

CFD를 이용한 선박용 해수펌프의 공동현상에 대한 분석

김부기* · 김홍렬** · 양창조*** · 김준호****†

*, **** 목포해양대학교 해양메카트로닉스학부, ** 목포해양대학교 실습선, *** 목포해양대학교 기관시스템공학부

Cavitation Analysis on Ship Seawater Pump Using CFD

Bu-Gi Kim* · Hong-Ryeol Kim** · Chang-Jo Yang*** · Jun-Ho Kim****†

*, **** Division of Mechatronics Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

** Training Ship, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

*** Division of Marine Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요 약 : 선박용 입형 편흡입 원심 해수펌프의 회전체와 파이프 시스템 내부에 발생한 과도한 손상의 원인을 분석하고자 실제 모델을 역설계 하였다. 이를 위해 전산유체역학(CFD)을 이용하여 해수냉각펌프의 내부유동 분석을 실시하였다. 결과적으로 역설계를 통한 대상펌프의 형상 및 경계조건을 설정하여 설계 운전점인 125 m³/h에서의 펌프 효율은 85.3%, 양정 32.0미터로 계산되었다. 대상 펌프의 최고 효율점은 150 m³/h에서 약 86.2%로 예측되었으나 실제 운전점과는 차이가 있었다. 최저 유량점인 112.5 m³/h에서는 저 유량 점 특성상 유동이 불안정하여 해석의 수렴이 좋지 않았다. 선박에서 운전 중인 해수펌프 및 파이프 시스템 전반에 걸쳐 진행 중인 공동현상의 원인 규명을 통해 개선방안을 도출하고자 하였으나, 입·출구 전체 파이프 시스템의 계산, 각 지관들에 대한 유량 및 유속 측정 등을 통해 보다 명확한 원인분석을 위한 후속연구가 필요하다.

핵심용어 : 해수 펌프, 회전체와 파이프 시스템, 역설계, 전산유체역학, 공동현상

Abstract : The model used in this study was reversed to analyze the cause of excessive damage that occurred inside the rotating system and pipe system of a centrifugal-type seawater pump on a ship. For this purpose, internal flow analysis on a cooling seawater pump was performed using CFD. As a result, the shape and boundary conditions of the target pump were set by reverse engineering, and pump efficiency at a design operating point of 125 m³/h was calculated as 85.3% with a head of 32.0 m. The maximum efficiency point of the target pump was estimated to be 86.2% at 150 m³/h, but this differed from the actual operating point. At 112.5 m³/h, which was the lowest flow point, flow was unstable due to the characteristics of the low flow point and analysis convergence was not good. The purpose of this study was to clarify the cause of ongoing cavitation in seawater pumps and piping systems in operation. Future research will be needed to clarify causes for pipe systems in the future by performing calculations for the total piping system of an inlet and outlet, in addition to measuring the flow rate of each branch pipe.

Key Words : Sea water pump, Rotating and pipe system, Reverse engineering, CFD, Cavitation

1. 서론

대외무역 의존도가 높은 우리나라에서 해운산업은 국가 기간산업이며 국민경제를 뒷받침하고 있다. 선박에 의해 원유와 철광석 등 원자재 100%가 해상 수송되는 실정에서 선박의 안정성이 특별히 요구된다. 항해와 정박을 하는 선박은 해수를 이용하여 생활수를 생산하며 화재 시에는 소화용

수로 이용될 뿐만 아니라 기관실의 각종 기계장치에 냉각수를 공급한다. 또한 화물의 양하작업시 선박의 복원성 유지를 위해 해수의 취수 및 배출용 등으로도 사용된다. 이처럼 선박운항에 필수적인 해수의 이용은 대부분 펌프로 이루어지고 이러한 펌프는 원동기로부터 받은 기계적 에너지를 취급 액체에 전달하여 저압부에서 고압부로 토출하는 기계장치이다. 펌프는 산업의 발전과 더불어 도시의 상·하수도, 건축물의 설비, 석유화학, 발전소, 선박(Kim et al., 2008) 등 다양한 분야에서 용도에 맞게 개발되어 사용되고 있으며, 작동원리에 따라 크게 원심형, 용적형 및 특수형으로 분류할

* First Author : kim60091@mmu.ac.kr, 061-240-7239

† Corresponding Author : junho.kim@mmu.ac.kr, 061-240-7241

수 있다.

원심형 펌프는 유체가 운동하는 날개사이를 연속적으로 빠져나가는 형식으로 회전수에 비례하여 압력과 유량이 변화하며 회전하는 임펠러를 가지는 것이 일반적이다.

일반적으로 펌프를 설계할 때는 목표연도(Cha et al., 2007)와 유량을 정해놓고 그에 만족하도록 전양정을 결정하기 때문에 전양정 이하로 유체를 송수할 때는 전양정이 정격양정보다 작아서 토출밸브를 교축(Throttling)하지 않으면 과잉유량 영역에서 운전된다.

대상 보조 해수펌프와 에어컨 냉각수펌프는 보일러 응축기(Dump condenser), 조수기(F.W generator), 정화조 및 선실의 각종 에어컨 냉각수용으로 공급하기 위해 단독 운전 혹은 병렬 운전할 수 있도록 파이프 시스템이 갖춰져 있다.

본 연구에서는 목포해양대학교 실습선 새누리호에서 사용된 선박용 입형 편흡입 원심 펌프인 해수펌프를 대상으로 임펠러 등에 발생한 과도한 손상의 원인을 분석하고자 실제 모델을 역설계 하였다. 이를 바탕으로 유량의 변화에 대한 양정과 효율을 고찰하였다. 다상유동(Multiphase) 해석기법과 상변화를 수치해석적인 방법으로 평가하고 분석할 수 있도록 역설계를 통한 데이터를 토대로 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics)을 이용하여 운전점 공동현상(Cavitation)해석을 수행하여 손상결과와 비교 평가를 실시하고자 하였다.

2. 선박 펌프 시스템

선박의 기관실에는 주기관(Main engine)을 비롯해 많은 보조 기계(Aux. machinery)들이 설치, 운용되고 있다. 이러한 기계장치들은 냉각과 순환이 필수적으로 이루어져야 한다. 이를 위해 사용중인 펌프는 주(Main) 해수펌프, 보조 해수펌프(Aux. C.S.W pump), 에어컨 냉각용 해수펌프(A/C C.S.W pump), 선체복원용 밸러스트 펌프, 소화장치용 펌프 및 빌지 펌프 등 다양한 펌프가 있다. 이러한 펌프는 신설시 활성화 에너지(Activation energy)화 순서도에 따라 검토되어진다.

냉각수 계통은 해수온도 32℃를 표준주위 환경조건에 따라 설계한다(KRRules, 2016). 하지만 선박은 운항특성상 하절기, 동절기를 비롯해 적도지방과 극지방 부근을 항해하기도 한다. 이렇게 온도 편차가 큰 지역을 항해하기 때문에 보냉과 유량 산정에 어려움이 있다. 그러므로 필요이상의 유량과 양정을 선정하여 설치되고 있는 게 현실이다. 이에 따라 배관에 과도한 압력과 유량이 지속적으로 공급되어 배관 부식과 펌프 내 공동현상과 같은 문제점이 발생할 수 있다.

특히, 선박에 설치되는 해수펌프는 제조사의 성능분석 및 시운전을 완료하여 엄격한 기준의 선급검사를 통과한 인증

된 제품이 설치된다. 이러한 인증과정을 마친 해수펌프 임에도 불구하고 선박의 설치환경이나 운용자의 운전방법에 따른 기계적 또는 물리적 손상을 일으킨다.

대상 선박에 설치되어 있는 입형 편흡입 펌프는 Fig. 1과 같다. 펌프 주위의 배관 계통도는 Fig. 2에서 보는 바와 같고 보조 해수펌프와 에어컨 냉각용 해수펌프의 용량은 125.0 m³/h으로 각각 설치되어 있다.

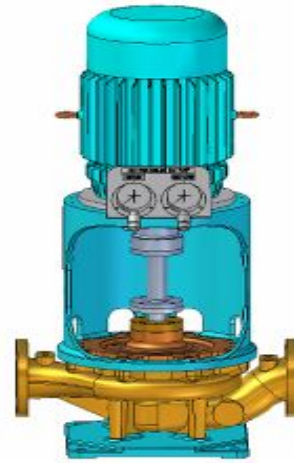


Fig. 1. Vertical type single suction pump.

선박에 설치되는 설비는 예비기기라는 관점에서 비상시 대체 장비가 운용되도록 설계한다. 보조 해수펌프나 에어컨 냉각용 해수펌프의 경우도 각각 또는 1대라도 필요개소에 해수공급이 가능할 만큼의 유량과 양정의 용량으로 설치, 공급된다. 그러므로 동절기, 해수온도가 낮은 해상 또는 정박 중에는 필요 이상의 압력과 유량이 공급될 수 있다.

병렬운전 시 합성 운전 점의 토출량은 1대 운전시의 대수 배로 증가되는 것은 아니다. 이는 관로 저항의 영향이라 할 수 있다. 하지만 운항지역과 운전조건에 따라 병렬운전이 요구되는 경우도 있기 때문에 펌프의 활성화 에너지화 검토 순서도에 따라 필요 유량과 용량을 계산하여 적절한 해수펌프의 선정과 설치가 신중히 검토되어야 한다.

3. 임펠러 손상 및 모델링

3.1 임펠러의 손상

펌프의 임펠러 손상의 여러 원인 중 공동현상은 액체의 압력이 어떤 온도에서 액체의 증기압보다 낮을 때 액체가 증발하고, 증기가 액화되면서 펌프에 수력학적인 충격을 가하여 흡입구 주위에서 강한 보텍스와 선회류 생성, 이로 인해 국부적인 압력저하로 공동현상이 발생한다고 발표하였

다(Choi et al., 2008). 유체기계的高速화에 따라 공동현상 발생은 필연적이므로 이를 억제하기 위해 펌프 입구압력을 상승시키기 위해 J-그루브 채용이 보고된 바 있다(Choi and Kurokawa, 2008).

또한, Mo et al.(2012) 등은 원심펌프 임펠러의 공동현상 성능평가에 관한 수치적 연구에서 다양한 흡입압력조건에 대한 이상류 해석을 수행하여 원심펌프 임펠러 내부에서 발생하는 공동현상 및 성능특성을 분석을 통해 흡입압력이 감소할수록 공동현상이 증가하여 유체소음과 더불어 임펠러의 수명을 단축시킨다고 발표하였다. Tran et al.(2017)은 CFD를 이용하여 해수냉각펌프의 흡입영역 내에서 소용돌이 브레이커(Swirl breaker) 주위 유동현상을 가시화 하였다.

최근, 3차원 역설계법과 CFD 해석에 기반하여 펌프 터빈의 설계를 제시(Chen et al., 2015)하는 등 원심펌프의 임펠러 설계(Choi et al., 2006)와 최적화 연구를 위한 역설계(Inverse design method) 방법이 발표되고 있다. 한편, Kang et al.(2011)은 해수펌프의 국산화 개발을 목표로 선진 펌프의 벤치마킹 및 모델링 기법 개발을 통해 펌프의 성능향상 연구를 효율적으로 수행할 수 있는 방법을 제시하였다.

펌프의 시험과 검사방법 규격은 KS B 6301에 규정되어 있다. 펌프의 성능을 표시하는 수단으로 성능곡선도가 있으며, 전양정, 토출량, 소요동력 및 펌프효율 등의 관계로 펌프의 성능을 측정한다.

배관구조로 이루어져 있다. 또한, 수면에서 약 5.5미터 아래에 있고 출구측은 리듀서(Reducer) 및 더블 밸브가 설치되어 운전조건 및 유량과 유로를 변경할 수 있다.

해상을 항해하는 선박은 해수를 다양하게 이용하며, 특히 해수펌프의 의존도가 매우 높다. 이러한 해수펌프들은 사용빈도와 용도에 따라 정비·보수업무가 차이가 날 수 있으나, 대상 보조 해수펌프와 에어컨 냉각수용 해수펌프는 회전체를 비롯한 내부의 침식과 출구 밸브 및 배관장치가 다른 펌프에 비해 현저히 수명이 단축되어 비용의 증가와 안전운행에 영향을 초래하고 있다.

이에 따라 대상 선박에 설치된 보조 해수펌프와 에어컨 냉각수용 해수펌프 계통의 유동현상을 파악하여 손상 및 수명 단축의 원인을 규명하고자 한다.



Fig. 3. Damaged impeller from model pump.

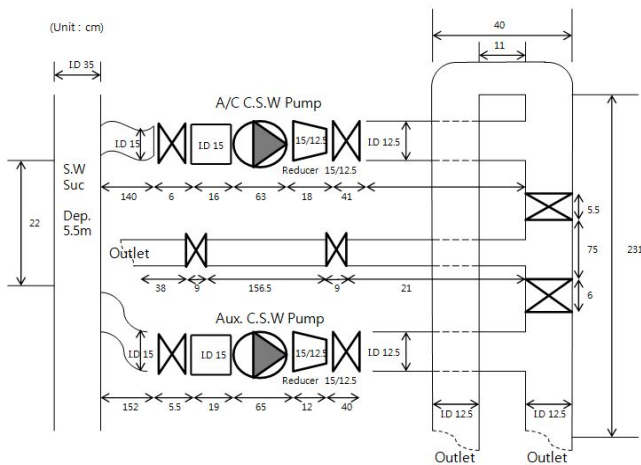


Fig. 2. Dia. of main & aux. s.w cooling sys.

Fig. 2는 본 연구의 대상 펌프인 보조 해수펌프와 에어컨 냉각수 펌프의 배관 레이아웃으로서 입구 배관에서는 선저의 Sea-chest를 통해 해수가 공급되므로 흡수에 따라 유효흡입양정은 가압되어 유입된다. 출구부는 선박내 다양한 장치에 공급되어야 하므로 파이프 시스템이 길고, 여러 형태의

Fig. 3에서는 대상 펌프에서 해체한 해수펌프의 회전체가 손상된 현상을 보여주고 있다. 특히, 대상펌프는 동일 선박에 설치된 펌프 형식은 같고 사용용도가 다른 주 해수펌프(Main C.S.W pump)에 비해 대상 펌프의 손상이 두드러지게 나타났다.

3.2 대상 펌프의 모델링

수치해석을 위한 실물 펌프의 모델링 작업의 공정은 불순물 제거를 위한 세척작업, 단품 제품 측정 후 측정 데이터를 조립된 위치로 점검하기 위해 조립된 상태에서 선 3D 스캔한 다음 단품 제품을 후 3D 스캔으로 재 측정한다.

3D 스캔이 불가능한 임펠러 부분은 와이어 커팅방식을, 펌프 하우징은 워터젯 커팅 방식을 이용하여 제품을 절단한 후 단품으로 측정하여 데이터를 조합시켜 측정된 제품과 설계된 제품을 형상비교와 색선비교로 검증하였다.

각각 분리된 형상을 하나로 병합(Add)하거나 분할(Remove)하고, 펌프의 입·출구 방향의 파이프 배치 경로에 맞춰 커브를 생성하여 유동장을 추출한다.

이와 같은 형상 공정과정에 따라 역설계된 보조 해수펌프

모델에 격자를 생성하고 난류모델과 경계조건을 적용하여 전·후처리를 통한 유동해석을 수행하였다. 유동해석 시 격자의 의존성을 고려하였으며, $y+$ 값은 평균 10이다.



Fig. 4. Cut model pump for reverse engineering.

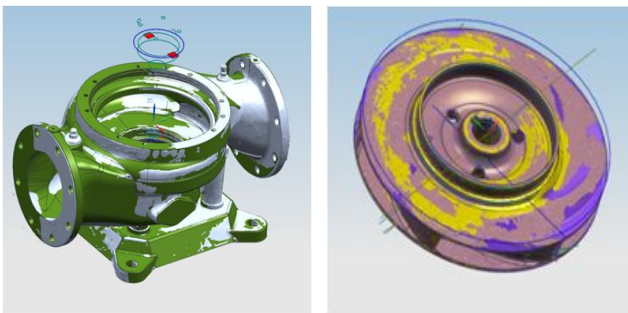


Fig. 5. Pump under reverse engineering.

Fig. 4와 5에서는 역설계를 위한 대상펌프의 절단면과 역설계 과정의 일부로 단품 데이터를 개별로 측정된 형태를 보여주고, Tabel 1은 역설계 공정에 사용된 3D 스캐너의 상세 사양을 나타내었다.

Table 1. Spec. of reverse engineering system

| System Configurations | ATOS III Triple Scan |
|----------------------------------|-------------------------|
| Maker | OMA |
| Camera Pixels | 2 x 8,000,000 |
| Measuring Area(mm ²) | 38 x 29 - 2,000 x 1,500 |
| Point Spacing (mm) | 0.01 - 0.61 |
| Measured Points | 8 million |
| Sensor Controller | Internal |
| Software | Image-ware 12 |

4. 내부유동 해석 및 고찰

고속으로 회전하는 펌프는 흡입양정이 높거나 입구 유로에서의 장애 또는 유속이 급변하거나 와류가 발생하면 압력이 국부적으로 포화증기압 이하로 내려가 기포가 발생할 수 있는데 이러한 현상을 공동현상이라고 한다. 이러한 공동현상은 재료의 손상과 더불어 펌프의 성능저하 등 설계점을 벗어난 운전으로 인해 예기치 않은 문제를 유발시킬 수 있다.

선박에 설치, 운전 중인 해수펌프의 임펠러, 샤프트 등에서 발생하는 침식작용의 원인을 규명하여 대책을 강구하기 위한 방안을 찾고자 수치해석적인 접근방식을 취하여 유동현상을 수치해석적인 방법으로 평가하고 분석할 수 있는 CFD를 이용하여 펌프의 성능평가와 공동현상 해석을 수행하였다.

유동해석에 사용되는 프로그램 중 ANSYS 사의 CFX는 유체기계해석에 적합한 해석소프트웨어로 다상유동해석과 공동현상해석에서 상용으로 이용되며 연구방법과 프로세스는 3차원 형상생성, 격자생성, 해석조건 입력, 해석 및 분석으로 진행한다.

4.1 수치해석 방법

일반적으로 3D 스캐닝된 CAD 도면은 CATIA 파일로 변환하여 형상 수정 작업을 진행하면 모델의 형상에 관계된 정량적인 수치를 알 수 없고, 형상 수정 작업에 시간이 많이 소요된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 3D 스캐닝된 CAD 도면을 ANSYS ICEM-CFD 프로그램을 이용하여 모델링하여 형상 좌표값을 얻을 수 있었다. 형상 좌표값은 BladeGen을 통해 배관작업과 유동장을 생성하였으며, 임펠러를 포함한 대상 펌프의 입출구 배관계통 형상 및 치수를 Fig. 6에 나타내었다.

해석에 따른 펌프는 유량 125m³/h, 양정 30.0m, 회전수 1,780rpm, 제시효율은 78.0%이다. 회전체의 형상치수 등을 결정하는 기본요소로 펌프 전양정(H), 토출량(Q_d) 및 회전수(N)가 있고 펌프의 최고 효율점을 찾기 위한 흡입성능의 기준이 되는 흡입비속도(N_s)는 식 (1)과 같이 정의된다.

$$N_s = N \times \frac{\sqrt{Q_d}}{H^{3/4}} \quad (1)$$

Fig. 6에서 보이는 바와 같이 해수펌프의 출구 방향에는 T자형으로 유로가 있는가 하면 U자 형태의 급격히 변화하는 흐름을 유도하는 배관이 설치되어 있다. 펌프 내부의 유동을 비압축성 난류유동으로 가정하여 유동해석을 수행하였

으며, 3차원 유동특성을 조사하기 위해서 유한체적법과 다중 블록 계산격자를 이용하여 수치해석을 수행하였다.

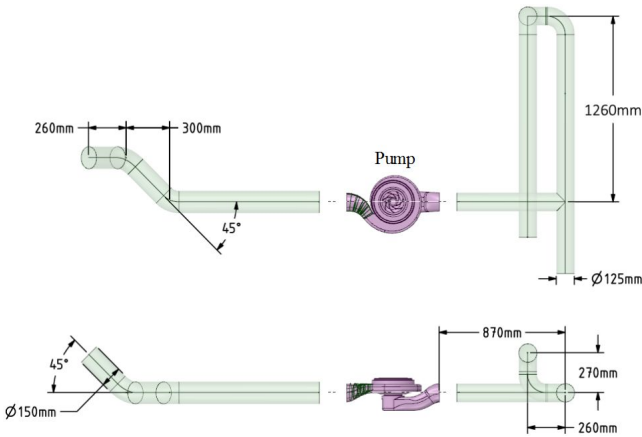


Fig. 6. Suction & discharge pipe sys. for analysis.

펌프 및 배관 내부에 대한 계산 격자 Hybrid 격자를 사용하였으며, Hexa 격자는 임펠러 주위에 집중적으로 사용하였다. 계산에 사용된 격자의 수는 약 127만 노드였으며, 터보기계 전용 격자 생성기인 Turbo-Grid를 사용하였다.

계산의 수렴조건으로는 펌프 입구와 출구에서의 압력 차의 변화를 비교하여 판단하였다. 펌프내부의 난류 유동은 유체기계에 보편화된 SST(Shear Stress Transport Model) 난류 모델을 이용하여 해석하였으며, 지배방정식으로는 연속방정식과 Reynolds 평균 Navier-Stokes 방정식을 이용하여 계산하였다.

Table 2. Numerical methods and boundary conditions

| Boundary Conditions | |
|---------------------|---------------------------|
| Software | ANSYS CFX 14.5 |
| Turbulence Model | SST Model |
| Inlet | Opening Press. |
| Outlet | 125.0 [m ³ /h] |
| Number of Nodes | 1,271,430 |
| Saturation Press. | 3,167.7 [Pa] |

펌프해석의 경우 계산 영역 내부에 회전부와 고정부가 있으므로 임펠러를 포함하는 회전부의 벽은 상대좌표계에서 정지된 벽으로 처리하였으며, 케이싱을 나타내는 정지부의 벽은 절대좌표계에서 정지된 Wall로 처리하였다. 회전부와 정지부 사이의 경계면에서는 Frozen rotor로 계산하였다. 해

석에 따른 경계조건은 Table 2에 나타내었다.

4.2 유동해석 결과

유동해석을 통해 대상 해수펌프의 성능을 예측할 수 있었다. 운전점이 125m³/h 에서의 펌프 효율은 85.3%, 양정은 32m 로 계산되었으며, 펌프의 최고 효율점(BEP)는 150m³/h에서 86.2%로 예측되었다. 유량점 112.5m³/h에서는 저유량점 특성상 유동이 흐르는 각도와 회전체의 설계 각도가 완전히 일치하지 않아 불안정하여 해석의 수렴이 좋지 않는 결과를 보였다.

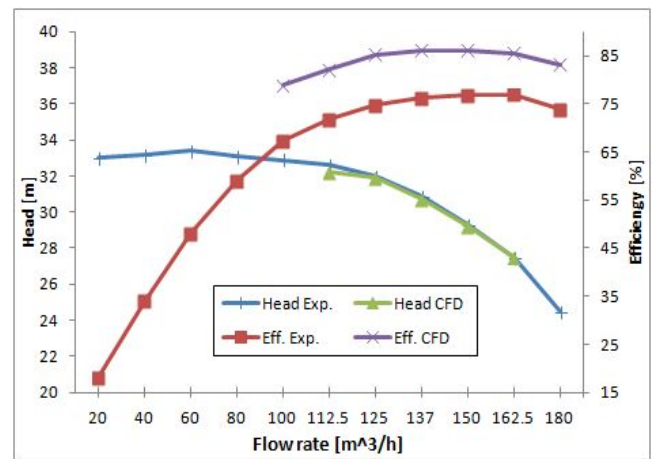


Fig. 7. Head and efficiency performance curve.

Fig. 7에서는 유량, 양정 및 효율 곡선을 나타내었다. Table 3은 유동해석 결과로 대상 해수펌프의 메이커 Test Report와 CFD 계산결과를 비교한 것으로 양정 약 1.0%, 효율 10.8%의 차이를 보이고 있다. 이는 유동해석을 통한 펌프의 효율은 Hydraulic 효율만 계산된 결과이며, 실제 펌프의 효율은 기계적 손실 및 누설 유량에 따른 손실, 마찰력 손실이 고려된 결과라 실제 값과 차이가 발생된 것으로 보인다.

펌프 내부에서 발생하는 공동현상을 방지하기 위해서는 액체의 압력이 포화증기압 이하로 되지 않도록 흡입조건에 주의가 필요하다. 펌프의 흡입조건에 따라 정해지는 유효흡입수두와 흡입능력을 나타내는 필요흡입수두가 있다.

유효흡입수두($NPSH_{av}$)는 펌프 자체와는 무관하게 흡입측의 배관 또는 파이프 시스템에 따라 정해지는 값으로 식 (2)와 같고 P_s 는 유효흡입헤드, P_v 는 액체의 포화증기압이고, h_s 는 흡입면에서 펌프기준까지 높이, $fVs^2/2g$ 는 흡입측 배관에서의 총손실 수두이다.

$$NPSH_{av} = \left(\frac{P_s - P_v}{\gamma} \right) \pm h_s - \frac{fVs^2}{2g} \quad (2)$$

CFD를 이용한 선박용 해수펌프의 공동현상에 대한 분석

Table 3. Comparison of pump design value and CFD result

| Items | Pump Target | CFD Result | Diff. |
|-------------------------------|-------------|------------|-------|
| Flow rate [m ³ /h] | 125.0 | 125.0 | - |
| Head [m] | 31.7 | 32.0 | 1.0% |
| RPM [rpm] | 1,780 | 1,780 | - |
| Efficiency [%] | 74.5% | 85.3% | 10.8% |

펌프로 유입되는 액체는 임펠러에서 가압되기 전에 일시적으로 압력강하가 발생하는데 이에 해당하는 수두를 필요흡입수두($NPSH_{re}$)라고 하며, 해당 펌프에서 구하고자 하는 필요흡입수두($NPSH_{re}'$)와 환산계수(β) 및 흡입비속도와와의 관계식은 식 (3)과 같다.

$$NPSH_{re}' = \beta \times NPSH_{re} \quad (3)$$

펌프의 해석에서 헤드 드롭이 약 3% 발생하였다면 공동현상이 발생한다고 할 수 있다. 펌프 전양정(H)과 필요흡입양정을 H_{sv} 로 표시하면 공동현상 계수(σ , Thoma 계수)는 식 (4)와 같다. 공동현상이 발생되지 않게 운전하기 위해서는 펌프 입구에서의 전압력을 동작유체의 포화증기압보다 높은 운전범위($NPSH_{av} > (1 + \alpha) \times NPSH_{re}$)를 유지해야 한다.

$$\sigma = \frac{H_{sv}}{H} = \frac{NPSH_{re}}{H} \quad (4)$$

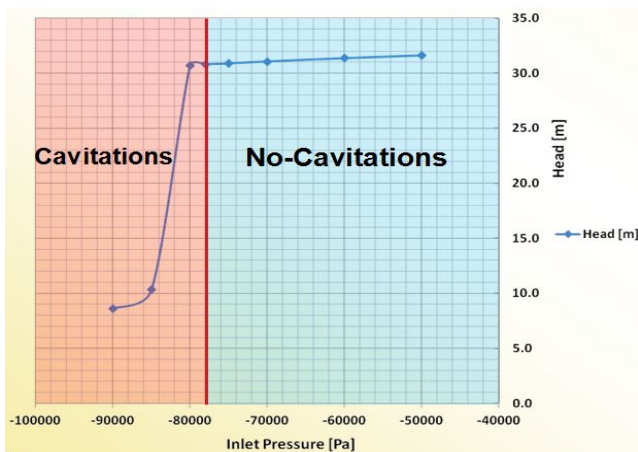


Fig. 8. Cavitation point of occurrence by inlet press.

Fig. 8과 같이 대상 해수펌프의 경우 -80 kPa에서 헤드 드롭이 3.1% 발생되었다. 대상 펌프의 경우 공동현상이 발생하지 않을 조건으로 토출유량 125 m³/h에서 운전시 필요흡입수두($NPSH_{re}$) 값으로 2.1미터로 계산되었다.

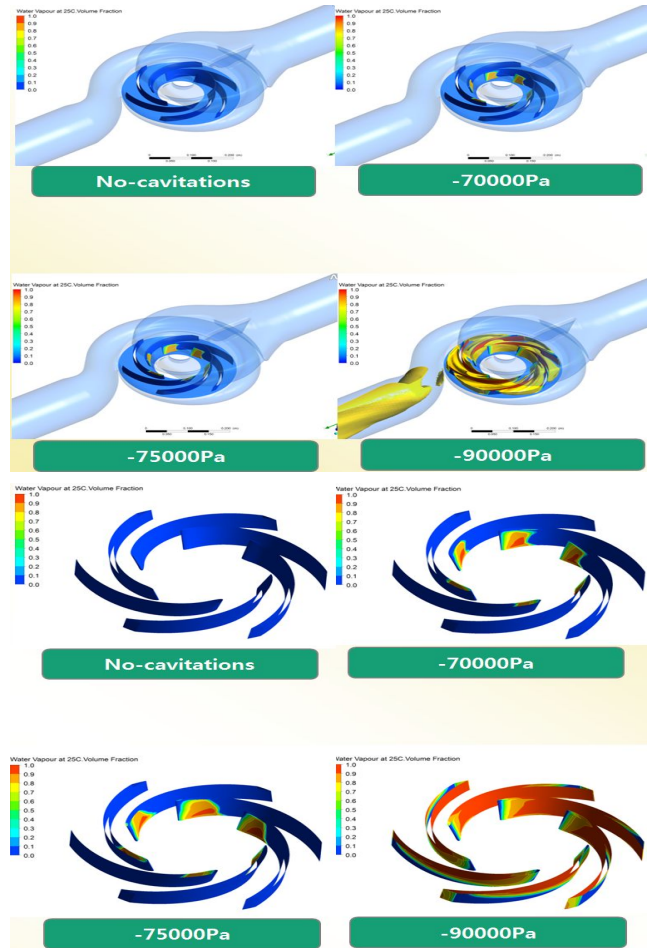


Fig. 9. Volume fraction distribution at internal flow.

하지만 보조 해수펌프의 경우는 해수흡입구로부터 1.77미터, 에어컨냉각수펌프의 경우는 1.62미터로 펌프의 공동현상이 발생하지 않을 필요흡입수두로 계산된 2.1미터 보다 0.33미터, 0.48미터가 부족하게 설치되어 있다.

Fig. 9는 펌프 흡입압력에 따른 회전체와 내부 유동해석결과를 보여주는 것으로 -50kPa 이하부터 유속의 급변 또는 와류의 발생 등에 의한 유로 장애로 인해 압력이 국부적으로 포화증기압 이하로 내려가 기포가 생성 및 파괴되는 과도한 손상현상이 나타나는 것으로 볼 수 있다.

하지만, 실제 펌프에서 발생하는 흡입압력의 조건은 전산유체해석에서 나타나는 운전점이 형성되지 않으므로 다른 각도에서의 원인 규명이 필요하다.

5. 결론

선박에서 사용중인 해수펌프의 회전체와 파이프 시스템 등에서 발생하는 공동현상의 원인규명을 위해 보조 해수펌

프를 역설계하고 전산유동해석을 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 역설계를 통한 대상펌프의 형상 및 경계조건을 설정하여 설계 운전점인 125m³/h에서의 펌프 효율은 85.3%, 양정 32.0미터로 계산되었다.

2. 유량점이 112.5m³/h에서는 저 유량점 특성상 유동이 불안정하여 해석의 수렴이 좋지 않았다. 특히, 성능분석도와 수치해석에서 효율은 유동해석에 반영되지 않은 기계적 손실, 누설유량 손실 및 마찰손실에 의한 차이로 보인다.

3. 대상 펌프의 최고 효율점(Best efficiency point)는 150m³/h에서 약 86.2%로 예측되었으나, 실제 운전점과는 차이가 있었다.

본 연구는 선박에서 운전중인 해수펌프 및 파이프 시스템 전반에 걸쳐 진행중인 공동현상의 원인 규명을 통해 개선방안을 도출하고자 하였다.

하지만, 선박의 안전운항에 저해되는 파이프 시스템 개조 또는 운전점 변경이 불가하여 괄목할 만한 결과는 보이지 못했지만 향후 입·출구 전체 파이프 시스템의 계산, 각 지관들에 대한 유량 및 유속 측정 등을 통해 보다 명확한 원인분석을 위한 후속연구가 필요해 보인다.

후 기

이 연구는 목포해양대학교 산학협력단 학술연구비에 의하여 지원된 논문이며, 이에 감사드립니다.

References

- [2] Cha, I. H., J. G. Lee, Y. Y. Kim, J. I. Lee and H. I. Kim(2007), A Study on the Analysis of Vortex Cavitation in Pump, Korean Society for Fluid Machinery, pp. 275-280.
- [8] Chen, C., B. Zhu, P. M. Singh and Y. D. Choi(2015), Design of a Pump-Turbine Based on the 3D Inverse Design Method, The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 18, No.1 pp. 20-28.
- [4] Choi, J. W., C. G. Kim, W. S. Lim, Y. D. Choi and Y. H. Lee(2008), Analysis of Flow Characteristics around the Multi-Intake Sump of Pump Station by CFD, Korean Society for Fluid Machinery, pp. 581-586.
- [5] Choi, Y. D. and J. Kurokawa(2008), Improvement of Pump Performance and Suppression of Cavitation in a Centrifugal Pump, Korean Society for Fluid Machinery, Vol. 11, No. 1, pp. 18-25.
- [9] Choi, Y. S., K. Y. Lee, S. G. Jeon and J. G. Kim(2006), Design of a Centrifugal Pump Impeller using 3-D Inverse Design Method, Proceedings of the KFMA Annual Meeting, pp. 1379-1384.
- [10] Kang, K. W., Y. H. Kim, Y. J. Kim, N. S. Woo, J. K. Kwon and M. O. Yoon(2011), A Numerical Study on the Performance Analysis of the Mixed Flow Pump for FPSO, The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 14, No. 5, pp. 12-17.
- [1] Kim, Y. H., S. Y. Bae, S. Y. Jung and J. S. Oh(2008), Study on the Electric Energy Saving System in Marine Cooling System, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 32, No. 8, pp. 1157-1163.
- [3] KRRules(2016), <http://www.krs.co.kr/KRRules/KRRules2016/data>, Chapter 5, Engine Room Machinery, p. 1328.
- [6] Mo, J. H., Y. T. You and Y. H. Lee(2012), Numerical Study on Cavitation Performance Evaluation in a Centrifugal Pump Impeller, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 36, No. 2, pp. 286-293.
- [7] Tran, B. N., C. J. Yang, B. G. Kim and J. H. Kim(2017), Internal Flow Analysis of Seawater Cooling Pump using CFD, Journal of The Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 23, No. 1, pp. 104-111.

Received : 2017. 04. 14.

Revised : 2017. 06. 14. (1st)

: 2017. 06. 26. (2nd)

Accepted : 2017. 06. 28.