

대형 함정에 부착된 flap 의 저항감소 효과에 대한 실험적 고찰

허재경^{†*}, 이정관^{*}

㈜한진중공업 특수선선체설계팀^{*}

An Experimental Study on Resistance Decrease Due to the Stern Flap of a Large Warship

Jaekyung Heo^{†*} and Jeong Kwan Lee^{*}

Hanjin Heavy Industries & Construction Co., Ltd
Special Ship Hull Design Team^{*}

Abstract

Model tests for a stern flap have been performed to decrease the resistance of a large warship and to optimize the flap. Stern flaps and wedges of fast crafts are studied to apply to a large vessel in terms of speed-length ratio. The model tests of the flap has been carried out to find the effects of the design parameters, i.e. length and angle on resistance decrease. This work concludes that the optimized stern flap reduced resistance not only at the high speed by 9% but also at the cruising speed.

※Key words: Stern flap(선미 플랩), Resistance decrease(저항 감소), Large warship(대형 함정)

1. 서론

선체에 부착되는 빌지킬, 핀안정기, 스트럿 등의 부가물들은 각각 고유의 기능을 가지고 있으며, 이들 가운데 flap 과 wedge 는 트림 변화와 저항을 감소시키는 부가물로 알려져 있다. Flap 과 wedge 는 비교적 고속에서 운항되는 소형 선박에 적용되어 왔다. 경비정을 포함한 소형 고속선에서 flap 과 wedge 의 저항 감소 효과는 양력에 의한

트림 변화에 기인하는 것으로 알려져 있다. 그러나, 구축함을 비롯한 대형 선박의 경우에는 flap 과 wedge 로 인한 트림의 변화가 소형선박의 그것에 비하여 매우 작기 때문에 트림에 의한 저항감소보다는 유동장 개선에 의한 것으로 알려져 있다(Karafiath et al., 1999).

미해군은 최근 연료 소모량 감소의 목적으로 flap 을 적극적으로 채택하고 있다(Cave and Cusanelli 1993, Cusanelli and Hundley 1999). Flap 은 자본회수기간(payback period)이 짧아서 다양한 종류의 함정에 적용되고 있으며, 최근에는 구축함과 수송함 등의 대형 함정에도 적용되고 있다. 1997년에는 DD 968 에서 약 11.7%에 달하는

접수일: 2003년 10월 8일, 승인일: 2003년 12월 2일

†주저자, E-mail:hush@hhic.co.kr

Tel: 051-410-8028

마력감소 효과를 인정 받아 EPA 의 환경보호상을 수상하기도 하였다. 또한, 최근 건조 중에 있는 대형 상륙함인 LPD 17 에도 flap 을 부착하여 함속을 증가시킨 바 있다.

본 논문에서는 이 같은 해외의 적용사례를 토대로 소요마력을 감소시키기 위하여 flap 을 대형함정에 적용하였다. 선행 연구사례를 조사하여 flap 의 주요 특성 및 설계 변수를 고찰하였으며, 이를 토대로 flap 의 길이와 각도를 저항시험을 통해 최적화 하였다.

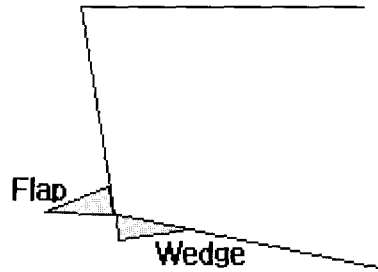


Fig. 1 Stern flap and wedge

2. Stern flap 의 특성 고찰

2.1 Stern flap 과 wedge 의 비교

Stern flap 은 1980 년대에 수행된 stern wedge 에 관한 연구를 기반으로 연구되어온 부가물로, 그 효과는 wedge 와 유사한 것으로 알려져 있다. Flap 과 wedge 의 형상은 Fig. 1 에 나타나 있다. Wedge 는 트랜섬의 선체 하단부 앞쪽에 부착되나, flap 은 트랜섬의 뒤쪽에 돌출되도록 부착된다. 이 같은 형상과 부착위치의 차이는 저항 감소효과에 있어서 다소 다른 경향으로 나타난다. Cusanelli/Karafiath(1997)는 상륙함 및 수송함 선형의 모형 시험 결과를 종합하여 flap 의 저항감소 효과는 $F_n=0.2$ 이상에서부터 나타나며, 저항 및 마력 감소율은 3~9%에 달한다고 보고하였다. 이에 반해, wedge 는 Fig. 1 에서와 같이 트랜섬의 깊이를 증가시키므로 저속에서의 저항성능이 flap 에 비하여 불리하고, 0.3 이상의 F_n 에서 저항감소 효과가 나타나게 된다. 한편, F_n 가 0.2 이하인 영역에서의 stern flap 으로 인한 저항 증가는 실선 시운전에서 실제로 나타나지 않았다고 보고된 바 있다.

2.2 Stern flap 의 효과

Fig. 1 에서와 같이 flap 은 선박의 길이를 실질적으로 증가시켜 길이 대 폭의 비를 증가시키는 효과를 가져올 뿐만 아니라 다음과 같은 선미부 유동변화를 통해 소요마력을 감소시킨다.

압력 및 유속 변화

선미부의 압력이 증가하고 유속이 감소되며, 이 때 증가된 압력은 저항 감소에 기여하게 된다. 또한, 압력증가로 인해 케비테이션이 발생할 수 있는 확률이 낮아지며, 진동 및 소음특성도 향상시킬 수 있다. 압력이 증가하는 것과는 반대로 유속이 감소되며, 반류 특성이 향상되어 추진 효율이 증가한다. 반류의 변화에 비해 추력감소율은 크게 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다.

양력 및 항력 발생

양력과 항력이 발생되나, 전체적으로 소요마력에는 긍정적으로 작용한다. 일반적으로, flap 의 길이, 각도가 증가할수록 양력과 항력은 증가한다.

트림 변화

Flap 에 작용하는 양력과 선미부의 압력증가로 인해 트림에 변화가 일어나며, 저항감소 효과를 가져온다. 특히, 소형선의 경우에는 트림 변화로 항주자세가 변화되어 저항이 감소된다.

선미파 변화

선미파의 높이, 기울기, 쇄파현상이 감소하여 조파저항이 감소된다.

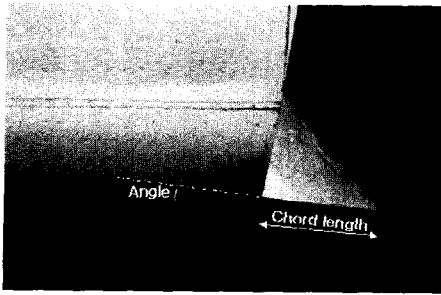


Fig. 2 Design parameters of stern flap

2.3 설계 변수

Flap 의 설계시 고려해야 할 주요 설계 변수는 Fig. 2 에서 보이는 길이, 각도, 폭 등이다. 길이는 일반적으로 선체 길이의 0.5%~1.5%정도이며, 선체 길이를 증가시키는 효과를 가져온다. 길이가 길수록 고속에서는 유리하나, 저속에서는 flap 끝단이 깊이 잠기게 되므로 저항증가를 가져올 수 있다. 각도는 centerline profile 과 flap 이 이루는 각도로 정의되며, 고속의 경우에는 각도가 클수록 저항이 감소되나 저속에서는 반대의 경향을 보인다. 폭은 넓을수록 유리하나 급격한 곡률변화와 트랜섬의 모서리에서 발생하는 불균일한 유동을 피하도록 결정해야 한다.

3. Stern flap 최적화

3.1 적용 가능성 검토

본 논문에서 flap 을 적용한 함정은 만재배수량 약 18,500 톤의 대형 상륙수송함으로 그 규모는 현재까지 전세계에서 flap 을 적용하여 취역한 함정들 가운데 최대형급의 함정이다. 본 함의 최대 함속에서의 Fn 는 0.3 보다 작으므로 wedge 보다는 flap 의 저항감소 효과가 클 것으로 판단된다. 또한, flap 은 $Fn=0.2$ 정도에서도 저항감소 효과가 있는 것으로 알려져 있으므로 순항속력에서도 저항을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 그 밖에 본 함의 트랜섬은 폭이 넓고, 침수 깊이가 작으므로 flap 을 부착하기에 용이한 기하학적 특성을 가지고 있다.

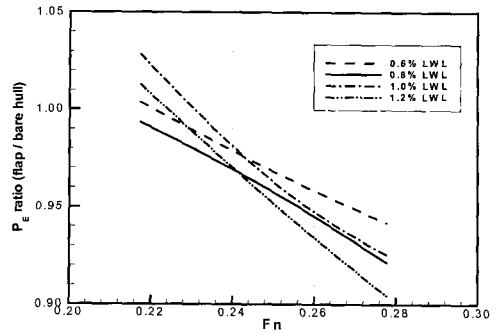


Fig. 3 Effects of chord length on resistance

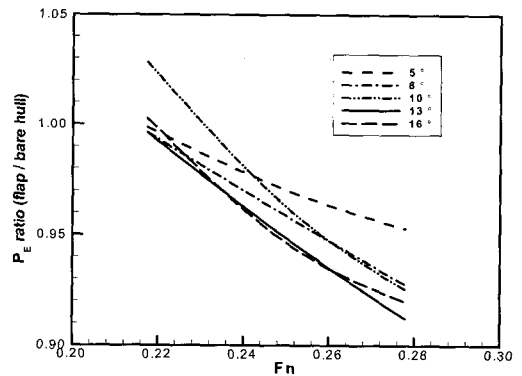


Fig. 4 Effects of angle on resistance

3.2 Flap 의 최적화

Flap 의 주요 설계 변수인 길이, 각도, 폭의 최적화는 KRISO 에서 수행한 저항시험을 통해 이루어졌다. 길이는 수선길이의 0.6%~1.2% 까지 변화시켰으며, 각도는 5°~ 16°까지 변화시키면서 저항시험을 수행하였다.

Flap 의 최적 길이를 결정하기 위하여 수선길이의 0.6, 0.8, 1.0, 1.2%에 해당하는 4 가지 종류의 flap 에 대하여 각도는 10°로 고정시키고 저항시험을 수행한 결과를 Fig. 3 에서 보여주고 있다.

길이가 증가할수록 저항감소율이 증가하는 경향을 보여주고 있다. 특히, 수선길이의 0.8%로 제작된 flap 은 낮은 속력에서도 저항이 감소하는 것으로 나타났다. 최종적으로 본 함의 설치 적합성 및 저속에서의 저항감소를 함께 고려하여 flap 의 길이는 0.8%로 결정하였다.

Fig. 4 에서 길이를 최적화 시험을 통해 결정된

수선길이 0.8%의 flap 을 길이를 고정시키고 각도를 5°부터 16°까지의 변화시키며 유효마력의 감소율을 비교하고 있다. 전체적으로 각도가 증가할수록 저항이 감소하는 것으로 나타났으며, 13°의 경우에 감소율이 최대로 나타났다. 최종각도는 전속력범위에서 저항감소가 가장 큰 13°로 결정하였다.

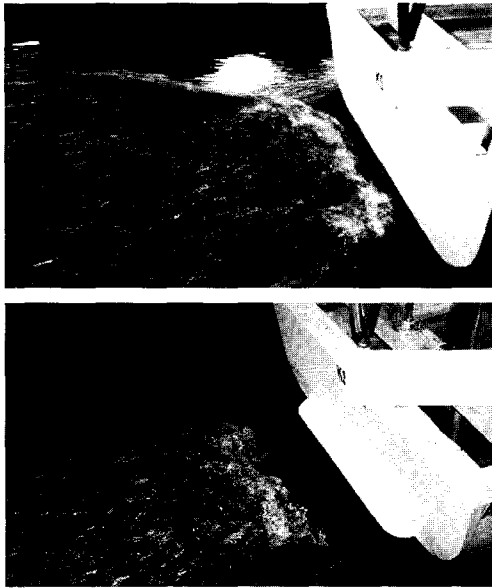


Fig. 5 Wave patterns (Fn=0.28, top: w/o flap, bottom: w/flap)

길이와 각도 변경을 통해 최적화된 flap 을 최종적으로 부착하여 저항감소량을 확인하였다. Fig. 5 는 flap 의 부착 유무에 따른 선미파를 비교하고 있다. Flap 이 부착된 경우에는 flap 이 없는 경우에 비하여 선미파가 트랜섬의 후방에서 발생하였고, 발생되는 파도의 형태도 안정적이어서 조파저항 감소에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 이같은 경향은 Cusanelli/Karafiath (1997)가 시운전에서 확인한 것과 유사한 경향으로 보인다.

본 함의 flap 으로 인한 저항 감소량을 검토하기 위하여 비교적 유사한 종류의 함정인 미 해군의 LPD17 의 모형시험 결과(Karafiath et al. 1999)와 비교하였다. Fig. 6 에서 보는 바와 같이 본 함의 flap 으로 인한 저항감소가 LPD 17 의 그것에 비하여 우수한 것으로 나타났다. 이는 LPD 17 의 경우 길이와 각도에 대한 별도의 최적화 과정을 거치지 않고 한 종류의 flap 을 선택하였기 때문으로 사료된다. 이 밖에 본 함의 배수량보다 큰 약 25000 톤에 달하는 배수량도 저항감소에 불리하게 작용하였을 것으로 보인다.

최적화된 Flap 을 부착하였을 경우 Fn=0.28 에서 최대 약 9%의 저항이 감소되며, Fn=0.21 이상에서 저항이 감소하고 있음을 Fig. 6 을 통해 확인할 수 있다. 이를 통해 본 함의 최대속력을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라, 순항속력에서 운용시 운용비용 감소 효과도 함께 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

저항감소 효과가 큰 것으로 알려진 stern flap 의 주요 변수를 최적화하여 대형 함정의 설계에 적용하였다. 길이와 각도를 각각 변화시키면서 저항시험을 수행하여 최적화하였으며, 수선 길이의 0.8%를 가지는 flap 을 13°의 각도로 부착하였다. 최적화된 flap 을 부착하여 최대 약 9%의 저항감소 효과를 가져왔을 뿐만 아니라, 순항영역에서도 저항감소 효과를 이룰 수 있었다.

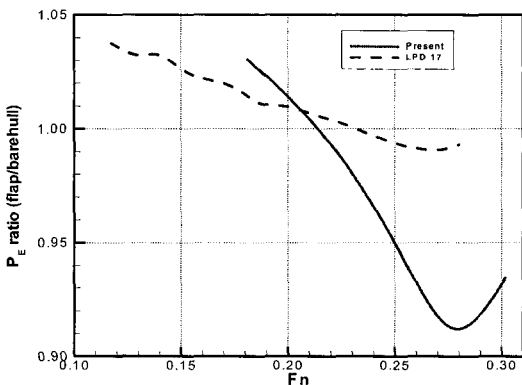
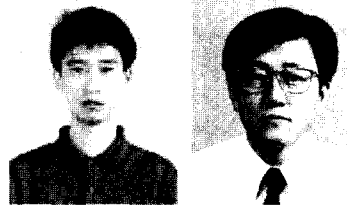


Fig. 6 Comparison of resistance decrease

참 고 문 헌

- Cave W. L., and Cusanelli, D. S., 1993, "Effect of Stern Flaps on Powering Performance of the FFG-7 Class," Marine Technology, Vol. 30, No. 1, pp. 39-50.
- Cusanelli, D. S. and Karafiath, G., 1997, "Integrated Wedge-Flap for Enhanced Powering Performance," Proc. Fast '97, Sydney, Australia, pp. 751-764.
- Cusanelli, D. S. and Hundley, L., 1999, "Stern Flap Powering Performance on a Spruance Class Destroyer: Ship Trials and Model Experiments," Naval Engineers Journal, Vol. 111, No. 2, pp. 69-81.
- Karafiath, G., Cusanelli, D., and Lin, C. W., 1999, "Stern Wedges and Stern Flaps for Improved Powering-U.S.Navy Experience," SNAME Trans., Vol. 107, pp. 67-99.



< 허재경 > < 이정관 >