

해상에서의 선속 손실량 산정을 위한 약산식 개발 연구

권영중* · 김대영**

*울산대학교 조선해양공학부 · **삼성코닝주식회사

A Research on the Approximate Formulae for the Speed Loss at Sea

YOUNG-JOONG KWON* AND DAI YOUNG KIM**

*School of Naval Arch. and Ocean Eng., University of Ulsan, Ulsan Korea

**Samsung Corning Company Limited, Suwon, Korea

KEY WORDS: Approximate Formulae 약산식, Speed Loss 속력손실, Weather Intensity 기상 격렬도, Wave Added Resistance 파랑 부가저항, Wind Added Resistance 바람 부가저항, Series 60 시리즈 60

SUMMARY: An improved approximate formula is presented for Series 60 forms, modifying the approximate formula, developed by the Author in 1983. The weather formula is based on interpretations of detailed calculations of speed loss, due to wind(van Berlekom), motions(Maruo), and wave reflection resistance(Kwon). Comparison is made between the result of the approximate formula and the one of detailed calculation. The result of the formula is also compared with some published full-scale data for speed loss.

1. 서 론

해상의 파도, 바람 및 표면조도 등에 기인된 선속의 손실량을 간편한 방법으로 신빙성 있게 구할 수만 있다면 경제적으로 최적인 선박 설계와 운용 측면에서 그 이용가치가 지대하다는 것은 주지의 사실이다.

하지만 선박의 속력 해석에는 비선형적이고도, 불규칙적이며 불확실한 요소가 너무나 많으므로 산정 방법이 지나치게 복잡해서 실용성에 문제가 있는 것으로 지적되어 왔다 (Townsin and Kwon, 1983 ; Townsin and Kwon, 1993 ; Kwon et al., 2000). 예를 들면 해상의 바람 및 파도에 기인된 부가저항만을 산정하기 위하여서도 Fig. 1과 같이 복잡한 과정을 거쳐야 한다.

이에 본 저자가 1983년에 간편한 약산식을 제안하였으며, 이 법이 'STAP(1994)' 프로그램 및 Hubregtse과 Mennen(1995)등에 의하여 인용된 바가 있다. 하지만 이 방법을 탱커(Cb=0.84, Fn=0.15) 및 컨테이너선(Cb=0.62, Fn=0.25)이외에 적용할 경우 오차가 너무 증대한다는 약점이 있어왔다. 본 논문에서는 이를 개선하여 Cb=0.60~0.85 및 Fn=0.10~0.30 등에서도 오차가 작은 약산식을 개발하였다.

2. 해상에서 선속 손실량 산정을 위한 약산식

권영중(2003, 2004), 권영중과 Townsin(1993), Townsin and Kwon(1993) 및 Kwon(1982)에서 제안된 방법과 Series 60 선형을

이용해서 다음과 같은 경우의 선박 속도 손실량을 계산하였다. 구체적인 계산 때 특히 해상의 파도 및 바람에 기인된 부가저항은 Fig.1과 같이 산정하였다. 이 그림에서 인용된 Maruo(1960), Kwon(1982), Van Berlekom(1981) 등은 ISO의 '선박속력 시운전 해석을 위한 표준법(ISO, 2002)'에도 채택되어 있다.

- Cb : 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80

- Fn : 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30

이 계산 결과를 이용해서 Townsin과 Kwon (1983)의 약산식에 선속(Fn: 후루드수) 및 방형계수(Cb)의 변화 영향이 고려된 약산식을 식(1),(2),(3)과 같이 개발하였다.

Cb = 0.60, 0.65, 0.70 (Normal condition) 경우

$$\frac{\Delta V}{V} (100\%) = \alpha \mu \left(\frac{0.7BN + BN^{6.5}}{2.7\Delta^{2/3}} \right) \quad (1)$$

Cb = 0.75, 0.80 (Normal condition) 경우

$$\frac{\Delta V}{V} (100\%) = \alpha \mu \left(\frac{0.7BN + BN^{6.5}}{2.7\Delta^{2/3}} \right) \quad (2)$$

Cb = 0.75, 0.80 (Ballast condition) 경우

$$\frac{\Delta V}{V} (100\%) = \alpha \mu \left(\frac{0.7BN + BN^{6.5}}{2.7\Delta^{2/3}} \right) \quad (3)$$

여기서 α 는 선속(Fn)과 방형계수(Cb)에 따른 수정계수이며 Table 1과 같이 표기된다. V는 상용속력을 의미하며, ΔV 는 속력 손실량을 나타낸다.

제1저자 권영중 연락처 : 울산광역시 남구 무거2동 산29
052-259-2153 yjkwon@mail.ulsan.ac.kr

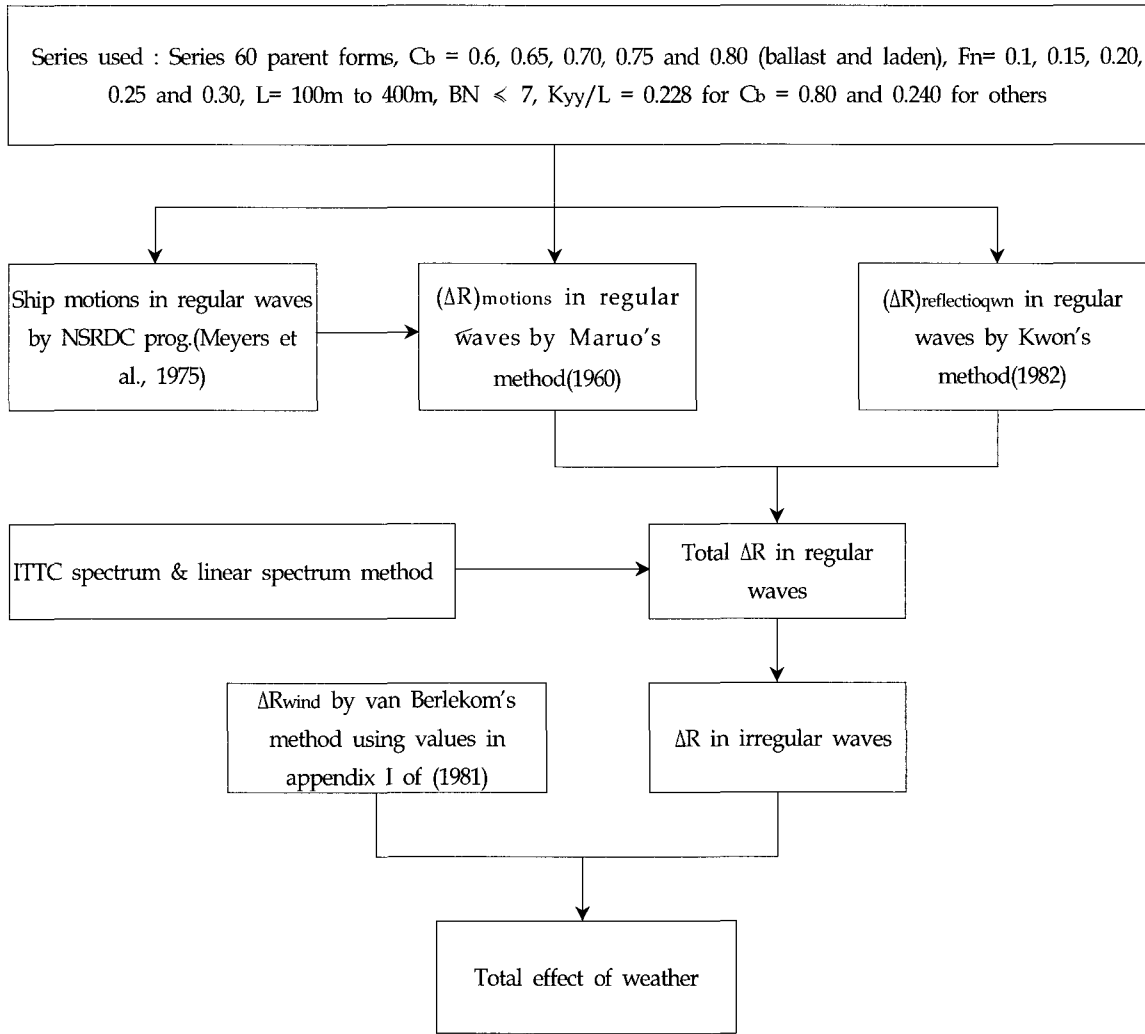


Fig.1 Calculation method for weather effect

Table 1. α values

Cb(condition) \ Fn	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
	0.60(Normal)	-	1.54	1.26	1
0.65(Normal)	-	1.81	1.36	1	0.42
0.70(Normal)	-	2.08	1.52	1	0.38
0.75(Normal)	1.42	1	0.69	0.37	-
0.80(Normal)	1.48	1	0.57	0.25	-
0.75(Normal)	1.52	1	0.70	0.38	-
0.80(Normal)	1.60	1	0.60	0.26	-

그리고 μ 는 바람과 파도의 방향에 따른 상수로서 이는 Townsin과 Kwon(1983)의 결과를 그대로 이용하였다. 즉

- * $30^\circ - 60^\circ$ 경우 : $2 \mu_{bow} = 1.7 - 0.03 (BN-4)^2$
- * $60^\circ - 150^\circ$ 경우 : $2 \mu_{beam} = 0.9 - 0.06 (BN-6)^2$
- * $150^\circ - 180^\circ$ 경우 : $2 \mu_{following} = 0.4 - 0.03 (BN-8)^2$
- * $0^\circ - 30^\circ$ 경우 : $2 \mu_{head} = 2$

또한 BN은 Beaufort Number를 의미하며, ∇ 는 m'로 표시된 체적 배수량을 뜻한다. 여기서 선박크기영향과 관련된 ∇ 의 지수는 Townsin과 Kwon식의 값을 그대로 이용하였다.

3. 약산식의 정확성 검토

본 약산식의 정확성 검토를 위하여 $C_b=0.60-0.80$ 및 $F_n=0.10-0.30$ 의 25가지 경우를 대상으로 구체적인 이론 계산 값과 본 논문에서 개발된 약산식의 결과를 비교해 보았다. 이 비교 중에서 대표적인 것 5가지를 선택하여 Fig. 2 부터 Fig. 6

에 수록하였다. 또한 Fig. 7에서는 $C_b=0.80$, $F_n=0.15$ 인 경우에 대하여서 본 약산식의 결과와 Takahashi 및 Tsukamoto(1977)의 모형실험 결과, Aertssen 및 van Sluys(1972)의 실선 자료, 구체적인 이론 계산 값 등과도 복합적인 비교를 하였다.

이상의 비교로부터 약산식의 결과가 구체적인 계산 결과와 $BN < (5-6)$ 에서는 비교적 잘 일치함을 알 수 있다. 하지만 실제의 항로 분석에서 80~90% 상태가 $BN \leq 4$ 이며, 더욱이 BN 가 5~6 이상에서는 프로펠러 레이싱(Propeller Racing)으로 인한 인위적인 감속(VSL: Voluntary Speed Loss)이 발생하는 것으로 알려져 있으므로(Kwon,1982), 이 영역에서 ISL(Involuntary Speed Loss)는 의미가 없어진다. 이러한 점들을 감안할 때 본 약산식은 실용적인 측면의 정확성이 있는 것으로 판단된다.

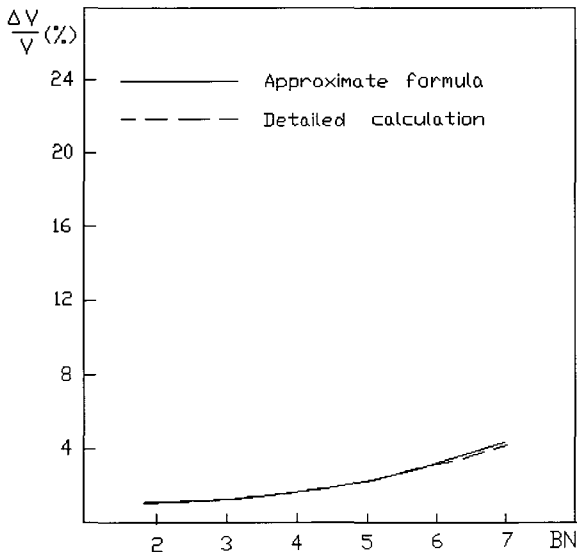


Fig. 2 $C_b = 0.60$ (normal), $F_n = 0.30$, $\nabla = 204,700m^3$

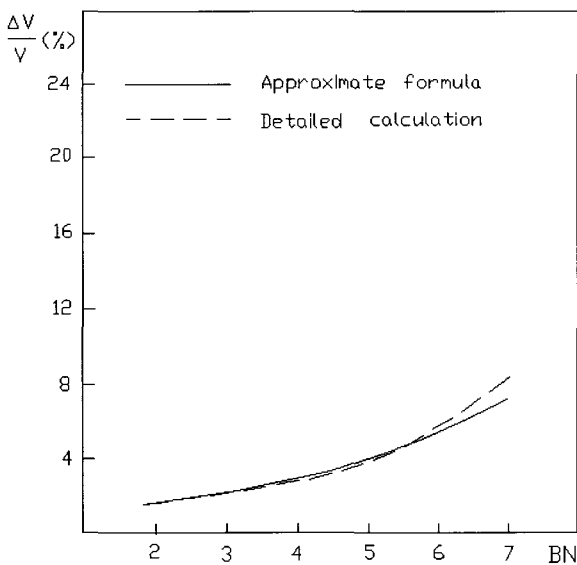


Fig. 3 $C_b = 0.65$ (normal), $F_n = 0.25$, $\nabla = 237,000m^3$

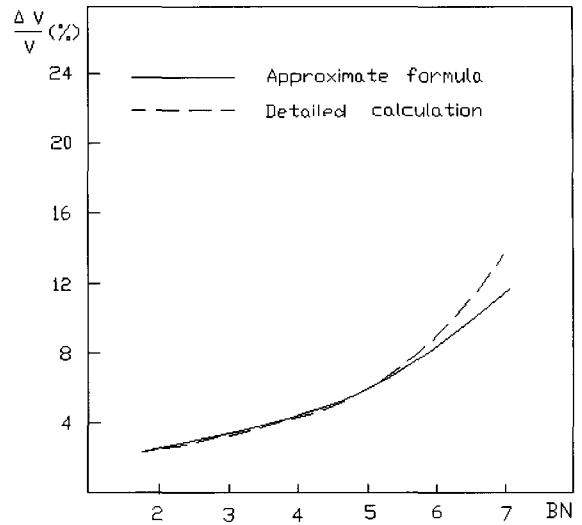


Fig. 4 $C_b = 0.70$ (normal), $F_n = 0.20$, $\nabla = 273,000m^3$

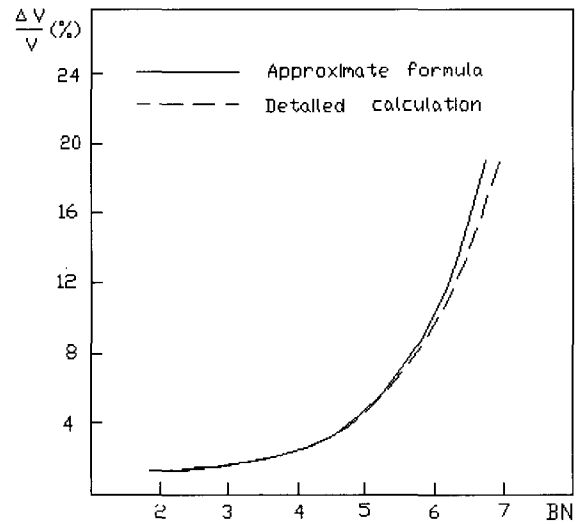


Fig. 5 $C_b = 0.75$ (normal), $F_n = 0.15$, $\nabla = 421,000m^3$

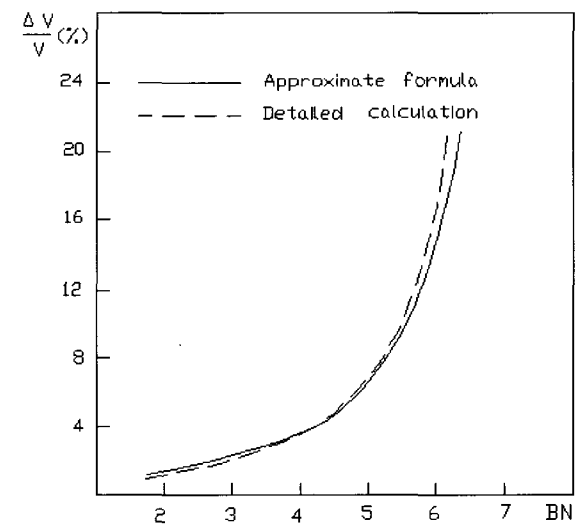


Fig. 6 $C_b = 0.80$ (normal), $F_n = 0.10$, $\nabla = 484,200m^3$

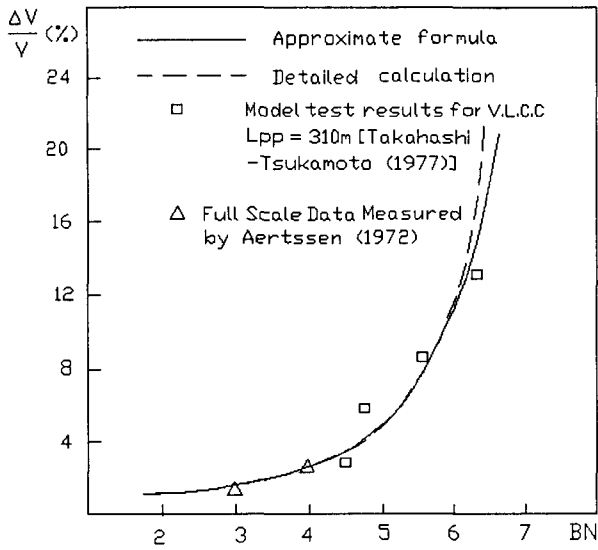


Fig. 7 Comparison of the result of the approximate formula with detailed calculation, model test and full scale data

4. 결 언

본 논문에서 제안한 약산식의 결과가 BN 5-6 이상을 제외하고는 비교적 정확성이 있는 것으로 나타났다. 하지만 대부분의 항로의 기상상태가 BN ≤ 4 일 뿐만 아니라 더욱이 BN > 6 인 경우는 ISL(Involuntary Speed Loss)가 의미를 상실하게 되는 점을 감안할 때 본 약산식은 간편하면서도 실용성이 있는 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 울산대학교의 연구비로 수행되었으며, 이에 감사한다.

참 고 문 헌

권영중 (2004). "씨마진 산정법의 개선에 관한 연구 (I)", 한국해양공학회지, 제18권, 제3호, pp 40-43.
 권영중 (2003). "선박의 속력성능에 관한 연구", 한국해양공학회지, 제17권, 제2호, pp 67-71.
 권영중, Townsin, R.L. (1993). "해상에서의 기상상태에 기인

된 부가저항에 관한 일고찰", 한국해양공학회지, 제7권, 제1호, pp 56-61.
 Aertssen, G and van Sluys, M.F. (1972). "Service Performance and Seakeeping Trials on a Large Containership", Tran. RINA, Vol 114, pp 429-447.
 Hubregtse, A.H. and Mennen, G.G.J. (1995). "Speed Trial Or Trial Speed", The 6th International Symp. on Practical Design of Ships and Mobile Units, pp 1.171-1.181.
 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.
 Kwon, Y.J., Kim, E.C. and Hwangbo, S.M. (2000). "Estimating the Effect of Wind and Waves on Ship Speed 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, pp 1-332.
 Maruo, H. (1960). "On the Increase of the Resistance of a Ship in Rough Seas", JSNAJ, Vol 108, pp 86-92.
 Meyers, W.G., Sheridan, D.J. and Salvesen, N. (1975). NSRDC Ship-motion and Sea-load Computer Program, NSRDC Report 3376, pp 1-134.
 STAP (1994). "Speed Trial Analysis Program STAP", MARIN Report No. 3.12444-1-SE, Sept., Wageningen, Netherlands, pp 1-25.
 Takahashi, T. and Tsukamoto, O. (1977). "Effects of Waves on Speed Trial of Large Full Ships", JSNAWJ, No 54, pp 63-72.
 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 Force on Modern Ship Forms-Effects on Performance", Tran. NECIES, Vol 97, pp 123-134.

2005년 1월 27일 원고 접수

2005년 3월 25일 최종 수정본 채택