

海上에서의 速度性能 解析法

권 영 중 <울산대학교>

I. 일반적 사항

해상의 선속성능해석은 경제적인 측면에서나 기술적인 측면에서 반드시 필요하다는 것은 周知의 사실이라 하겠다. 이를테면 (1)시운전결과해석법의 개선, (2)Service Power Margin 산정법의 개선, (3)연료경제성이 고려된 최적속력산정, (4)실선-모형선 상관수정값 개선, (5)고성능선박을 위한 통합설계법의 개선, (6)미래선박의 설계자료 수집, (7)用船계약과 관련된 문제점 해소등 수 많은 예를 찾을 수 있다[1].

上記에 例示된 목적들의 달성을 위하여서는 이론적인연구 이외에 선속의 체계적인 Monitoring이 추천되고있다. 효율적인 Monitoring system을 문헌[2,3,4]에서 예를 찾을 수 있다.

해상의 선속손실은 Involuntary Speed Loss(또는 Norminal Speed Loss)와 Voluntary Speed Loss로 구분하여서 해석한다. 후자는 감속량 자체를 구하는 방법이 아직 제안되어 있지 않으며, 단지 감속이 시작되는 한계조건만이 발표되고있다[1]. 하지만 다행스러운 것은 실제항로 기상상태의 80%~90%는 전자가 문제시 되는 것으로 알려져 있다[2,4]. Townsin은 6척의 컨테이너선 및 7척의 VL-CC선의 선속손실 요인을 분석하여서 손실요인의 71%(VLCC)~80%(컨테이너선)는 해상의 기상상태 영향과 表面粗度(Roughness 및 Fouling)영향임을 제시한 바 있다.

기존의 속력시운전 결과 해석법과 Service Power Margin 산정법이 문제가 될 정도로 부정확하며, 이의 개선을 위해서는 특별히 아래와 같은 두가지 관점

에서의 영향 고려법에 관한 연구가 시급히 요청된다는 것이 국제수조회의에서 여러차례 강조되어 오고 있다[2].

- 즉, (1) 파랑의 반사파 및 회절과 영향
- (2) 표면粗度の 영향

Swift도 미쉬간 대학에 제출한 박사학위 논문에서 Service Power Margin 산정과 관련된 기준법 결과에 39%(컨테이너선)~127%(유조선)의 오차가 있음으로, 상기 두 가지점의 영향을 고려하여서 계속 개선의 노력을 해야함을 역설한 바 있다.

II. 속력손실량 산정법

실선자료나 이론결과로부터 가능한 간단한 형태로 속력손실량산정식을 구함으로써 실제문제에의 이용성을 높이려는 노력이 진행되어왔다. 이와관련하여 비교적 간단한 형태의 약산식 예를 소개하면 아래와 같다.

- 유조선 : 문헌[2,8]
- 컨테이너선 : 문헌[7,8]
- Bulk선 : 문헌[2]
- 일반화물선 : 문헌[16,17,18]

좀더 구체적으로 선속성능을 해석하는 방법으로는 海上의 바람, 파랑 및 表面粗度등에 기인된 부가저항을 구하고 여기에 부가저항에 따른 추진기효율변화량을 감안하여서 선속손실량을 찾는 방법이 있겠다.

기존의 바람부가저항 산정법은 전부 모형실험결과를 이용한 것이며, Boundary layer 영향과 관련된 風速변화 및 Oblique wind 경우의 유효면적표시법 등과 연관된 문제점의 해결에 관심이 모아져있다. 商

船경우를 위하여 ITTC는 Isherwood법[9]을 추천하고 있으나, 현대식 유조선 및 컨테이너선의 자료를 加味하여 더욱 개선할 것도 아울러 권장하고 있다. 이러한 점을 보완하고 이용의 간편성을 높였을뿐만 아니라 Drift, Rudder, Yawing 저항까지도 산정하는 법을 제시하고 있는 van Berlekom법[10]도 이용도가 높은 것으로 알려져 있다. 하지만 동일한 風速경우에 기존 여러방법들간의 결과측면에서 차이는 10% 미만이라는 것이 밝혀져 있다[1,10].

파랑부가저항 산정법과 관련된 연구는 선형화된 2차원 이론에서 제외되었던 반사파 및 회절파영향 고려법 연구에 초점이 맞추어져 있는 실정이다. 이를 위하여 특이점 분포법이나 Limit geometrical optics 법이 주로 이용되고 있다. 이와 관련된 연구동향은 참고문헌[11]에 좀더 구체적으로 소개된 바 있다.

또한 해양파의 부가저항 산정을 위해서는 먼저 규칙파에서의 운동변위 및 운동에 기인된 부가저항을 산정하고 여기에 규칙파의 반사파 저항(회절파영향이 포함됨)을 합하여서 구한 RAO를 구하고(이때 RAO만은 모형실험 결과로부터 구할 수도 있음), 해양파의 스펙트럼(:보통은 실제 해역의 Significant wave height와 Period를 넣은 ITTC 스펙트럼이 이용됨)을 이용한 스펙트럼법에 의거하여서 불규칙파의 부가저항을 구하게 된다. 이렇게 복잡한 과정을 거쳐야하는 파랑부가저항 산정의 간편성을 높임으로써 船速성능해석에 쉽게 이용할 수 있도록 되어 있는 방법도 문헌[1,12,13,14]등에서 찾아볼 수 있다.

표면조도영향에 관한 연구도 여러사람들(예, Townsin, Woodhead, Wynne, Whyte, Milne, Hails, Bryne, Lewkowicz, Okuno, Melchers 등)에 의하여 수행된 바 있으며, 이중에서 문헌[15]의 법이 비교적 정평이 있는 것으로 되어있다.

상기의 여러가지 요인에 의한 부가저항(ΔR)을 구한후에 이들에 기인된 추진기효율 변화량이 고려된 속력손실량(ΔV)이나 동력증가량(ΔP)을 구하는 법은 아래의 식을 이용할 수 있을 것이다.

즉, 일정한 추력(thrust)에서의 속력손실은 주로 다음식을 이용하여 구해왔다.

$$\frac{\Delta V}{V} = \left(1 + \frac{\Delta R}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$$

하지만 실제문제에서는 상기식 보다는 오히려 일정한 동력에서의 속력손실량을 구할 필요가 있으며

이를 위해서는 최근에 아래식이 제안된 바 있다[14].

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{n+1} \frac{\Delta P}{P}$$

여기서 n는 속력과 저항 또는 속력과 동력관계에서 얻어지는 상수이며, $\frac{\Delta P}{P}$ 는 아래식으로 표시되는 일정속도에서의 동력증가량식[10]으로부터 구할 수 있겠다.

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1 + \frac{\Delta P}{P}}{1 + \frac{\Delta \eta_P}{\eta_P}} - 1$$

여기서 $\Delta \eta_P$ 는 부가저항에 따른 추진기효율 변화량을 의미한다.

III. 속력시운전 결과 해석법의 개선

앞의 II장에서 살펴본 방법들을 이용하여서 Sea Margin 산정법 및 Service Power Margin 산정법의 정확성을 높일 수 있는것 이외에 속력시운전결과 해석법도 개선할 수 있을 것이다.

속력시운전 결과의 정확성이 경제적인 측면에서 매우 중요하므로 이의 해석법이 여러단체로부터 제안된 바 있다. 이를테면 ITTC(1969), S-NAME(1976), BSRA(1978)등 많은 예를 들 수 있으며, 기타 여러 방안들의 비교를 문헌[19]에서도 찾아볼 수 있겠다. 하지만 본 記事의 제I장에서도 지적한 바 처럼 시운전결과 해석법 부정확성의 심각성이 제 15회(1978) 및 제 16회(1981) 국제수조회의 이후 계속 강조되어 오고있는 실정이다. 이를 개선하기 위해서는 시운전때 시운전거리, 방향, anemometer의 위치, 속력 동력 파랑계측기등을 적당히 함으로써 시운전 측정치의 정확성도 높이려는 노력을 하여야 하겠지만, 측정결과값을 기준이 되는 calm sea 상태로 환산해 주기위한 수정법(특히 반사파 및 회절파영향 고려법)의 정확성이 더욱 문제시되고있다. 여기에 先進造船所에서 사용하고 있는 수정법의 한 예를 소개해 보면 아래와 같다.

- (1) 바람 및 파랑영향 수정법
: 문헌 [1,9,10,11,14,20]에 소개된 방법 또는 모형실험결과 이용.
- (2) 배수량에 관한 수정
: 모형실험결과로 구한 동력-배수량곡선

또는 Admiralty 식 이용[20].

(3) 수온변화에 관한 수정

: 모형실험결과(15 C)와 시운전 당시 해수 온도 차이가 있을경우 동점성계수의 차에 기인된 저항차가 있을 수 있다. 이를 ITTC 식을 이용하여 수정함[20].

(4) 하중변화에 따른 추진기 회전수 변화량에 관한 수정

: 모형실험결과 이용[20].

(5) 표면조도 수정

: 선체표면에 이끼, 조개등이 끼여있는 경우는 바람 및 파랑저항보다도 훨씬 더 큰 저항 항이 나타날 수 있음[1]. 이와관련된 수정을 문헌[15]의 법으로 할 수 있을 것임.

참 고 문 헌

- [1] Kwon,Y.J., "The effect of weather, particular short sea waves, on ship speed performance", Ph. D. Thesis, University of Newcastle upon Tyne, 1981
- [2] Townsin,R.L., Moss,B., Wynne,J.B., "Monitoring the speed performance of ships" *Trans. RINA*, 1975
- [3] Townsin,R.L. and Svensen,T., "Monitoring speed and power for fuel economy", *Shipboard Energy Conservation '80, SNAME*, Sept.1980
- [4] Logan,K.P. et al, "Considerations in establishing a speed performance monitoring system for merchant ships", *SEC '80, SNAME*, 1980
- [5] Seakeeping and Performance Committees ITTC, Esp. 15th & 16th ITTC proceedings 1978, 1981
- [6] Swift,P.M., "An approach to the rational selection of the power service margin", Doctoral dissertation, Univ. of Mich. 1975
- [7] Aertssen, G., "Service Performance and trials at sea", App. V performance Committee, 12th ITTC, 1969
- [8] Townsin,R.L., Kwon,Y.J., "Approximate formulae for the speed loss due to added resistance in wind and waves", *Tran. RINA* vol.125, 1983
- [9] Isherwood,R.M., "Wind resistance of merchant ships", *Tran. RINA* vol.115, 1973
- [10] van Berlekom,W.B., "Wind forces on modern ship forms-effects on performance", *Tran. NECIES*, vol.97, 1981
- [11] 김효철, 권영중, 이승준, "저항분야 연구동향", 황종홍 교수 정년퇴임 기념 세미나 논문집, 1993
- [12] Loukakis,T.A., Chryssostomidis,C., "Seakeeping standard series for cruiser-stern ships", *Tran. SNAME*, vol.83, 1975
- [13] Kadomatsu,K., Inoue,Y., Takarada,N., "Influence of ship form characteristics on speed loss in wind and waves", *JSNA Japan*, vol.164, 1988
- [14] Townsin,R.L., Kwon,Y.J., Barea,M.S., Kim,D.Y., "Estimating the influence of weather on ship performance", *Tran.RINA*, vol.135, 1993
- [15] Townsin,R.L., Dey,S.K., "The correlation of roughness drag with surface characteristics", *Proc. of International Workshop on Marine Roughness and Drag, RINA*, 1990
- [16] Aertssen,G., "Service performance and seakeeping trials on a large ore carrier", *Tran.RINA*, vol. 111, 1969
- [17] Babbedge,N.H., "The statistical analysis of the voyage data of three fast cargo ships", *ISP*, vol.24, No.275, 1977
- [18] 권영중, 김대영, "바람과 파랑에 기인된 선속 손실량 산정을 위한 약산식", 대한조선학회 춘계 연구발표회 논문집, 1987
- [19] 김은찬, "실선 저항추진시험 실적과 속력시운전 표준방안 비교", 대한조선학회지 제 31권 제1호, 1994
- [20] 권영중, 유병진, "시운전 결과 해석법의 개선에 관한 연구", (주)현대중공업/울산대학교 공동연구 보고서, 1986