

선박 추진 에너지 효율 향상을 위한 선체 가공에 대한 연구 A Study on the Hull Processing for Improvement of Efficiency in the Ship Propulsion Energy

*김등은¹, 이동혁², #김재실³, 김석곤³

*D.E. Kim¹, D.H. Lee², #C.S. Kim(kimcs@changwon.ac.kr)³, S.G. Kim³
¹ 창원대학교 기계공학과, ²21세기조선 기업부설연구소, ³창원대학교

Key words : Hull, Riblet, Energy efficiency propulsion, Hydroplaning, CFD

1. 서론

유체 속에서 움직이는 물체, 예를 들어 선박은 물과 공기의 경계면에서 항주하므로, 물과 공기의 양쪽으로부터 유체 저항을 받는다. 따라서 선박이 소요의 속력으로 항해하기 위해서는 물과 공기로부터의 양쪽 저항 모두를 극복해야 한다. 해상을 항해하는 선박이 받는 저항은 크게 선박의 수면 아래 부분이 받는 물에 의한 저항과 수면 위 부분이 받는 공기에 의한 저항으로 분류될 수 있다. 물에 의한 저항은 선박이 점성이 없는 유체(ideal fluid)속에서 운동한다고 가정하였을 때 발생하는 파도로 인한 초과 저항과 이상 유체가 아닌 실제 유체 속에서 운동할 때 발생하는 선박 표면에서의 마찰저항, 선박의 형상이 평면이 아닌 입체의 3차원 형상을 갖기 때문에 발생하는 형상저항으로 분류될 수 있다. 그리고 선박이 입체의 일정한 속도로 항주할 때, 선박의 표면에는 유체의 점성으로 인하여 접선방향으로 마찰력이 작용한다. 마찰저항은 선박이 받는 전체 저항 중에서 큰 비중을 차지하는데, 예를 들어 저속화물선의 경우는 전체 저항의 70~80% 정도에 이르고, 항주 속도가 증가하면 전체 저항에서 마찰저항이 차지하는 비율이 다소 감소하지만 최소한 40~50%를 차지하게 된다. 따라서 선박이 받는 전체 저항을 감소시키기 위한 방안으로서 마찰저항을 저감시키기 위한 방법들이 시도되고 있으며 그 중에서도 유동의 조직적인 구조를 바꾸어 줌으로써 마찰저항의 감소를 꾀하려는 Riblet 은 벽면 상에 흐름의 방향으로 작은 홈을 나란히 파준 것인데 이것은 수중에서 운동능이 우수한 동물의 체형, 표피구조, 비늘, 지느러미, 깃털 등이 저항의 관점에서 주목을 받고 있는 점에 착안하여 고안한 방법으로써 대표적인 예로 상어가 이에 해당한다.

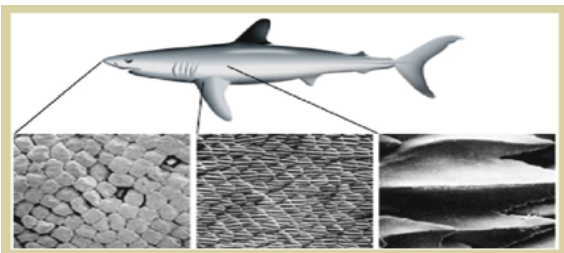


Fig. 1 Structure of riblet

본 논문은 Riblet 구조를 선체(Hull)에 적용하는 것에 중점을 두었으며 선박 항주 시 표면 마찰을 줄임으로써 같은 연료대비 효율적인 출력을 발생시켜 에너지 절감 효과와 더불어 오염물질 배출의 저감에도 일조할 수 있다. 특히나 기존의 마찰저항 연구가 공기주입법에 주안을 두고 있는데 이것은 별도의 마찰저항 저감장치를 제작 설계하여야 하는 부담 이외에도, 마찰저항 저감장치를 부착함으로써 파생되는 에너지 저감효과보다도 오히려 유동을 제어하기 위하여 이러한 마찰저항 저감장치를 가동하는데 필요한 에너지가 더 크다는 단점을 가지고 있다. 그러므로 선체 가공의 간단한 공정으로 에너지 효율을 획득할 수 있는 기술개발 연구가 필요하다.

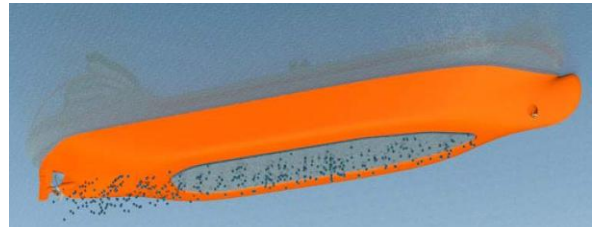


Fig. 2 Ship of air lubrication

본 논문에서는 연구 방법으로 간단한 선형(Hull)을 Gambit 으로 모델링하고, Mesh 를 한 뒤 CFD 해석 상용 프로그램인 Fluent 를 사용하여 선형 주위 유체의 속도 분포를 파악하고자 한다. 여기서 매끈한 면의 선체 형태와 riblet 이 적용된 선체를 각각 모델링 하여 유속의 크기를 비교함으로써 riblet 구조의 선체가 해수의 저항에 어느 정도의 효용성이 있는지 알아 볼 수 있다. 이와 함께 해석의 타당성을 높이고자 사전에 덕트내 표면 가공을 통한 유동 해석을 수행 하였고 그 결과를 비교 분석하였다.

2. CFD 덕트(DUCT)해석

선형(Hull) 가공의 시뮬레이션을 하기 전에 덕트 내 표면을 가공한 경우와 그렇지 않은 경우에 대하여 시뮬레이션을 하였다. 세가지 Type 의 덕트를 구성하였으며 Type1 의 경우는 표면이 매끈한 관이고 Type2 의 경우는 표면에 깊이 5mm 의 홈이 있는 파이프 관이며 Type3 의 경우는 홈을 라운드 처리한 파이프 관이다. 덕트에 일정 유속의 유체를 흘려 보내고 가공 면에서의 유속의 변화를 관찰하여 비교하였으며 유속은 4.15m/s 와 8.15m/s 의 두 경우로 하였다. 비교 결과 Fig. 5 와 같은 결과가 나왔으며 가공을 한 경우가 그렇지 못한 경우보다 더 큰 유속이 발생함을 알 수 있었다. 이것은 가공된 홈에 흘러가는 유체가 수막을 형성하여 유체와 파이프 관의 표면 사이에 발생하는 마찰을 줄임으로써 주위 유속을 더 빠르게 했다고 생각된다. 이와 더불어 압력의 변화를 시뮬레이션 해본 결과 유속이 빠른 경우에 압력이 상대적으로 크게 나타났으나 변형을 발생시킬 만한 크기는 발생하지 않았음을 확인 할 수 있었다. 단, 여기서 유체의 흐름은 층류(Laminar)유동이라고 가정한다.

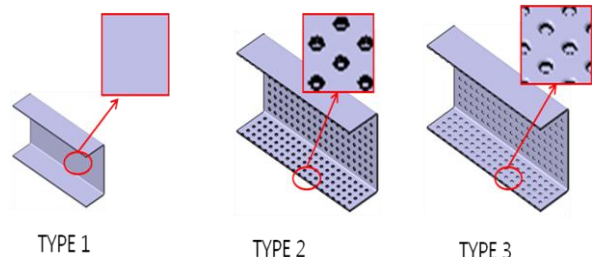


Fig. 3 Type of duct

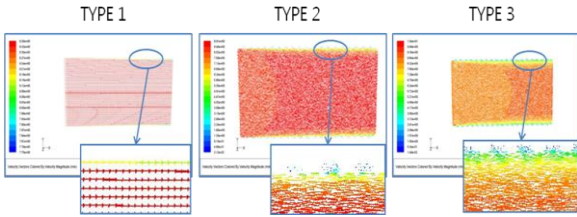


Fig. 4 Sectional view of duct

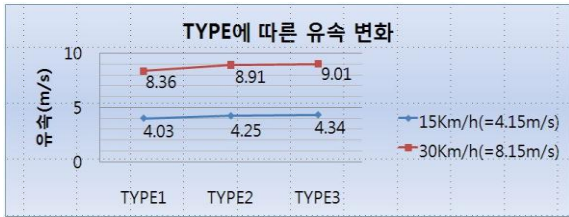


Fig. 5 Chart of flow velocity

3. CFD 선형(HULL) 해석

2 절의 덕트 유동해석에서 홈 가공으로 처리된 면이 표면 마찰을 줄임으로써 주위 유속이 더 빠름을 확인 할 수 있었다. 이번에는 선박의 선형(Hull)에서도 앞의 결과와 유사한 결론을 얻을 수 있는지 알아보기 위해 Gambit 으로 선형을 모델링하고 Mesh 를 실행하여 그 결과를 알아보고자 하였다. 우선 매끈한 면으로 된 선형을 모델링하고 주위에 유동장을 형성하여 전체를 Mesh 한다. 입력 유속은 4.17 m/s(약 15km/h)로 설정하였다.

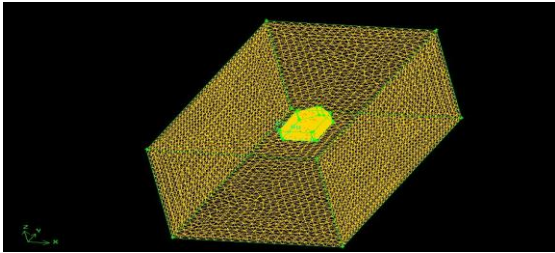


Fig. 6 Volume mesh of the hull

Fig.6 의 선체는 원활한 해석을 위해 그 크기를 매우 작은 형상(20×40)으로 모델링 하였으며 주위 육면체는 유동장을 나타낸다. 격자 생성에 사용된 Node 의 수는 28480 개이며 유체는 층류유동이라고 가정하였다.

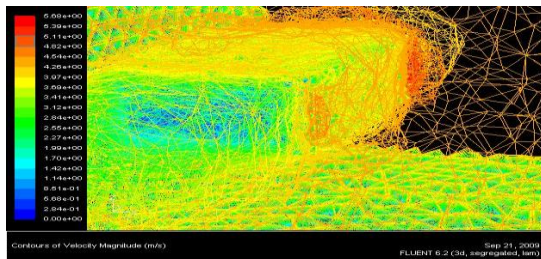


Fig. 7 Contour of flow velocity

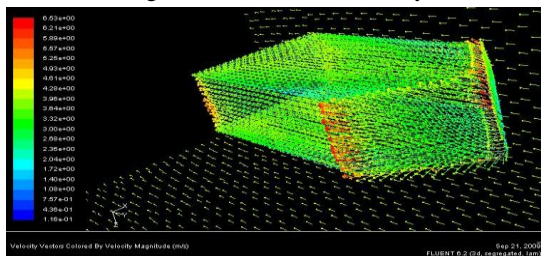


Fig. 8 Magnitude of velocity vectors

위의 Fig. 7 은 선형(Hull) 주위의 유속 형태를 가시화 하

여 나타낸 것이다.

선체 주위의 유속 벡터를 확인한 결과 주위에서는 약 3.96m/s 의 값을 확인 할 수 있었다.

다음으로 선체를 홈 가공한 모델을 완성하고 Mesh 를 한 뒤에 유속을 알아보았다.

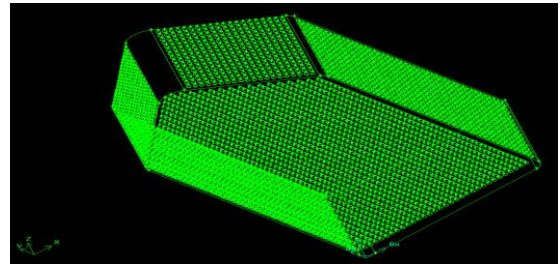


Fig. 9 Processing hull

Fig. 9 의 홈 가공한 모델을 바탕으로 앞의 조건과 같은 환경에서 시뮬레이션을 하였다. Mesh 생성 노드 개수는 80905 개 이다.

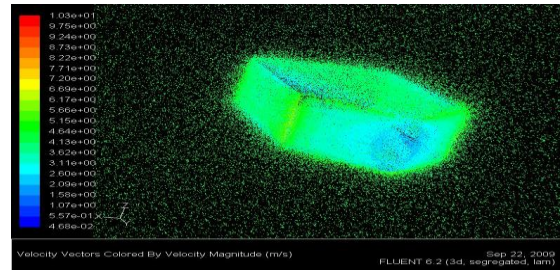


Fig. 10 Magnitude of velocity vectors in processing hull

입력 유속을 같은 4.17m/s 로 조건을 주고 CFD 해석을 실행한 결과 선체 주위 유속 벡터의 크기가 약 6.17m/s 의 값을 가지는 것을 확인 하였다. 이것은 이전 모델의 3.96m/s 보다 2.21m/s 더 빠른 것으로서 똑 같은 입력 유속에서 홈으로 가공된 선형 주변의 유속이 더 빠름을 알 수 있었다.

4. 결론

선박의 추진효율 향상을 위한 선체 가공에 대해서 전산 유체해석 프로그램을 통해 알아보았고 해석 결과 가공면 주변의 유속이 더 빠름을 확인함으로써 선박이 특정 추진력을 가지고 항해 시 유체 저항을 줄일 수 있는 방안을 제시하였다. Riblet 구조를 선박에 적용시킴으로써 그 효용성을 확인 할 수 있었는데 가공면에 대한 최적설계가 동반되어야 함을 알 수 있었고 향후에 시뮬레이션의 실제 검증을 위해 모형 가공 선박의 실험도 병행되어야 한다고 판단된다.

참고문헌

1. 박충환, 심상목, 진송한, “활주형선의 Spray Strip 부착에 따른 저항특성 연구”, Proceedings of the Annual Spring Meeting, SNAK, Chungmu, 22-23, April, 2004 pp.60-64
2. 이춘주, 반석호 등, “반활주형 선형의 저항특성 연구”, 대한추계조선학회, pp.211-215
3. 김호중, 이춘주, 최영복, “저저항 고추진 효율의 비대선 선미선형의 개발에 관한연구”, Journal of the Society of Naval Architects of Korea Vol.27, No.3. September 1990
4. 손창련, 심상목, 박충환, 이경환, “케미컬 탱커선의 저항 감소 선수선형 개발에 관한 연구”, 한국항해항공학회 제 30 권 제 2 호 추계학술대회논문집 pp. 51-54, 2006. 12
5. 염덕준, 윤범상, “2 차원 췌기형 구조물의 슬래밍 현상에 대한 수치 유동해석”, Journal of the Society of Naval Architects of Korea Vol. 45, No. 5, pp. 477-486, 2008. 10