

씨마진 산정법의 개선에 관한 연구 (I)

권영중*

*울산대학교 수송시스템공학부

An Improved Method for Determining Sea Margin (I)

YOUNG-JOONG KWON*

*School of Transportation System Engineering, University of Ulsan, Ulsan, Korea

KEY WORDS: Power Margin 동력마진, Route Analysis 항로분석, Wind Added Resistance 바람 부가저항, Wave Added Resistance 파랑 부가저항, Hull Roughness and Fouling 표면조도.

ABSTRACT: A rational method is presented for estimating the power increase of a ship at sea. A probabilistic approach is applied to determine the weather condition at sea. A comparison is made between some full-scale data and the result of Swift's method. A comparison is also made to find differences among the results of eight kind methods for the wind added resistance of a VLCC in head wind. The mean difference between the results is 7%, in general, for a given relative wind speed.

1. 서 론

실제 해양에서 파도, 바람 및 표면조도 등에 기인된 선속의 손실 및 동력의 증가량을 신빙성있게 구할 수만 있다면 경제적인 측면에서나 기술적인 측면에서 그 이용가치가 지대하다는 것은 주지의 사실이다. 이를테면 통상의 선박설계는 평수 중에서의 속력에 기반을 두어 수행하게 되므로, 실제 항로에서 불규칙하게 작용하고 있는 바람, 파도, 조류 등의 영향을 극복하고 이 평수중의 속력을 계속 유지하기 위한 기관동력의 증가량은 얼마이며, 또한 이로 인한 속력 손실량은 얼마일 것인가? 라는 사항은 오래 전부터 지대한 관심사가 되어 왔다. 신조선의 경우 표면조도 영향을 무시하고 평수 중 상태의 0~15%를 통상의 씨마진으로 산정하는 것이 보통이다. 또한 운항중인 선박의 씨비스 파워마진은 표면조도 영향이 포함되어서 최대 50%까지도 잡는다. 하지만 실제 해상의 불규칙한 바람, 파도 등은 평수상태와 상관관계가 전혀 없으므로 이러한 상용법의 오차가 문제시 되고 있다(ITTC, 1981). 예컨대 제15회 및 제16회 국제수조회의 (ITTC, 1978, 1981)가 지적한 바와 같이 선주들로부터 많은 연구 기관들이 이 문제들에 관한 연구 의뢰를 받고 있으며, 의뢰되는 빈도수도 증가되고 있는 것이 사실이다. 만일 추가 동력의 산정을 적절히 할 수만 있다면, 선박 건조비 측면에서나 유지비 측면에서 절약할 수 있는 것은 분명하기 때문이다. 이 문제의 해결을 위하여 모든 조선소 및 선주들이 기존 선박의 운항자료(Log-book)에 기반을 둔 경험식들을 각각 가지고 있다. 하지만 로그기록부(Log-book)자료의 부정확성 및 자료에 나타난 기상 조건의 편중 등으로 이들 경험

식들의 오차가 문제시될 정도이다(ITTC, 1981). 따라서 이를 위한 기존 산정법의 개선이 시급히 요청된다는 것이 오래 전부터 많은 학자 및 연구기관에서 강조되어 왔다. 예를 들면 Swift(1975)는 기존의 Power Service Margin 산정법의 오차가 100%까지 날 수 있음을 보여주면서 개선의 필요성을 강조한 바 있다. 또한 해양회절파(diffraction of ocean waves)의 한 가지 영향만으로도 시운전 속력이 1.5Knots 까지 차이가 남이 인정된 바 있다(ITTC, 1981). 그동안 1.0Knots 미만의 시운전 속도 때문에 신조선의 인도가 거부되었던 사례가 있어 왔음을 감안할 때, 경제적인 측면에서 본 연구의 필요성이 짐작되고도 남음이 있겠다. 아울러 최근에 ISO가 주관해서 '선박의 속력 시운전 해석법에 관한 표준법(ISO, 2002)'을 설정한 바 있으나, 본 법에서 가장 논쟁의 대상이 되는 것으로 알려진 (ITTC, 1981) '반사파 및 회절파 영향 고려법'은 4가지 법을 복수로 추천하고 있으므로, 역시 논란의 소지를 내포하고 있다.

한편 권영중(2003), Kwon et al.(2000), 권영중과 주동국(1996), 권영중과 Townsin(1993), Townsin and Kwon(1993), 권영중(1987), 권영중과 유병진(1986), Townsin and Kwon(1983), Kwon(1982), 연구에 의하면 최근까지 해상의 파랑과 바람 부가저항 및 표면조도 영향이 선박 속도 성능에 미치는 영향과 관련된 연구를 단편적으로나마 수행한 바 있으며, 이 중에서 특별히 권영중과 Townsin (1993) 및 Kwon(1982)은 국제표준화 기구(ISO)의 '선박속력 시운전해석법의 표준화 가이드라인(ISO, 2002)'에 채택된 바 있다. 이 연구결과들을 본 연구과제에 활용하여서 좀 더 개선된 씨마진 산정법을 제안코자 한다.

2. 합리적인 씨마진 산정법

실제 항로에 존재하는 바람, 파도 등의 영향을 극복하고, 일

제1저자 권영중 연락처: 울산광역시 남구 무거2동 산 29

052-259-2153 yjkwon@mail.ulsan.ac.kr

정한 서비스 상태를 유지하기 위해서 추가로 부여하여야 하는 동력의 '씨마진'을 위하여 평수 중 동력을 기준으로 해서 일정율의 마진을 고려하는 기존의 법은 매우 불합리하다. 말하자면 실제항로의 불규칙한 바람과 파도 등은 평수 중 저항과는 전혀 상관이 없기 때문이다. 이의 개선을 위하여 실제항로의 기상조건에 따른 씨마진 산정법을 아래와 같이 제안코자 한다.

2.1 항로의 파랑 및 바람상태의 합리적 표시법

24시간 동안 인공위성에 의해 관측되고 있는 실제 해상외 바람 및 파랑상태를 통계적으로 분석해서 표시할 수 있겠다.

예를 들면 어떤 PCC선의 울산 - L.A. 항로 경우 기상상태를 Fig.1과 같이 표시할 수도 있으며, 이를 아래와 같은 확률밀도함수로도 표시할 수 있다. 즉 $X=BN, Y=\theta$ 인 두개의 확률변수를 설정하고, 이의 결합확률 밀도함수 $P_{xy}(x, y)$ 를 구한다. 여기서 BN은 Beaufort Number를 의미하며, θ 는 해상 바람 및 파도의 접근방향을 나타낸다. 여기서 2개의 확률변수 X, Y의 함수 Z를 고려한다.

$$Z = f(X, Y) \tag{1}$$

여기서

$$(Z = z) = [f(X, Y) = z] = U(X = x, Y = y)_{(f(x, y) = z)}$$

라고 보아서 확률밀도함수 $P_z(Z)$ 를 다음과 같이 표시할 수 있겠다.

$$P_z(Z) = \int_{-\infty}^{\infty} P_{xy}(f^{-1}(z, y), y) \left| \frac{\partial f^{-1}(z, y)}{\partial z} \right| dy \tag{2}$$

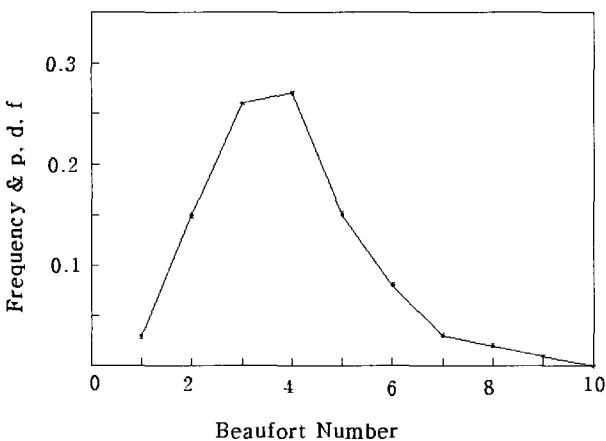


Fig. 1 Weather frequency and probability density function for Ulsan - L.A. route (All weather sectors)

2.2 해양파에 기인된 파랑부가저항 산정법

해양의 불규칙파에 기인된 부가저항을 직접 구하여서 이용하는 법은 아직까지 제안되어 있지 못하므로, 아래와 같이 표

기되는 스펙트럼법을 이용해서 구할 수 있다.

$$R_{ireg}(a) = 2 \int_{-\pi}^{\pi} G(a) \left[\int_0^{\infty} S(\omega) \frac{R_{reg}(\omega)}{\zeta^2} d\omega \right] da \tag{3}$$

여기서

$R_{ireg}(a)$: a방향의 불규칙파 부가저항

$G(a)$: 입사파의 방향분포함수

$S(\omega)$: 스펙트럼 밀도함수

$R_{reg}(\omega)$: 규칙파 부가저항

ζ : 규칙파의 진폭

ω : 규칙파의 원진동수

상기 (3)식에서 $S(\omega)$ 는 ITTC 스펙트럼(ITTC, 1981)으로부터 구하고, $R_{reg}(\omega)$ 는 ISO(2002)가 추천하고 있는 Maruo법(Maruo, 1960) 즉 운동에 기인된 부가저항과 권영중법(Kwon, 1982) 즉 반사파 및 회절파 부가저항을 이용해서 구할 수 있다.

2.3 바람에 기인되는 부가저항 산정법

바람에 의한 부가저항 산정법은 ISO(2002)에서도 인용되고 있는 van Berlekom법(1981)이나, Townsin and Kwon(1993)의 법으로 계산한다. 바람부가저항 산정 때 고도에 따른 풍속의 변화가 중요한 인자임을 감안하여 풍속계(Anemometer) 설치 고도를 명시하여야 하며, 설치 고도의 언급이 없는 경우는 국제 협약에 따라서 고도 10m로 간주된다. 참고적으로 ISO(2002)에서 인용되고 있는 주요 바람 부가저항 산정법을 VLCC에 적용해 보았을 때 평균 차이는 7%인 것으로 나타났다(Table 1 참조).

여기서 Isherwood(1973)의 법은 제15회 ITTC(1978)에서 추천을 받기도 했다.

Table 1 Wind added resistance using various prediction methods for a tanker in head sea(wind added resistance given as a fraction of the result of Isherwoods method).

Method(year)	Wind resistance
Isherwood(1972)	1.00
van Berlekom(1981)	1.10
Aage(1971)	0.89
Wilson and Roddy(1970)	1.18
Tsuji et al.(1970)	1.29
Wagner(1967)	0.99
Gould(1967)	1.08
Shearer and Lynn(1960)	1.06
Mean value = 1.07	

2.4 표면조도 영향 추정법

표면조도의 영향은 실제 해상의 바람 및 파랑에 비하여서, VLCC 경우 3배 이상까지도 클 수 있다는 것을 Kwon(1982)은 보여준 바 있다. 하지만 기존의 표면조도 영향 고려법이 문제가 될 정도로 부정확하다는 것이 많은 학자들에 의하여 지적되어 왔다(ITTC, 1978, 1981 ; Swift, 1975).

신조선 시운전 때의 동력마진은 표면조도의 영향을 무시해서 통상 12~15% 정도로 하는 경우가 많으나, 운항중인 선박의 서비스 파워마진 경우는 표면조도의 영향을 고려해서 최대 50%까지 설정하기도 하며, 통상 25%의 마진이 채택되고 있음을 Swift(1975)는 지적한 바 있다.

표면조도 영향 고려법으로 Towsin and Dey가 제시한 ITTC (1990)을 채택하였으며, 선령에 따른 표면조도 추정법은 권영중 (1996)의 식을 이용하였다.

2.5 결과의 비교

합리적인 씨마진 산정을 위하여서 본 논문에서 제안된 법의 결과를 Fig.2에 보인 항로의 PCC선(Table 2 참조) 실제 운항자료와 본 논문에서 제안된 산정법 결과 및 Swift법(1975)의 결과를 BHP측면에서 Fig.3은 보여주고 있다. 이 그림에서 볼때 본 논문법의 결과는 Swift법의 구체적인 추정 결과와 대동소이한 반면에 25% margin으로 잡고 있는 상용법과는 7.1%~8.3% 정도의 차이를 보이고 있다. 본 논문에서 제시된 방법의 결과가 상용법에 비하여서 PCC선의 실선 운항자료와 더욱 근접하고 있음을 엿 볼 수 있다. 아울러 Swift법의 합리성이 상당히 인정을 받는 반면 25% margin으로 하는 상용법은 많은 문제점이 있다는 것이 그 동안 많은 연구가들에 의하여 지적되어 온 점(예: 제15회 및 제16회 ITTC(1978, 1981), Swift(1975))을 감안할 때 본 논문에서 제안된 방법의 신빙성이 있는 것으로 판단된다.

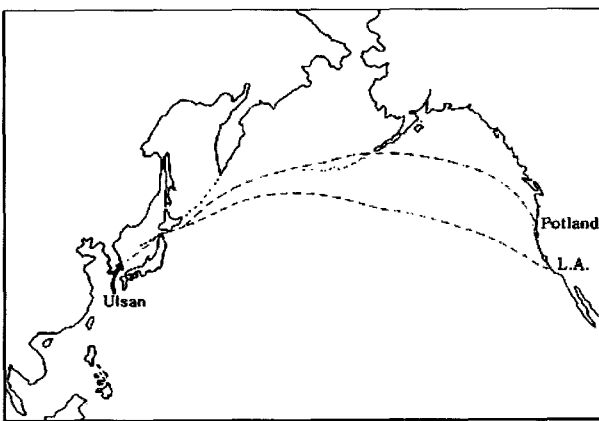


Fig.2 Ulsan - L.A. - Potland - Ulsan Route for PCC

Table 2 Principle dimensions of PCC

L.B.P.	164m	Block coeff.	0.52
Breadth	28.0m	Displacement	19,543 ton
Depth	26.8m	Deadweight	9,783 ton
Draft	8.0m	Service speed	18 knots

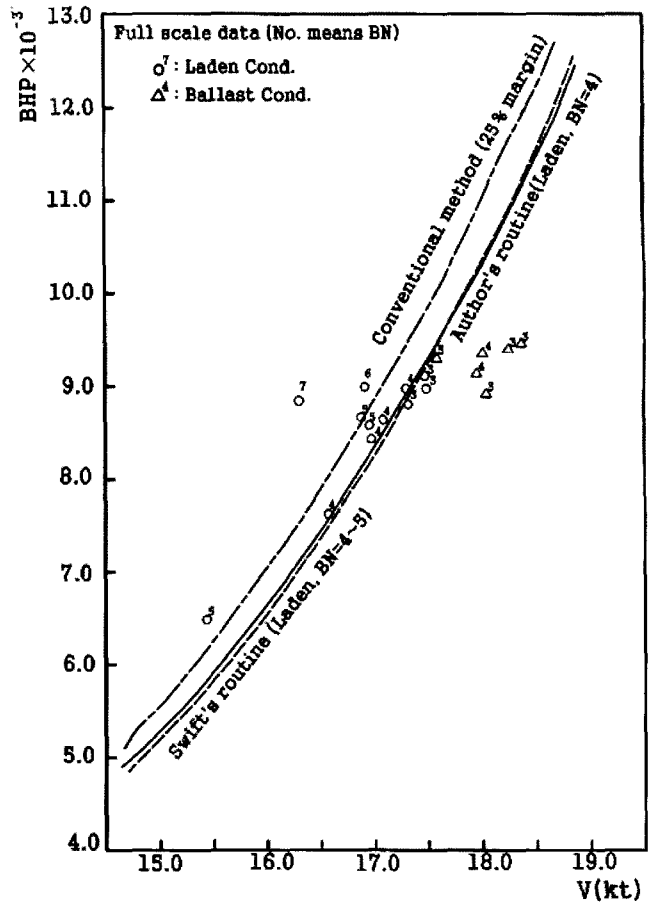


Fig.3 Comparison between the results of full scale data, Swift's method and the author's in speed-power for a PCC (Lbp=164m, Cb=0.52)

3. 결 론

선박의 씨마진 산정을 위해서 합리성이 있는 방법을 제안하였다. 본 법의 결과를 실선의 운항자료와 Swift법의 결과들과 비교해 봄으로, 신빙성을 감지할 수 있었다.

아울러 ISO(2002)의 표준법에서 인용되고 있는 8가지의 바람 부가저항법을 VLCC에 적용해 보았을 때 결과상의 평균 차이는 7% 정도인 것으로 나타났다.

후 기

이 논문은 울산대학교의 연구비로 수행되었으며, 이에 감사한다.

참 고 문 헌

권영중 (2003). "선박의 속력성능에 관한 연구," 한국해양공학회 회지, 제17권, 제2호, pp 67-71.
 권영중 (1996). "선박의 표면조도에 관한 연구 : 추정법 및 선

- 박성능에 미치는 영향”, 대한조선학회논문집, 제33권, 제2호, pp 30-35.
- 권영중, Townsin, R.L.(1993). "해상에서의 기상상태에 기인된 부가저항에 관한 고찰", 한국해양공학회지, 제7권, 제1호, pp 56-61.
- 권영중 (1987). "반사파의 부가저항에 관한 연구", 대한조선학회지, 제24권, 제1호, pp 35-41.
- 권영중, 유병건 (1986). "속력시운전결과 해석법의 개선", 대한조선학회지, 제23권, 제4호, pp 44-46.
- ISO (2002). Guidelines for the Assessment of Speed and Power Performance by Analysis of Speed Trial Data, International Organization for Standardization, ISO/DIS 15016, pp 1-45.
- Isherwood, R.M. (1973). "Wind Resistance of Merchant ships", Trans. RINA, Vol 115, pp 327-338.
- ITTC (1990). "Hull Roughness", Report of the Performance Committees, 19th ITTC, pp 262-265.
- ITTC (1978). Seakeeping and Powering Performance Committees, ITTC Proceedings, pp 375-380.
- ITTC (1981). Seakeeping and Powering Performance Committees, ITTC Proceedings, pp 129-247.
- Kwon, Y.J. Kim, E.C. and Hwangbo, S.M. (2000). "Estimating Performance," The Naval Architect, Sept., RINA, pp 96-104.
- Kwon, Y.J. (1982). The Effect of Weather, Particularly Short Sea Waves, on Ship Speed Performance, Ph.D. Thesis, University of Newcastle upon Tyne, U.K., pp 1-332.
- Maruo, H. (1960). "On the Increase of the Resistance of a Ship in Rough Seas," J.S.N.A.J., Vol 108, pp 5.
- Swift Peter, M. (1975). An Approach to the Rational Selection of the Power Service Margin, Doctorial Dissertation, University of Michigan, U.S.A., pp 1-144.
- Townsin, R.L. and Kwon, Y.J. (1993). "Estimating the Influence of Weather on Ship Performance", Tran. RINA, Vol 135, pp 191-209.
- Townsin, R.L. and Kwon, Y.J. (1983). "Approximate Formulae for the Speed Loss Due to Added Resistance in Wind and Waves", Tran. RINA, Vol 125, pp 199-207.
- Van Berlekom, W.B. (1981). "Wind Forces on Modern Ship Forms - Effect on Performance", Trans. NECIS, Vol 97, pp 123-134.

2004년 2월 4일 원고 접수

2004년 5월 28일 최종 수정본 채택