

大韓造船學會論文集
 第33卷第2號 1996年 5月
 Transactions of the Society of
 Naval Architecture of Korea
 Vol. 33, No. 2, May 1996

선박의 표면조도에 관한 연구 : 추정법 및 선박성능에 미치는 영향

권영중*, 주동국**

A Research on Ship Hull Roughness : Estimation Method and Effect on Ship Performance

by

Kwon, Y. J.* and Choo, D. K.**

요 약

선박의 경제적인 측면에서나 기술적인 측면에서 Service Power Margin을 신빙성있게 산출하여야 한다는 것은 주지(周知)의 사실이라 하겠다. 하지만 기존의 산정법이 문제가 될 정도로 너무 부정확하므로 이의 개선이 절실히 요청되며, 이를 위해서는 특히 선체의 표면조도(表面粗度) 영향 고려법과 관련된 연구가 필요하다는 것은 이미 10여년 전부터 많은 학자들에 의해서 강조되어 오고 있다. 예를 들면, 제 15 및 제 16 회 국제수조회의(ITTC)의 성능분과 위원회는 보고서의 결론에서 이점을 연속적으로 강조한 바 있다. 하지만 이 분야에서는 이론적 연구의 어려움때문에 실용성있는 연구결과를 얻기 위하여는 실선자료를 이용해서 분석해야 하는 것으로 알려져 있으며, 연구를 위한 실선자료 수집 기간이 매우 길 수 밖에 없다는 어려움이 있다. 이러한 특성 때문에 표면조도(表面粗度) 영향 고려법에 관한 이제까지의 연구는 매우 부진한 형편이라 하겠다. 이를테면, 1가지 종류의 선박에서 실선자료를 수집하기 위한 이상적인 기간은 선박의 연령과 같은 17년 ~ 25년이 될 것이다. 또한, 일반적인 법을 찾기 위해서는 여러 종류의 선박 자료가 필요할 것이다.

이에 본 논문에서는 15년 동안 수집된 자료를 회기분석법을 이용해서 분석함으로써 선령(船齡)에 따른 표면조도를 예측할 수 있는 관계식을 찾아 보았다. 아울러 V.L.C.C.를 예를 들어서 해상에서의 바람 및 파랑등의 기상 영향과 표면조도의 영향과를 비교하여 보았다.

발 표 : 1995년도 대한조선학회 추계연구발표회('95. 11. 9)

접수일자 : 1995년 12월 13일, 재접수일자 : 1996년 4월 10일

*정회원, 울산대학교 조선해양공학과

**학생회원, 울산대학교 조선해양공학과

Abstract

It is well known that the improved methods of the estimation of the service power margin is necessary to design a optimum ship and to operate economically a ship.

Unfortunately, most conventional methods of the predicting of the service power margin are not so accurate that attention should be payed to improve this. From this overview, it is importance with the effects of waves, as recommended by the 15th and 16th International Towing Tank Conference in 1978 and 1981. However the progress of research in this field is very slow mainly since it is taken so long time to take data about hull roughness according to ship ages. For instance, it would be taken 17 or 25 years to measure ideally the data for a ship. Moreover it would be also necessary to take data for many types of ships to lead a general solution.

A relationship between roughness and ship age are studied in this paper considering full scale data. A comparison is also made between the effects of hull roughness and of weather at sea for the ship.

1. 서 론

선박의 서비스 파워 마진(Service Power Margin)을 신빙성있게 산정하는 것이 선박설계나 선박의 경제적인 운용을 위하여 매우 중요하다는 것은 잘 알려진 사실이라 하겠다. 하지만 기존의 산정법이 문제가 될 정도로 부정확하므로 이의 개선이 절실히 요청되고 있으며, 이를 위해서 특히 선체의 표면조도 영향 고려법과 관련된 연구가 필요하다라는 것은 이미 오래전부터 많은 학자들이 강조하고 있다. 예를 들면 제 15회(1978) 및 제 16회(1981)의 양차 국제 수조 회의의 성능 분과 위원회 및 내항성 분과 위원회의 보고서에서 이점이 연속적으로 강조된 바 있다[1]. 또한 Swift, P.M.[2]도 미쉬간 대학에 제출한 박사학위 논문에서 기존 산정법의 부정확성을 예시하고, 표면조도 영향 고려법의 중요성을 역설한 바 있다. Swift, P.M.의 예시에 의하면 Persian Gulf Tanker 경우 기존 산정법의 결과가 127%의 차이가 났음을 보여주고 있다. 만일 선박의 표면 조도 영향이 정도(精度) 높게 규명된다면, 연료경제성을 고려한 최적속력산정에 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라

용선(用船)계약과 관련하여 빈번히 발생하는 법정 투쟁문제도 줄일 수 있을 것이다.

이의 개선을 위하여 많은 연구자들이 선박의 표면조도에 관한 연구를 수행하여 오고 있다. 이를 테면, Townsin, R.L. 등[3]은 실선자료를 이용해서 표면조도가 선속성능 및 선박의 경제성에 미치는 영향을 규명하는 논문으로 영국조선학회에서 논문상을 수상한 바 있다. 또한 Woodhead, P.(1974), Townsin, R.L. 등(1975, 1978, 1980, 1981, 1984, 1990, 1994), Byrne, D.(1980), Svensen, T.E.(1980, 1981, 1983), Milne, A.(1980, 1981, 1990), Dey, S.K.(1989, 1990), Medhurst, J.S.(1989, 1990), Mosaad, M.A.(1990), Fitzsimmons, P.A. 등(1990), Coldron, J.O. 등(1990), Kutlar, A.I. 등(1990), Grigson, C.W.B.(1990), Musker, A.J.(1990), Peters, D.(1994), Melchers, R.E.(1994), Callow, L. 등(1994), Knight, C.(1994), Pitt, B.J.A.(1994), Olliver, Y.(1994), Conway, M. 등(1994), Schunke, U.(1994), Benoit, J.(1994), Violotte, F.(1994), Emi, H. 등(1994)등 수 많은 연구자들이 표면조도영향 고려법, 부식방지법, 효율적 도장법등에 관한 연구를 수행해 오고 있다.

아울러 모형 실험을 통해서 표면조도의 영향을 규명해 보려는 노력도 진행되어 오고 있다. 예를

들면, Froude, W.(1894) 및 Granville, P.S.(1987)는 예인수조에서 표면조도가 저항에 미치는 실험을 시도한 바 있고, Karlsson, R.I.(1978)는 풍동실험을 통하여 이를 규명하고자 하였다. 한편 Nikuradse, J.(1950) 및 Musker, A.J.(1977)는 모래를 붙인 파이프 실험을 통하여 표면조도영향을 연구한 바 있다. 또한 Granville, P.S.(1978)은 높은 Reynold 수로 회전되는 디스크 실험을 수행한 바 있으며, 본 저자도 Rotor 실험장치를 이용해서 유체가 들어 있는 큰 드럼통속에서 여러가지 표면조도를 가진 원통을 회전시키면서 그 영향을 측정하는 실험을 수행한 바 있다. 이들 모형 실험들이 표면조도 영향 고려법과 관련된 연구에 기여한 바는 지대한 것이 사실이지만 실선과 똑같은 상태의 조도(粗度)와 Reynold 수의 실험을 하는 것이 어려운 것이 현실이다. 따라서 실선의 자료를 이용한 경험적인 방법이 그 이용의 가치가 높은 것으로 알려져 있다[3,4].

이 분야 연구를 위한 이론적인 접근이 어려울 뿐만 아니라 연구분석에 이용할 실선자료의 수집이 어렵기 때문에 연구의 진전이 매우 느린 형편이다. 말하자면 어떤 한 척의 선박을 대상으로 한 이상적인 자료측정은 이 배의 신조선(新造船) 때부터 선령(船齡)이 다하는 17년~25년 동안 계속하여서 규칙적인 측정을 하는 것일 것이다. 또한 일반적인 응용성을 갖는 경험적법을 찾기 위해서는 여러 종류의 선박과 속도 경우의 측정자료가 필요함으로 실로 代를 이어서 측정을 하면서 연구하는 것이 필요하다고 말할 수 있겠다. 이러한 연구의 어려움 때문에 최근까지도 영국을 중심으로 한 유럽에서는 Marine Roughness와 Corrosion을 주제로 한 국제 Workshop이 정기적으로 개최되어 오고 있다. 예를 들면 1990년과 1994년에도 영국 조선학회주최로 이 분야의 국제 conference가 개최된 바 있다.

이에 본 논문에서는 약 20년전부터 Townsin, R.L.[3], 박공만[5] 및 이윤혁[6] 등이 측정한 자료와 최근에 저자가 수집한 실선자료를 분석함으로써 선령(船齡)과 표면조도(表面粗度)와의 관계를 규명코자 하였으며, VLCC를 예를 들어서 표면조도 및

해상의 바람과 파랑이 선박의 속도성능에 미치는 영향을 검토해 보았다.

2. 표면조도의 추정 및 영향

2.1 선령과 표면조도와의 관계

앞장에서 살펴본 바와 같이 선령에 따른 표면조도를 추정할 수만 있다면 경제적인 측면에서 그 이용 가치는 지대할 것이다. 이에 본 절에서는 오래전부터 측정되어 온 실선자료를 모아서 이용함으로써 비록 다소의 오차는 예견되더라도 간단히 표면조도를 추정할 수 있는 약산식을 찾으려 했다.

20여년전부터 측정된 재래식 페인트 사용 선박의 표면조도 자료는 Fig.1에 수록하였다. 본 그림에 ●표는 문헌 3 및 5에서 발췌한 133척분의 자료를 의미하며 ×표는 저자가 최근에 수집한 56척분을 추가한 것이다. 또한 Fig.2에는 SPC페인트 선박의 측정값을 보여주고 있다. 여기서 ●표는 문헌 6의 자료를 이용하였으며 ×표는 최근에 추가로 측정한 자료이다. 본 자료 경우는 shot-blast 선박 경우는 제외시켰으며, 선령에 따른 조도를 AHR(μm)로 표시하였다. 같은 선령에서도 AHR(Average Hull Roughness)이 상당히 차이가 있는 것으로 나타났다. 이렇게 되는 주된 이유는 (1)도장시스템이 어떤 것이냐? (2)도금처리를 했느냐? (3)독킹 횡수 및 독크에서 처리된 일의 수준이 어떠한가? 등에 관련되는 것으로 나타났다. 이러한 여러 요인들 때문에 선령에 따른 표면조도를 추정하는 것은 쉬운 일이 아니지만 Fig.1 및 Fig.2의 측정 자료에 맞는 회귀식을 아래와 같이 구했다.

(i) 재래식 페인트 선박의 경우

$$: \text{AHR}(\mu\text{m}) = 123 + 38 \times (\text{선령}) \dots (a)$$

(ii) SPC페인트 선박의 경우

$$: \text{AHR}(\mu\text{m}) = 107 - 13 \times (\text{선령}) \dots (b)$$

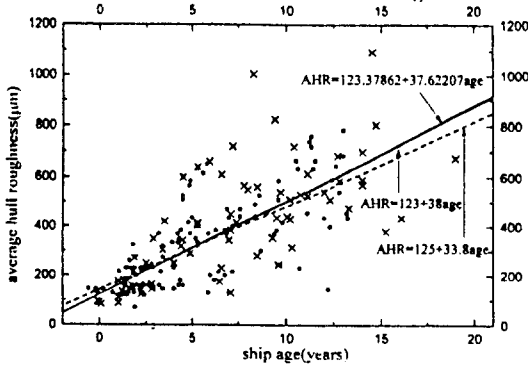


Fig 1. Average hull roughness vs. age for conventional paint ships

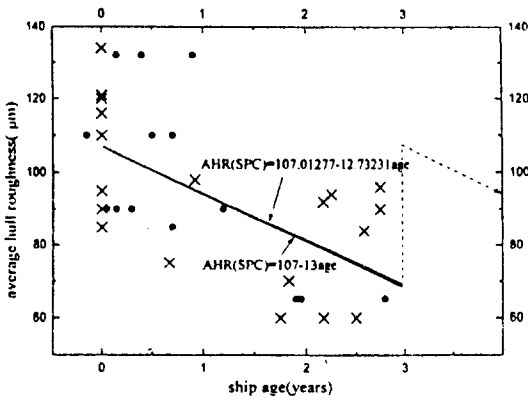


Fig 2. Average hull roughness vs. age for SPC paint ships

본 자료에서 새로 건조된 배의 AHR 은 70~180 μm 인 것으로 나타났으나, Svensen, T.E.[7]은 신조선 경우 평균 AHR이 123 μm 이 됨을 보여준 바 있다. 따라서 본 회귀식 경우도 신조선의 AHR은 123 μm 값을 택하였으며, 이 식을 구하는데는 Version 2.0의 Origin[8]을 이용하였다. 비교 목적으로 Fig.1에는 본 식의 결과 이외에 소숫점이하 5째자리까지 fitting 시킨 직선과 박공만[5]의 식 결과를 함께 수록하였다. 선령이 5년 이하인 경우는 박공만[5]의 식 결과가 다소 높게 나타난 반면에 5년 이상의 선박의 경우는 본 논문에서 제시한 (a)식의 결과가 오히려 높은 것으로 나타났다. 또한 fitting때 소숫점이하 5째자리까지 채

택한 식의 결과와 좀 더 단순화시킨 (a)식과 (b)식의 결과와는 공히 약간 차이가 있으나 측정치의 불규칙성을 감안할 때 이러한 차이는 이용의 간편성을 위하여 무시하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 이윤혁[6]은 14척의 SPC페인트선 자료로부터 상기(b)식에서 선령에 곱하는 상수를 15로 제시한 바 있으나, 본 논문에서는 이 자료에 19척의 자료를 신규로 추가해서 도합 33척의 자료에 fitting 시킨 결과는 13으로 나타났다. 또한 SPC선박 경우는 보통 3년을 주기로 페인팅을 다시 하는 것으로 나타났대[6]. 한편 재래식 페인트 선박 경우는 표면을 shot-blasting하고, 재코팅하거나 도금처리할 경우에 변화될 AHR의 량은 Fig.3으로 부터 구할 수 있을 것이다[3].

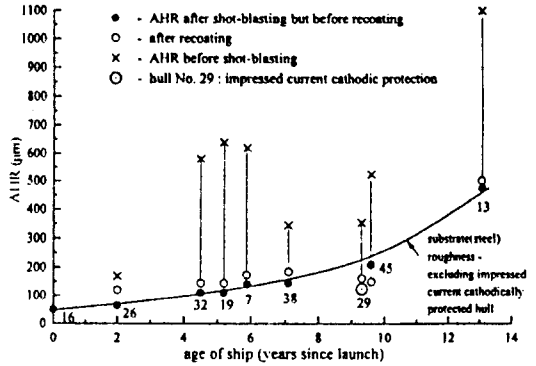


Fig 3. Effects of shot blasting and roughness of steel substrate with age [Townsin 등(1980)]

2.2 표면조도가 선박의 속도 성능에 미치는 영향

VLCC선을 공시선(供試船)으로 해서 표면조도에 따른 속력손실량을 계산하여서 Fig.4에 수록하였다. 아울러 비교목적으로 해상의 바람 및 파랑 영향에 의한 속력 손실량도 함께 그려 보았다. 본 계산을 하기 위하여서 표면조도 영향 경우는 Townsin, R.L. 및 Dey, S.K.[4]의 방법을 이용하였으며 해상의 바람 및 파랑 영향 고려를 위해서는 권영중[9,10]의 법을 이용하였다. 본 계산에 이용

한 공시선은 길이 336m이고, 길이/폭 비가 6.06이며, 길이/흘수 비는 15(하중상태)이고 방형계수는 0.84인 선박을 택하였다.

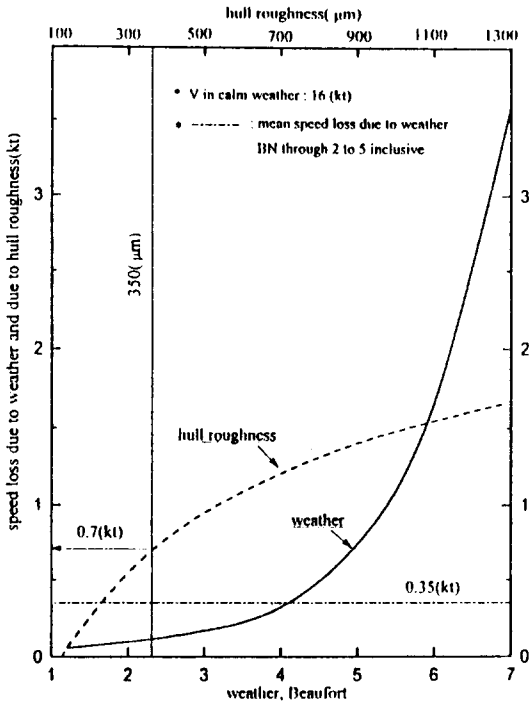


Fig 4. Comparisons of the relative effects of weather and hull roughness on speed loss(V.L.C.C.)

해상의 바람 및 파랑의 영향과 표면조도가 선박 속도 성능에 미치는 영향을 직접 비교하기는 쉬운 일이 아니다. Fig 4에서 실제 운항되고 있는 선박의 AHR이 70~1100 μm 이지만, 최빈 조도가 AHR값으로 350 μm 이라는 점[3]과 항로의 바람 및 파랑의 90% 이상이 Beaufort수(BN) 5 이하라는 점[11,12,13]을 감안하고, $2 \leq \text{BN} \leq 5$ 경우 바람과 파랑에 기인된 속도 손실의 평균값이 0.35 kt인 반면에 표면조도 350 μm 경우의 속도 손실량은 0.7 kt이라는 결과를 볼 때 표면조도가 해상의 기상보다 최소 2배 이상의 속도 손실에 영향을 끼치는 것으로 사료된다.

3. 결 언

실선자료를 회귀분석해서 선령에 따른 평균표면조도의 변화를 (a)식 및 (b)식으로 표시하였다. 2.1절에서 검토된 바와 같이 실선의 표면조도에 미치는 요인들이 많아서 정확한 추정은 어렵지만, 본 논문에서 제시한 식과 문헌[4]의 방법을 이용해서 표면조도에 기인된 동력이나 속도 성능을 비교적 쉽게 해석할 수 있을 것이다. 따라서 정확성이 문제시되고 있는 기존의 썬비스 동력산정법을 개선하고, 용선계약의 신빙성을 높이며, 경제적인 최적속력산정에 일조(一助)할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 2.2절에서 검토된 바에 비추어 볼 때 속도손실량에 미치는 표면조도(表面粗度)의 영향은 해상의 바람 및 파랑을 합한 영향보다 두 배 이상으로 큰 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 1994~1995년도 한국과학재단 연구비(과제번호 : 941-1000-010-2)지원으로 수행되었다. 동재단에 감사드리는 바이다.

참 고 문 헌

- [1] I.T.T.C., "Reports of the Performance, the Seakeeping and the Manoeuvrability Committees", 1978(15th), 1981(16th)
- [2] Swift, P.M., "An Approach to the Rational Selection of the Power Service Margin", Ph.D. dissertation, University of Michigan, 1974
- [3] Townsin, R.L., Byrne, D., Milne, A., and Svensen, T.E., "Speed, Power and Roughness: The Economics of Outer Bottom Maintenance", *Trans. RINA*, vol. 122, 1981
- [4] Townsin, R.L., and Dey, S.K., "The Correlation of Roughness Drag with Surface Characteristics", *Proc. International Workshop on Marine Roughness and Drag*, RINA, 1990
- [5] 박공만, "썬비스 파워 마진 산정법의 개선에 관한 연구", 석사학위논문, 울산대학교, 1988

- [6] 이윤혁, "자기연마성 도료 사용 선박의 서비스 파워 마진 산정법의 개선에 관한 연구", 석사학위논문, 울산대학교, 1990
- [7] Svensen, T.E., "A Techno-economic Model of Ship Operation with Special Reference to Hull and Propeller Maintenance in the Face of Uncertainty", *Ph.D.Thesis, University of Newcastle upon Tyne*, 1983
- [8] Chao-Ping Yang, "Software Origin(version 2.0)", Copyright(c) 1991, 1992 Microcal, Inc, U.S.A.
- [9] Kwon, Y.J., "The Effect of Weather, Particularly Shot Sea Waves, on Ship Speed Performance", *Ph.D.Thesis, University of Newcastle upon Tyne*, 1981
- [10] Townsin, R.L., Kwon, Y.J., Baree, M.S., and Kim, D.Y., "Estimating the Influence of Weather on Ship Performance", *Trans. RINA*, vol. 135, 1993
- [11] Logan, K.P., Reid, R.E., and Williams, V.E., "Considerations in Establishing a Speed Performance Monitoring System for Merchant Ships", *Symposium of Shipboard Energy Conservation '80, SNAME*, 1980
- [12] Lindemann, K., and Robertsson, S., "An Analysis of the Weather Slow-down of a SBT-tanker in Ballast with Special Emphasis on Added Resistance", *DNV, Report 80-0641(Limited Distribution)*, 1980
- [13] Townsin, R.L., Moss, B., Wynne J.B., and Whyte, I.M., "Monitoring the Speed Performance of Ships", *Trans. NECI*, vol. 91, 1975