

## 시운전결과를 이용한 소형Tanker의 추진성능 향상에 관한 연구

김경준

조선 및 해양공학과

### <요 약>

본 논문에서는 최근 건조된 실적이 있는 소형tanker선형을 대상으로 자료를 조사하여, 그 중 동형급의 2개선형을 선별하여, 저속비대선과 관련된 기존의 저항 및 추진에 관한 일반이론을 고찰하고, 실적선의 시운전 결과를 비교 해석함으로써 소형Tanker의 합리적 설계 및 선형 개발의 동기가 부여될 수 있게 하였다.

실적선에 해당하는 공시선은 청구조선공업(주)에서 최근에 건조한 DWT 3750ton class tanker 6척을 공시선A군(2척) 및 공시선B군(4척)으로 구분하였으며, 공시선의 선형비교는 선형요록의 비교와 함께 선체선도(Lines & Offsets)를 근거로 두 선형의 선수(forebody) 및 선미(afterbody)부분의 비척도(fullness)를 비교하여 저항 및 추진에 관한 일반이론에 대한 적용성 여부를 고찰하였다. 또한, 두 공시선의 시운전 결과에 따른 추진성능을 비교하고 선형설계에 직접 반영하여, 향후 동형선의 성능예측에 중요한 자료로 제시할 수 있게 하였다.

## A Research on Propulsion Performance of Small Tankers by Sea Trial Experiment

Kim, Kyung-Jun

Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering

### <Abstract>

This paper presents some consideration for designing the hull forms of small tankers.

The author only investigated the major geometric parameters which affects on

the hydrodynamic performance of small tankers.

The proven hull forms, recently built by Cheung-Ku Marine Ind. Co., Ltd., are based to design the practical hull form by improving the slenderness of the forebody and afterbody.

The author investigated the two types of small tanker(DWT 3750ton class tanker, A & B-type, 5ships), and compared the propulsion performance data due to forebody and afterbody shapes with some sea trial data.

In the present paper, in order to study the propulsion performance of the two types(A & B), the following variation have been adopted.

- increasing of the ship's length(LBP)
- increasing of the displacement of forebody
- decreasing of the displacement of afterbody
- moving of the LCB from midship to fore-side

It is concluded that the propulsion performance of "B"-type is superior to "A"-type through the sea trial. From the comparisons, the author found on improved hull form for small tanker.

## 1. 국내 실적선 현황

통상적으로 VLCC 또는 이와 유사한 저속비대선의 선형에 대한 저항 요소들을 파악하고, 추진효율을 증대시키기 위한 선형계획 및 선형설계에 관한 이론적, 경험적 방법들을 반영할 수 있는 연구 및 개선활동은 끊이지 않고 진행되고 있다. 그러나 DWT 10,000 ton 미만인 소형tanker에 관한 연구실적은 대단히 미흡한 것으로 판단되어진다.

소형tanker의 건조는 대부분 국내외 중·소형 조선소에서 수행되고 있으나, 해당조선소의 설계능력이 부족하여 특정의 설계 용역회사와 연계하여 설계 및 건조가 진행되므로, 대부분 기존의 특정선형을 여러 조선소에서 공동으로 건조하고 있다고 보아도 무방하다. 더우기 특정선형에 대한 개발 또는 개선의 필요성이 심각하게 요구되고 있음에도 불구하고 조선소 또는 연구기관에

서 조차 관심이 미치지 못하고 있는 것은 안타까운 실정이라 하겠다.

대형 저속비대선의 저항 및 추진에 관한 일반이론을 소형tanker에 적용하는데 무리가 없을 것이라는 판단하에, 그 이론들을 소형에 적용시켜 보고, 시운전결과를 통하여 기존 소형tanker선형의 개선방향을 모색해 보기로 하였다.

또한 본 연구에서는 소형tanker에 대한 연구의 필요성을 강조하고, 기존의 소형 tankers선형에 대한 추진성능을 파악하여, 선형의 특징과 저항요소등 선형과 추진성능에 관한 관계를 시운전결과와 비교 해석함으로써, 차후 계속해서 건조되는 동형선에 대한 설계정보를 확보하고, 더욱 개선된 선형개발의 동기가 부여될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

본 논문의 공시선들은 현재 국내외 중·소형 조선소에서 건조되고 있는 소형tanker의 주 선형이며, 현재까지 약 20여척이 건

조되었거나 건조중인 것으로 조사되고 있다  
(한국조선공업협동조합 집계, 1994년 3월).

공시선6척(A군2척, B군4척)의 선형변화는 선체선도(Lines & Offsets)를 이용한 기본계산프로그램(CASHIP)을 이용하였으며, 추진성능의 비교는 공시선의 시운전결과를 토대로 작성된 속력-동력관계(Speed-Power Relationship) 및 시운전 상태표를 이용하였다.

## 2. 공시선의 선형결정

앞에서 언급했듯이 본 논문에서는 소형tanker의 저항을 감소시켜 추진성능의 향상을 도모하고자 하였다.

모형선(A군)의 선형을 변화시켜 향상된 모형(B군)을 결정하게 된 배경과 과정을 기술하면 다음과 같다.

### 2-1 소형Tanker에 작용하는 저항

정수중을 전진하는 선박에 작용하는 저항 중 가장 큰 성분은 마찰저항과 조파저항으로 알려져 있다. 정수중을 선박이 전진하면서 만드는 파도때문에 잉여분으로 감수할 수 밖에 없는 조파저항은, 발생된 파도의 에너지와 관련되며, 선수부에서 생긴 파도를 없애기 위하여 선수 bulb가, 그리고 선미부에서의 파도를 없애기 위하여 선미 bulb가 개발되는 등 오래전부터 많은 노력이 기울어져 왔다. 한편, 어떤 물체가 전진하면서 만드는 파도의 높이는 대략 Froude 수의 제곱에 비례하며[1], 따라서 선속이 클수록 조파저항의 중요도는 커지게 된다. 그러나 본 논문에서 다루고 있는 소형tanker는 대략 14Knot(선속비 0.81) 이하의 저속상태에서의 운항이 목표로 되어 있으며 이는 조파저항 보다 마찰저항이 더욱 지배적인 속도 영역이 된다. 마찰저항은

Reynold수에 관련되며 이는 다시 선체표면에 접선방향으로 작용하는 점성 마찰력(skin friction drag)과 선체표면에 법선방향으로 작용하는 압력의 총화로서 이루어지는 항력(viscous pressure drag)으로 구분할 수 있다. skin friction drag은 침수표면적을 줄이지 않는 한 마찰계수가 작은 paint를 사용하는 외에 더이상의 감소방안이 존재하지 않는 반면, viscous pressure drag은 선형을 변화시킴으로써 어느 정도의 감소 효과를 기대할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 저항의 일반이론을 배경으로 하여 선형의 변화를 추구하였으며 이를 실선에 응용하여 설계, 건조후 실선실험을 통해 저항의 감소 효과를 확인 하였다.

### 2-2 선형 변화

앞에서 언급한 viscous pressure drag은 무엇보다 선미후류의 영향이 크며, 따라서 이를 감소시키기 위해서는 우선 선미부를 날씬하게 함으로써 목표에 도달할 수 있다는 자연스런 결론에 도달할 수 있다.

그러나 배수량은 변화시키지 말아야 하므로 선수부의 비척도가 커지게 되며, 특히 선미부에는 추진기, 타등의 구조물을 부착해야 하는 외에 선미부 진동에 영향을 주지 않는 한도내에서의 선형변화를 도모해야 하는 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 이론과 실제를 동시에 감안하여 B군의 선형을 정하였으며, A, B군의 제원과 주요목, 그리고 정면도를 각각 표 1, 그림 1,2에 수록하였으며 그림 3에는 선수부와 선미부의 주형계수를 비교하였다. 변화시킨 주요사항을 열거하면, 우선 수선하부의 선수부 배수량을 증가시키고 선미부의 배수량을 감소시켜 LCB가 A군보다 길이의 약 0.4% 선수부에 위치하게 되었다. 또 B군은 A군과 비교해 폭의 변화는 없으나, 길이를 미소량 증가시켜

방형비척계수의 감소가 초래되었으며 배수량은 일정한 값을 유지하도록 하였다.

### 3. 시운전 결과 해석

#### 3-1 공시운전의 계측 및 해석

공시운전 또는 속력시운전은 건조완료된 선박의 추진성능이 선주와의 계약속도를 만족시키는지를 확인하는 Acceptance Trial과 건조된 배의 추진성능이 모형시험등에 의한 추정결과와 맞는지를 확인하고 다음배의 설계에 참고하기 위한 Performance Trial로 크게 나누어 실시되어진다. Acceptance Trial로서의 실선 시운전은 선주에게 배를 인도하기 위한 필수 과정이며, 속력시운전은 저항추진성능을 검증하기 위한 가장 중요한 항목중의 하나이다.

시운전 결과 해석의 정확성이 경제적인 선박설계 및 건조를 위하여 중요하다는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 양차의 국제수조회의(I. T. T. C 제15회:1978년, 제16회:1981년)에서 지적된 바처럼 시운전결과 해석을 위하여 제안된 기존의 방법들은 그 정확성에 있어서 많은 문제점을 내포하고 있으며, 이의 개선을 위하여는 파랑(특히 반사파)의 영향고려법에 관한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 지적되고 있다. 이에 대해 권[2], Townsin등[3]은 시운전결과 해석을 위한 기존법의 문제점을 파악하고, 파랑의 영향 고려법과 바람, 조류, 표면조도 등의 기타 영향에 관한 수정법을 소개한 바 있다.

이와같이 실선 속력시운전 결과는 바람과 파도 그리고 조류와 천수등에 의한 영향을 고려하여 바람과 파도가 없는 잔잔한 해상에서의 값으로 환산해 주어야 한다. 조류에 대하여는 전진방향 유속성분만큼 선속에서 빼주면 되므로 큰 문제가 되지는 않으나, 공기저항과 파랑에 의한 선속감소에 대하여

는 주의깊게 수정을 해주어야 한다.

이제까지 발표된 해석법에는 1944년 일본의 JTTC[4], 1952년 미국의 DTMB[5], 1966년 일본의 K. Taniguchi등[6], 1978년 영국의 Thomson[7], 1982년 일본의 T. Jinnaka[8] 등을 들수 있다. 이들 가운데 Thomson것은 공기와 조류만을 고려한 방법으로 해석된다. 또한 1977년 네덜란드의 NSMB[9]에서는 그 수조에서의 모형선-실선 상관계수수정량을 Beaufort Number에 따라 찾아내는 도표를 발표하였는데, 여기에는 공기저항과 파랑에 의한 부가저항 영향의 수정이 고려되었다.

파랑에 의한 부가저항의 해석에 대하여는 이제까지 많은 연구결과가 발표되었으나, 선주입장에서 받아들일만큼 신뢰성 있는 해석법은 제시되지 못하고 있는 실정이다. 이에 대해 권-Townsin[10]은 유조선과 컨테이너선에 대해 Beaufort Number에 따른 선속감소율의 경험식을 발표한바 있다.

그러나, 본 연구에서 실시한 공시운전의 계측 및 해석은 거의 동일한 해상상태에서 실시되었으며, 공시선A군과 공시선B군 자체의 시운전결과만을 비교하고, 각 공시선의 저항추진성능을 비교 평가하기 위해 실시되었으므로, 위에 열거한 방법들이 충분히 반영되지는 못하였다. 즉 시운전 결과 해석시 바람과 파랑에 의한 보정은 수행되지 않았으나 거의 동일한 조건으로 판단되는 해상상태에서 여러척에 대한 왕복시운전을 실시한 결과를 비교함으로써 상대우위의 공시선군을 채택하는데는 커다란 무리가 없을 것으로 사료된다.

#### 3-2 공시운전 수행방안

신조선의 Acceptance Trial에 대해 세계각국에서는 각각 실선속력시운전 표준방안을 제정하여 사용하고 있는데, 본 논문에서는 SNAME에서 발표한 "Code for sea trial(1973)"을 근거로 우리실정에 맞는 속

력시운전 방안을 설정하였다. 표 2에는 본 논문의 속력시운전 수행상태를 표시하였다.

Acceptance Sea Trial에는 속력시험외에도 조타시험, 선회시험, 전·후진 시험, 투양묘시험, 항속시험등 배의 성능과 직접적으로 관련된 항목들에 대한 시운전이 수행되며, 본 공시운전에서도 이같은 시운전이 동시에 수행되었다.

속력시험은 주기관 부하 50%, 75%, 85%, 100%에서 표주간거리를 각각 1회씩 왕복하여 실시하였으며, 속력측정코스에 들어가기전에 주기관출력에 대응하는 정상속력을 유지하기 위하여 동일한 코스로 충분한 거리를 예비항행하였다. 속력시험항목은 항행시간, 선박진로, 해상상태(조류속도 및 방향), 파고, 풍향 및 풍속등을 계측한다. 속력시험코스는 주로 mile post를 이용하여 왔으나, 항해장비의 발달로 Speed Log 및 GPS를 사용하고 있다. 특본 시험에서는 조류와 파랑에 의한 수치계산은 유보하였다. 다만 조류 및 파랑에 의한 영향을 최소로 하기 위해 수년간 주위의 해상상태를 측정한 경험을 바탕으로 평상시 풍속이 3~5m/s, 조류속도는 2노트미만으로서 인근해역중 가장 평온한 해상상태를 보여주는 공인코스에서 반복시험 하였다.

### 3-3 공시선의 시운전결과에 대한 성능 비교해석

전항에서 표시한 공시운전의 수행방안을 토대로 공시선 6척(A군 2척 및 B군 4척)에 대한 시운전을 실시하고, 그 시운전결과를 A와 B군에 대해 비교 해석하였다.

공시선의 시운전시 해상상태는 거의 동일한 조건(BN=3이하)에서 실시하였으며, 시운전경로도 동일한 장소를 선택하였다. 주기관 부하는 50%, 75%, 85% 및 100%에 대해 각각 1회씩 왕복측정하였으며, 풍속의 측정은 선박에 장착된 풍속계에서 측정한 값을 이용하였다. 풍속은 해상으로부

터 13M높이에서 측정되었으며, 선속에 대한 상대속도로 측정되므로 그 절대속력으로 보정해 주어야 한다. 조류속도는 정확한 측정이 곤란하였으나, 왕복측정에 의한 평균선속을 측정하였기 때문에 공시선 각각의 시운전결과의 비교목적상 그 영향을 심각히 고려할 여지는 없는 것으로 판단되었다.

시운전결과를 토대로 엔진부하에 따른 공시선의 속력-동력관계를 그림 4에 나타내었다. 이 그림에서 보는 바와 같이 공시선 A군의 속력편차는 약 0.2노트이고, 공시선 B군의 속력편차는 0.3노트임을 알 수 있으나, 이 편차가 각 공시선의 속력성능분포를 나타내는데는 어려움이 없는 것으로 판단된다. 같은 그림에서 공시선B군의 속력은 동일마력에서 공시선A군에 비해 약 0.6노트가 증가되었음을 알 수 있으며, 이 증가량은 tanker의 경우 매우 중요한 양으로 인정될 수 있다고 사료된다.

또한 앞에서 언급하였듯이 부심을 선수방향으로 이동시킴에 따라 만재시 선스트림을 방지하고, 이에 따라 조종성 면에서 더 유리한 조건을 부여할 수 있게 하였는데, 본 논문에서는 결과를 생략하였으나 선회시험과 관성시험등에서 동일마력에서의 보침성이 공시선B군에서 더 양호하게 나타난 사실을 알 수 있었다.

이와같은 결과는 전절에서 예측한 항목들에 의해 직접적으로 나타난 것으로 판단할 수 있으며, 아울러 선체주요목이나 선형변화등에 따른 각 항목들에 의한 각각의 저항감소량의 구체적 상관관계에 대하여 수치적으로 해석하여 동급선박의 최적설계에 반영하고, 해상상태에 따른 시운전해석법도 구체적으로 반영할 수 있는 연구가 본 논문 이후 계속 진행되어야 할 것으로 사료된다.

## 4. 결 론

공시선B군의 길이를 증가시키고 선수 및

선미부 향상을 변화시킴으로써 기존선형(공시선A균)에 비해 공시선B균의 추진효율 향상효과를 확인하였다. 표 2에는 본 논문의 공시선에 대한 선형요목의 변화내용 및 시운전결과를 요약함으로써 결과의 비교가 용이하게 하였다.

본 논문에서는 선체에 미치는 저항요소와 추진효율 향상을 위해 선형을 개선하고 실선의 시운전결과를 토대로 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) 배수량과 폭은 고정하고, 길이(LBP)를 증가시켰으며, 방형계수(Cb)를 감소시켰으며 선수부의 비척도를 증가시키고 선미부의 비척도를 감소시킨 선형을 개발하여 저항의 감소를 도모하였다.
  - 2) 시운전결과, 선수비척도증가에 따른 파저항의 증가보다 선미비척도 감소에 따른 점성저항(특히 viscous form drag)의 감소가 상대적으로 더많게 나타나고 있음을 확인하여, 저속소형 tanker의 경우 총저항(total resistance)은 감소한다는 사실을 확인하였다.
  - 3) 선미부에서 감소된 배수량을 선수부의 수선하부에 배치하여 부심(LCB)위치를 선수방향으로 이동배치하였으며, 이에 따라 만재배수상태에서의 선수트립을 방지하고, 부수적으로 조종성능도 향상되었다.
- 상기와 같은 결과를 얻음으로써 본 논문의 공시선과 유사한 선박의 최적설계 및 성능예측에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 윤범상, 김윤호; “수직원통주위의 자유표면 층류유동의 수치해석”, 대한조선학회지, 제30권, 제1호, 1993.
2. 권영중, 유병건; “시운전결과 해석법의 개선에 관한 연구”, 산학공동연구보고서(현대중공업-울산대학교), 1986. 7
3. Townsin, R.L., Moss, B., Wynne, J.B., Whyte, I. M. (1975b); “Monitoring the speed performance of ships”, Tran. N.E.C.I., Vol. 91, April.
4. 조선협회 수조사험협의회; “표준속도시운전 시행요령 시안과 속도 시운전성적 표준해석법 시안” 일본조선협회보, 제262호, 1994.
5. DTMB.; “The Analysis of Surface Ship Standardization Trial Data by the Method in Use at the David Taylor Model Basin-The Modified Constant Power Method”, 1952.
6. Taniguchi, K., Tamura, K.; “On a New Method of Correlation for Wind Resistance Relating to the Analysis of speed Trial Result”, Appendix 11 of the Performance Committee Report of the 11th ITTC, Tokyo, 1966.
7. Thomson, G.R.; “B.S.R.A. Standard Method of Speed Trial Analysis”, BSRA Report, NS466, 1978.
8. Jinnaka, T.; “배의 속력시운전 해석에 대하여”, 일본서부조선학회회보, 제64호, 1982.
9. Jong, H.J., Fransen, H.P.; “N.S. M. B. Trial Allowances 1976”, International Ship Progress Vol. 24, No. 279, 1977.
10. Townsin, R.L., Kwon, Y.J.; “Approximate Formulae for the Speed Loss Due to Added Resistance in Wind and Waves”, Trans. RINA, Vol. 124, 1982.

표1. 공시선의 주요제원

항 목	공시선 A	공시선 B
Length O. A	86.500 M	86.200 M
Length B. P	78.000 M	78.600 M
Breadth(MLD)	14.000 M	14.000 M
Depth(MLD)	6.700 M	6.600 M
Draft(DLWL)	5.912 M	5.910 M
Cross Tonnage	1,994 ton	1,993 ton
Deadweight	3,750 ton	3,750 ton
Cb	0.738	0.733
Cp	0.742	0.740
L/B	5.571	5.614
B/T	2.367	2.368
Ship type	Oil/Chemical Tanker	Oil/Chemical Tanker

표2. 공시선의 속력시운전 상태

시운전상태	항주 세트수	항주수	항로수심	항주거리	기상	기타
1/5 재화상태 충분한 Propeller 심도 유지위한 Trim 조절	주기관 부하 50%, 75%, 85% 100%, 110%	1 왕복이상, 항주중 조타시 반복왕복	100M 이상	3760M	BN=3 이하	절대적 course keeping (조타업금) 1마일 이상 예비항행

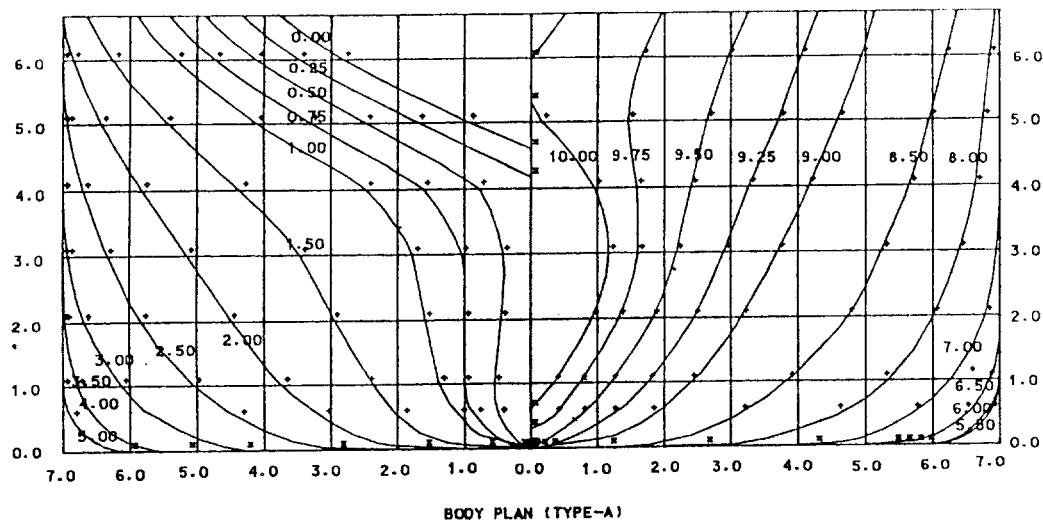


그림 1. 공시선A의 Body plan

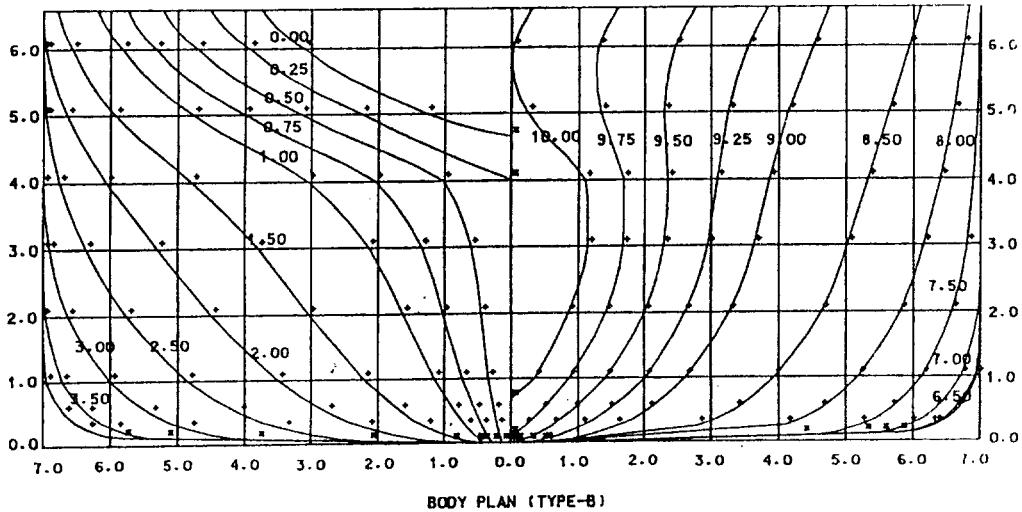


그림 2. 공시선B의 Body plan

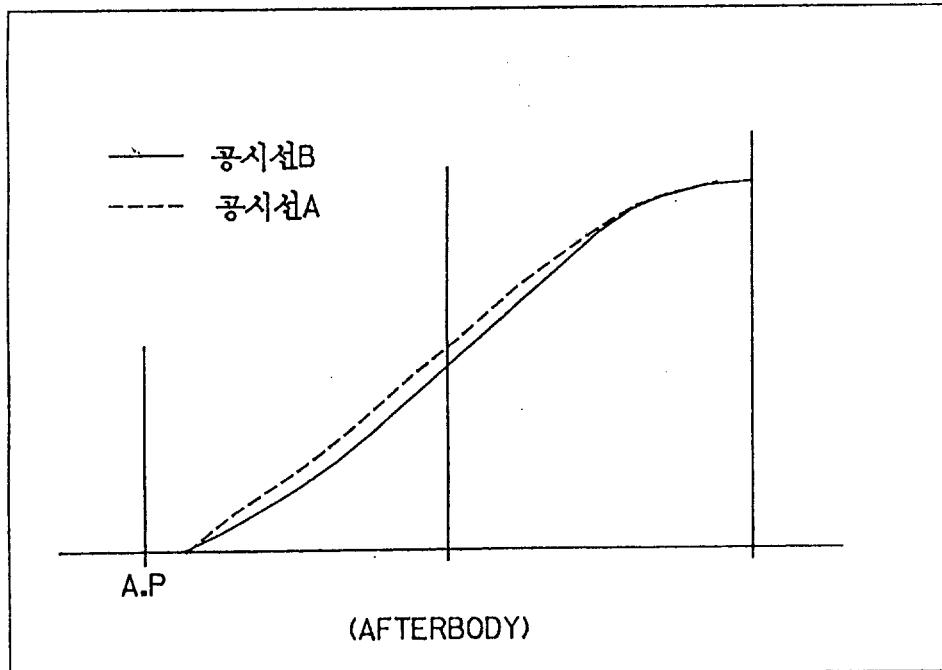
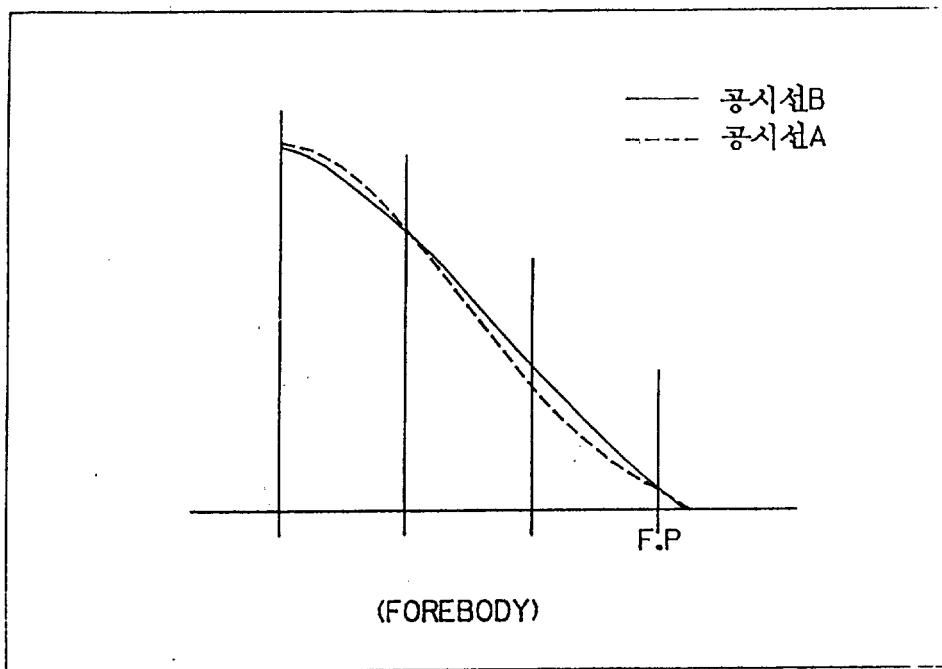


그림 3.  $C_p$ -curve

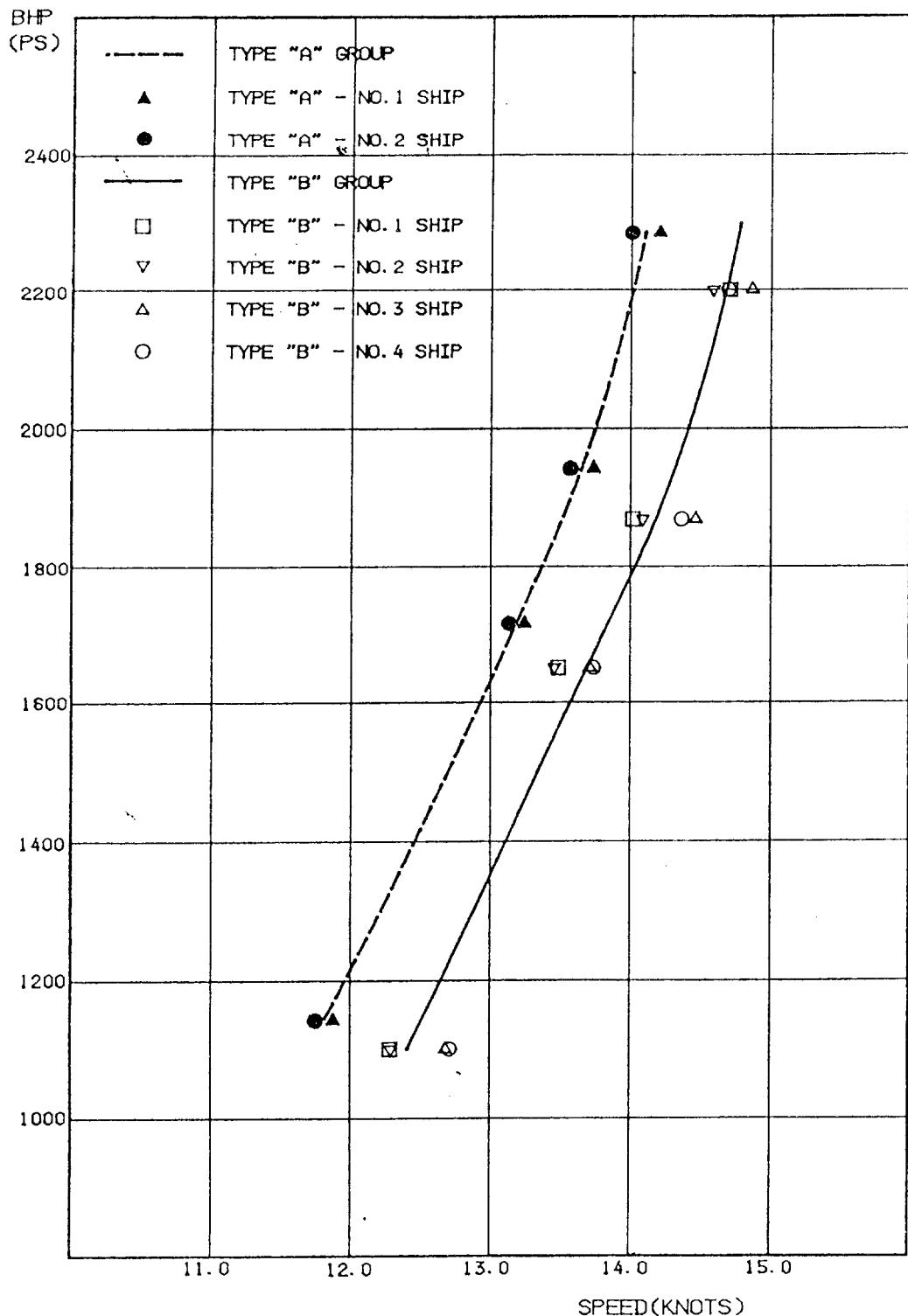


그림 4. Speed-Power Relationship