차세대 고속해상수송을 위한 초고속선 개발

양 승 일 〈선박해양공학연구센터〉

경제사회가 발전함에 따라 생산과 소비 활동에 필수적인 물류의 중요성이 강조되어 수송체계의 효율화, 다양화, 고속화가 요구되고 있다.

특히 세계물동량의 대부분을 담당하는 해상수송분야에서는 수송시간의 단축이 제기되고 있으며, 이러한 해상물류의 고속화를 위하여는 빠르고 대형인 해상수송시스템이 우선적으로 개발되어야 할 것이다.

초고속 여객선

지난 30여년간 국제여객선 시장에서는 고속여객선이 급속한 신장을 이룩하였으며, 앞으로도 첨단기술의 개발 활용으로 고속 자동차여객선을 중심으로 한 국제 페리시황이 적어도 2005년까지는 증가 추세일 것으로 전망되고 있다.

최근 10여년간의 고속여객선의 건조실적을 보면, 35척('85년), 42척('86년), 53척('87년), 62척('88년), 68척('89년), 66척('90년), 61척('91년), 55척('92년), 66척('93년), 65척('94년), 68척('95년), 74척('96년)으로 매년 꾸준한 증가 추세임을 알 수 있으며 이 중 30% 정도는 호주 조선소들에서 건조 수출(약 5억불)되고 있다.

또한 고속여객선의 시장을 보면, 유럽시장은 '88년의 전세계시장의 55%에서 '95년의 16%로 소강감소상태인 반면, 아시아 시장은 '88년의 24%에서 '95년의 55%로 급증되고 있다. 고속여객선 시장규모도 21세기 초에는 년간 30~40억불 규모에 이를 것으로 전망되고 있다.

초고속 화물선

지난 반세기동안 조선기술의 급격한 발전으로 대형전용선에 의한 대량수송과 초대형 콘테이너선에 의한 합리적 수송, 하역이 실현되었다. 반면에 이러한 장거리 대량수송의 화물을 낮은 비용으로 수송하는 해상수송에 자동차수송과 항공수송과 같은 고속성과 편리성이 요구되고 있다.

일본에서는 트럭수송으로부터 연안해운수송으로의 수송 modal shift가 제기되고 있고, 이에 따라 종래 선박의 2배이상의 속력으로, 항공기나 트럭보다 다량의 화물을 합리적인 운임으로 수송할 수 있는 신형식 초고속 화물선의 개발 계획이 수립된 바 있다.

호주에서도 호주-동아시아간 항로에 속력 40노트, 화물적재 1,250톤의 고속화물선의 개발 타당성을 검토한 바 있으며, 화물가치가 A$10/kg (약 US$ 7.5/kg) 이상인 화물을 경제성 있는 주요 수송 대상으로 거론한 바 있다.

특히 일본운수성은 「신세대를 짊어질 선박 기술개발의 본연의 자세에 대해서」란 보고에서 "Challenge Ship 21계획"을 수립하여 앞으로 추진해야할 중요 첨단기술개발과제로서 27개 과제를 제시하였는데, 그중에는 차세대 해상수송시스템으로 「신형식 초고속선 개발」과 「신형식 수송시스템 개발」이 포함되어 있다.

초고속선 핵심기술

초고속선은 기존선박과 달리 파랑중에서도 고속안전운항을 해야 하므로 특별히 해결해야 할 기술과제가 있다.

첫째로 획기적인 추진성능과 내항성능을 갖는 초고속선형이다. 이 선형은 파랑중 고속항주하며 과도한 동요가 없고, 큰 선속저하를 일으키지 않는 내항성능이 우수한 선형이어야 한다. 참고로 지난 4년간 건조된 고속여객선의 선형은 다음과 같다.

	'93	'94	'95	'96
Catamaran	49	46	45	51
Monohull	12	10	13	22
Hydrofoil	4	5	6	1
Hovercraft	—	—	2	—
SES	1	4	2	—
계	66	65	68	74

일반적으로 선체 중량을 지지하는 방식으로 부력지지방식, 양력지지방식, 공기압력지지방식이 있는데, 이중 한 지지방식을 단독으로 이용하는 선형은 이미 많이 존재하고 있으나 각 지지방식의 장단점에 따라 성능상의 한계가 있어 대형화, 고속화 수단으로 불충분하다. 따라서 각 지지방식의 우수한 요소를 잘 조합한 새로운 개념의 복합지지 선형이 개발되어야 한다.

둘째로 경량화에 적합한 재료와 선체구조이다. 파랑중 고속항주하는 초고속선의 선체구조는 경량이며 필요한 강도를 갖는 새로운 구조방식으로서 초고속선의 설계하중, 구조응답, 구조양식, 선체진동, 강도평가, 고강도 구조재료 등이 연구되어야 한다.

셋째로 대출력, 고효율, 경량의 추진시스템이다. 신뢰성이 높고, 안전성이 우수한 고출력 추진시스템의 설계기술을 구축하기 위해 가스터빈 등의 주기관, 감속장치를 포함한 동력전달기구, 물제트 펌프를 포함한 추진시스템이 연구되어야 한다.

끝으로 고속으로 항해하는 선체자세를 확실하게 제어하는 시스템이다. 파랑중 안정항주를 확인하고 파랑중 선체동요를 완화시키는 선체자세제어시스템을 개발하기 위해 제어시스템의 구성과 알고리즘, 수중익 구동장치, 시뮬레이션기법 등이 연구되어야 한다.

대형 초고속선 개발

50노트급 대형 초고속화물선에 대한 일본과 한국의 개발자료를 소개한다.

일본운수성은 물류의 고속화를 위해 고속해상수송시대에 맞는 혁신적인 화물수송 방식을 실현하기 위해 속력 50노트, 화물적재 1,000톤, 항속거리 500해리, 그리고 거친 바다에서 운항가능하여야 한다는 목표를 갖는 신형식 초고속화물선(Techno Superliner) 개발계획을 수립하였다. 1989년부터 1992년까지의 1단계 연구에서는 설계기술 확보를 위한 이론적 연구와 실험적 해석, 시뮬레이션 등의 요소기술을 연구하였고, 1992년부터 1994년까지의 2단계 연구에서는 요소기술결과를 실증하기 위해 실해역에서 항주할 수 있는 크기의 모형선을 설계, 건조하고 실제로 해상시험을 수행하였다.

1단계의 연구항목은 선형성능연구, 선체구조연구, 신재료연구, 추진전달계연구, 선체자세제어시스템연구, 전체시스템종합연구등 6가지 요소연구이다.

고속화에 한계가 있는 배수량형 선박이나 대형화에 한계가 있는 수중익선과 호버크라프트와 같은 종래 선박과는 다른 개념의 새로운 선형을 개발하였다. 즉, 부력과 양력을 조합한 양력식 복합지지선형(TSL-F)과 부력과 공기압력을 조합한 공기압력식 복합지지선형(TSL-A)을 개발하였다. 즉, 상부선체, 하부선체, 수중익, 스트럿으로 이루어진 TSL-F는 물에 잠긴 하부선체에 의한 부력과 수중익에 의한 양력으로 지지되는 양력식

복합지지선형이다. 그리고 상부구조, seal, air cushion실, 수중 fin으로 구성된 TSL-A는 선체 부력과 air cushion 압력으로 지지되는 공기압력식 복합지지 선형이다.

TSL은 모두 가스터빈과 물제트펌프추진을 채용하고, 연료는 경유를 사용하며 주요치수는 다음과 같다.

* F형: LBDd는 72×37×18.6×12m(take-off 상태, 9.6m), 총 톤수 4,000톤, 정수중 속력 50노트, 항속거리 500해리, 최대적재량 1,000톤(150TEU), 연료중량 400톤 그리고 주기연료 소비량은 36 ton/h(주기 20만 마력).
* A형: LBDd는 127×27.2×11×1.4m(off-cushion:5m), 총 톤수 7,000톤, 정수중 속력 50노트, 항속거리 500해리, 최대적재량 1,400톤(200TEU), 연료중량 250톤 그리고 주기연료 소비량은 17.6 ton/h (47.5노트, 주기 9만9천마력).

운항비의 조건은 선가를 F형:약 150억엔, A형:약 120억엔으로 추정할 때 예비주기 비용은 F형:약 12억엔, A형:약 6억엔이고, 연간 선박수리비는 F형: 약 4억엔, A형:약 4.4억엔으로 추정되고 있다.

2단계에서는 실해역모형선을 건조하였는데, TSL-F형 모형선("Hayate호")은 실선의 1/6크기 (길이 17.1m, 주기관 가스터빈, 물제트추진기, 총톤수 30톤)로 제작되었다.

TSL-A형 모형선 ("Hisho호")은 실선의 약 $\frac{1}{2}$ 크기 (길이 70m, 주기관 가스터빈, 물제트추진기, 총톤수 1,427톤)로 제작되었다. 두 실해역 모형선에 의한 실해역 시험으로 최고속력, 파랑중 (유의파고 6m) 안정고속항주, 파랑중 선속저하와 선체동요, 선체자세제어, 선회성능, 파랑하중 및 선체구조응답등에 관한 연구를 수행함으로써 TSL의 개발목표를 확인하였다. 1995년에는 Hisho호에 콘테이너화물을 실제로 적재하여 일본 연안항로간 안전운항과 콘테이너 고속하역등 실용화를 위한 실험을 수행하기도 하였다.

국내에서는 선박해양공학연구센터가 1991년에 초고속선 개발 타당성을 검토한 이후, 1992년부터 1994년까지 복합지지선형, 초고속 저항추진성능, 초고속 운항자세제어등 초고속선 요소기술을 연구하였다. 1994년부터 1997년까지 콘테이너 200TEU 적재 초고속화물선의 설계, pod형 물제트추진시스템 설계, 운항자세제어시스템 설계 등을 수행하였다. 그리고 유인시험선의 설계, 건조, 실해역시험도 수행하였다.

설계된 초고속화물선은 길이 80m, 폭 37.2m, 깊이 16.5m, 흘수 12.5m, 속력 50노트, 항속거리 750해리, 최대적재 1,500톤(200TEU)으로서, 하부선체에 의한 부력과 수중익에 의한 양력으로 50%씩 선체중량을 지지하도록 설계되었다.

유인시험선("나래호")은 실선의 $\frac{1}{8}$ 크기 (길이 10m, 물제트추진기)로 제작되었으며, 1997년 여름 남해안에서 수행한 일련의 실해역 시험으로부터 설계속력, 선체자세제어성능, 조종성능, 물제트추진성능 등에 관한 연구결과를 확인하였다. 또한 나래호의 성능확인을 통해 설계선박(200TEU급)으로 국내항로에서는 부산-인천항을 8시간에, 경인운항 완공시는 부산-서울간을 9시간에 운항이 가능하고, 동아시아 지역 중심항(hub port)으로서 중국, 러시아, 일본, 대만간의 단기간 운항도 가능할 것으로 예상된다.

또한 국내 조선소에서도 초고속선에 관한 연구개발을 활발히 해오고 있으며, 이는 따로 소개될 특집내용을 참고 바란다.

초고속선의 실용화

초고속선의 실용화는 초고속 해상물류시스템 차원에서 추진되어야 하며, 신형식 초고속선과 신형식 수송시스템이 잘 조화되어야 한다. 실용화를 위해서 우선적으로 초고속선의 안전운항이 확보되어

야 한다. 이를 위해 초고속 운항 시뮬레이션을 구축하여 야간, 항만체증, 해역체증 등 모든 조건하에서의 고속운항 시뮬레이션으로 초고속운항의 안전성 평가법을 확립해야 하고, 충돌예방을 위한 첨단레이더 등 고속운항 지원시스템도 갖추어야 한다.

둘째로 초고속선을 위한 수송지원시스템도 확보되어야 한다. 예를 들면, 항내 고속운항 시뮬레이션으로 항로폭, 부표위치, 계류, 접안, 터미널은 물론 초고속화물선에 대응되는 전천후형 고속하역장치, 급유시설, 급수시설, 전기공급시설 등의 항내지원시스템도 구축되어야 한다.

끝으로 초고속선의 운항을 위한 선박안전, 해상충돌예방, 해상교통안전, 선원 등에 관련된 여러 법규도 보완되어야 한다.

참고로 일본에서의 TSL의 실용화를 위한 연구를 소개하면, 미쓰비시중공업과 NKK는 Ship & Ocean 재단의 지원을 받아 TSL-안벽간을 수평으로 이동하는 고속수평하역시스템을 공동 개발하여 실증실험을 수행한 바 있다. TSL에 대응하는 하역시스템으로 콘테이너 하역에 1시간(싣는 것 150TEU, 내리는 것 150TEU), 야드로의 반입에서 반출까지 2시간이 예상되는 고속하역시스템이 개발되었다.

TSL에 대응한 항만조건은 수심이 A형(홀수 5m)에서는 79m, F형(홀수 12m)은 14m이고 야드는 3~4ha(안벽길이:160~200m, 폭:160~200m) 규모가 필요하다.

이어서 일본에서는 TSL 실용화 촉진정보센터가 1992년에 설립되어 운수성, 지방정부, 민간단체 등이 TSL 실용화를 진행해오고 있다. 특히 육로수송의 정체심화와 배기가스 등으로 트럭수송에서 해상수송으로의 modal shift가 적극 고려되고 있으며, 특히 운수성에서는 1996년에 TSL의 실용화를 위한 종합조사를 하였다.

TSL-A형의 첫 실용화선은 승객 300인+차 31대의 40노트급 페리 ("Kibo호")로서, 지진 등 긴급시에는 방재선의 역할을 할 수 있다고 한다. 앞으로 화물 1,400톤 적재, 총톤수 7,000톤, 선속 45노트급의 실용화가 본격화 될 것이고, 운수성은 실용화 지원으로서 항만의 최적고속하역시스템 설치를 구체화하고 있으며, 실제로 13개 항로에 TSL 운항을 기대하고 있다고 한다. 또한 2천년 여름 운항을 목표로 사업회사를 '98년에 설립한 예정이라 한다. 실용화에 있어 건조비의 절감, 연비의 개선 등이 주요 관건으로서 현재 추정건조비 120억엔 대(A형)를 100억엔 이하로 절감시키는 것이 최대 과제이다.

이상에서와 같이 21세기의 고속해상교통수단으로 등장할 초고속화물선의 필요성, 핵심기술, 개발실적, 실용화에 대하여 소개하였다. 더 나아가 해상급유를 고려한 태평양항로용 대형초고속화물선도 여러분야의 고도기술력과 집중적개발비 그리고 산·학·연·관의 추진체계로 가능할 것이다.

세계물동량의 대부분이 해상수송으로 이루어지고 있어 초고속화물선의 등장으로 21세기에는 door-to-door 서비스의 일관된 물류시스템이 우리 곁에 다가올 것으로 기대해 본다.

아울러 초고속선 기술은 조선산업의 고부가가치화를 통한 국제경쟁력을 강화시키고 우리나라 조선산업의 미래 조선산업에서의 주도적 역할 수행에 기여할 것으로 보인다.

양 승 일

- 1945년 6월 20일생
- 1985년 서울대 공학박사
- 1993년~현재 선박해양공학연구센터 책임연구원
- 관심 분야 : 선박유체(저항추진)