Rankine, G. (1999), 'Innovative Terminal Design - Developing Docking Systems, Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Genoa, June.
- [17] Ward, T. (1998), 'Two-sided Container Ship Operations, Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Dubai, October.
- [18] Wijnolst, N., Schlotens, M., Waals, F. (1999), Malacca-Max - The Ultimate Container Carrier, Delft University Press.
- [19] www.bestengine.co.kr
-
- 원고접수일 : 2002년 8월 2일
원고채택일 : 2002년 9월 11일