

## Submerged Cargo Pump의 진동 평가와 고유진동수 해석 Vibration Evaluation and Natural Frequency Analysis of a Submerged Cargo Pump

조 원 정\*·오 준 석\*·양 보 석†

Won-Jung Cho, Jun-Suk Oh and Bo-Suk Yang

### 1. 서 론

최근 조선 산업이 다양한 선박 건조 경험을 바탕으로 생산성 향상, 공법 개선 및 안정된 노사관계 등에 힘입어 국내 조선 산업은 지속적으로 세계 최고 수준의 경쟁력을 유지하고 있다. 선박용 Submerged Cargo Pump System은 핵심 조선기자재 중의 하나이다. 원유로부터 정제한 석유제품을 운송하는 Products Carrier, 특정 화학제품의 액체 원료를 운송하는 Chemical Tanker 등에 장착된다. 이 펌프는 선박의 건조 목적인 석유 및 화학제품 운송을 위한 핵심 기자재로써 각 탱크별로 다양한 제품(oil)을 적하 및 양하하는 시스템으로 매우 중요한 핵심 기자재 품목이다. 이 품목은 기술적인 어려움으로 전량 수입에 의존하고 있고, 세계적으로도 특정 제작사(FRAMO, KOSAKA)에 의해 공급되고 있는 실정이다. 현재 세계 시장에서 독점적인 지위와 경쟁력을 보유하고 있는 노르웨이의 FRAMO사는 장기간에 걸친 해석, 설계, 제작 및 A/S 경험에 의한 풍부한 기술력을 바탕으로 세계 시장을 주도하고 선주 및 조선소가 요구하는 최적의 시스템을 공급하고 있다. 본 연구는 Cargo Pump System의 Main Pipe를 상용 프로그램인 MSC. Patran & Nastran과 충격시험(impact test)을 수행한 데이터를 가지고 ME'Scope를 이용하여 모드해석 결과를 비교하였다. 그리고 펌프 진동을 측정하여 관련 규격(ANSI/ HII1.6-2001)을 만족하는지 허용 여부를 검토하였다.

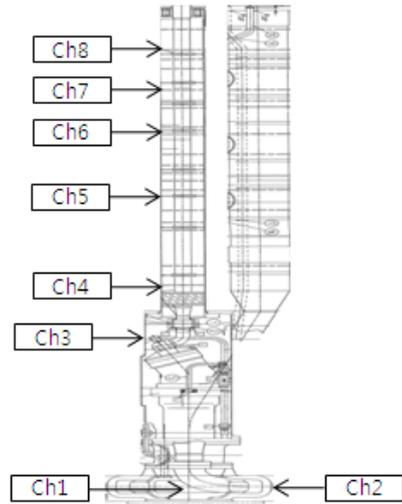


Fig. 1 Sensor position of the cargo pump system

Ch1과 Ch2는 ANSI/HI11.6-2001 규격에 따른 진동 허용여부의 확인을 위해, Ch3 ~ Ch8은 공진가능성 파악을 위해 Main Pipe의 회전주파수에 근접한 고유진동수 및 모드형상을 확인하기 위함이다. 정속 운전(2000 rpm) 시에 펌프 임펠러가 부착된 지점인 Ch1, Ch2에 가속도계를 부착하여 데이터를 취득하였다. 속도 RMS 평가는 측정 장비의 RT-FOCUS에서 속도로 변환된 데이터를 이용하였다. 여기서 속도 RMS의 단위는 mm/s이고, 펌프 구동용 전동기의 용량은 380 kW이다.

### 2. 실험 장치 및 실험

#### 2.1 실험 장치

Fig. 1은 Cargo Pump System의 Main Pipe에서 고유모드 형상에 대한 실험적인 결과를 보기 위해, 먼저 충격시험을 수행한다. 측정 위치는 총 8 포인트이다 (Fig. 1, 2).

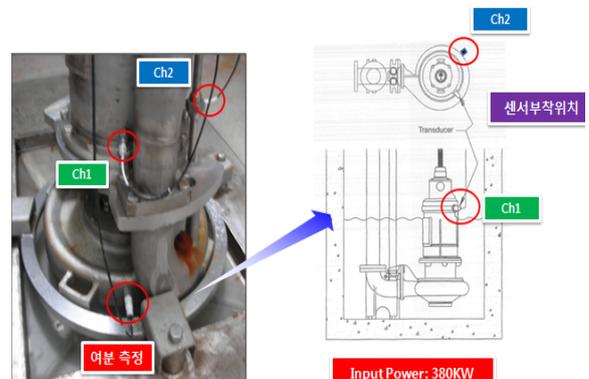


Fig. 2 Measuring points

† 교신저자; 정회원, 부경대학교 기계자동차공학과  
E-mail : bsyang@pknu.ac.kr  
Tel : (051) 629-6152, Fax : (051) 629-6150

\* 부경대학교 대학원 메카트로닉스공학과

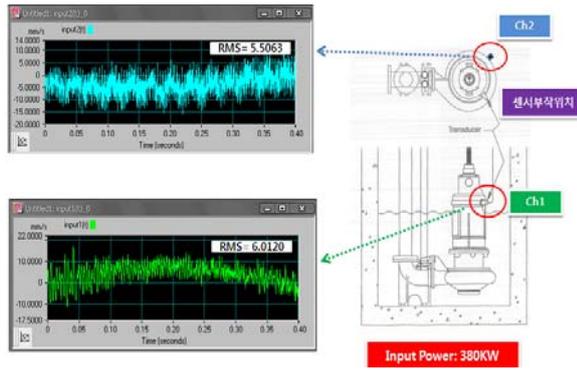


Fig. 3 The measured velocity signal waveform

### 3. Cargo Pump System의 진동 평가 및 고유 모드 해석 결과

(1) ANSI/HI11.6-2001 규격에 따른 진동 평가

Fig. 4에 나타내는 이 규격은 수중용(submersible) 원심펌프의 시험에 적용되며, 허용기준은 필터링 되지 않은 Root Mean Square(RMS) 진동 값으로 평가된다.

규격에 정의된 측정위치인 Ch1(X)과 Ch2(Y)에서 측정된 진동속도의 RMS 진폭은 각각 6.012 mm/s와 5.506 mm/s를 나타내었고, 이를 Fig. 4의 진동한계치 곡선 내에 함께 나타내었다. 허용범위 내에 있음을 확인할 수 있다.

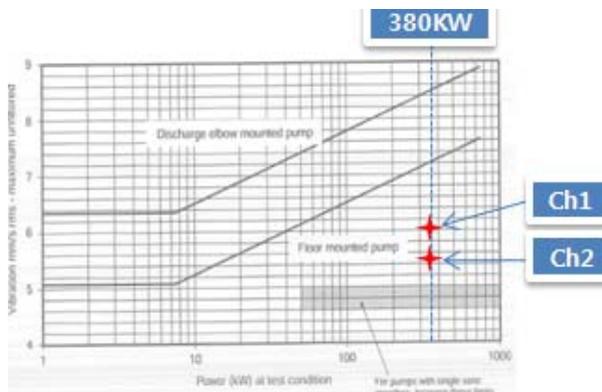


Fig. 4 Vibration limits (ANSI/HI 11.6-2001)

(2) Cargo Pump System의 고유진동수 및 모드해석 결과

Table 1은 충격시험을 실시하여 취득한 데이터를 이용한 Me'Scope값과 MSC.Patran 및 Nastran을 이용하여 구한 1차에서 3차까지의 고유진동수 결과를 비교한 것이다.

Table 1 Natural frequencies (Hz)

Mode	Measurement	MSC.Patran & Nastran
1st	10.7	11.4
2nd	31.5	31.7
3rd	70.3	68.8

Cargo Pump의 정격 운전속도는 2000 rpm이므로, 회전주파수는 33.33Hz이다. Table 1을 살펴보면, 2차 모드의 고유진동수가 31.5 Hz로 약 5.8%의 분리여유를 가지는 공진영역에 있음을 알 수 있다. 그러나 펌프시스템의 하부가 물로 채워져 있으므로, 실제로는 이 부분의 감쇠효과에 의해 진폭이 낮은 것으로 생각된다.

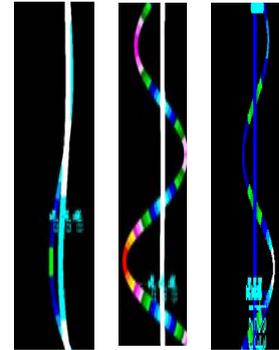


Fig. 5 Theoretical natural modes

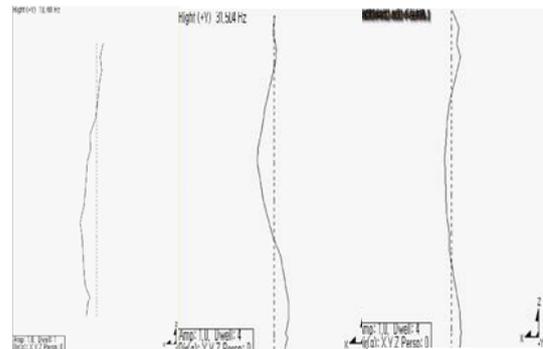


Fig. 6 Experimental natural modes

### 4. 결론

본 연구는 Submerged Cargo Pump System의 국산화 개발을 위한 과정의 일환으로, ANSI/HI11.6-2001규격에 근거한 시작품에 대한 진동 측정데이터를 이용한 진동한계치 만족여부의 평가와 이론 및 실험적인 저차 고유진동수와 고유모드 해석을 수행하였다. 규격에서 정의한 임펠러 상부의 두 직교방향에서 측정된 RMS 진동속도 진폭은 규격의 허용범위 내에 있음을 확인하였다. 그리고 실험과 이론 해석을 통해 얻어진 고유진동수는 2차 모드 성분이 운전주파수와 매우 근접한 공진영역에 있으나 작동유체의 감쇠효과에 의해 진폭이 증폭되지 않음을 확인하였다.

### 후기

본 연구는 지식경제부의 “Cargo Pump System의 진동해석 프로그램 개발 및 진동, 소음평가 과제”의 일환으로 수행되었습니다.