

# 수직형 해수펌프 진동저감 사례 고찰

## A Study on the Vertical Pump Vibration Mitigation

김원택† · 김명천\* · 이혁순\*  
Wontaek Kim, Myongchon Kim and Hyuksoon Lee

### 1. 서 론

원자력발전소에서는 해수를 이용하여 계통수 또는 기기 냉각수로 활용하는데, 대부분 장축의 수직형 펌프를 채택하고 있다. 해수 펌프는 장축을 사용하는 구조적 특성과 해수의 조류가 반복되는 운전환경에 의해 진동에 취약한 상태를 가지고 있다.

현재 사용중인 원심 수직형 장축 해수펌프는 해수 수위가 변화함에 따라 진동기 상부에서 고진동이 발생하는 경향이 있으므로 이의 진동특성을 분석하고, 정비점검을 통해 진동이 저감된 사례를 소개하고자 한다.

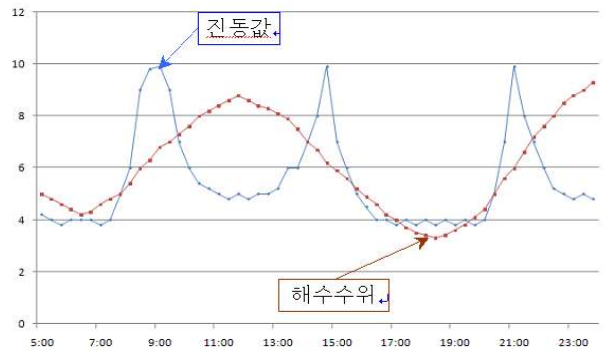


그림 1. 해수수위에 따른 진동추이

### 2. 펌프사양 및 진동특성

#### 2.1 펌프 사양

구 분	내 용	비고
형식	펌 프 : 원심, 수직 1단 진동기 : 동형 유도전동기	
사용유체	해수, 35℃	
회전수	894 RPM (14.9Hz)	
용량	6,359 m <sup>3</sup> /hr (28,000 GPM)	
펌프전장	16.68m (Floor 하부길이 : 12m)	

#### 2.2 진동 특성

- (1) 해수 수위 변화에 따라 해수펌프 진동기 상부측 진동이 기준값인 8mm/s 보다 높은 값을 가지거나 변화폭이 3~10mm/s로 크게 나타났다.
- (2) 해수 조수차이의 중간수위 영역에서 진동이 최대값을 가지며, 진동의 주성분은 회전주파수와 같은 1X 성분으로 확인되었다.

- (3) 공진영향을 확인하기 위해 수행한 주파수응답 시험 결과 펌프외부 칼럼의 고유진동수가 해수 출구 및 해수출구 직각방향 모두 895cpm (14.92Hz)으로 펌프 회전주파수(14.9Hz)에 근접하여 공진영향이 클 것으로 여겨진다.

### 3. 점검, 조치 및 결과

#### 3.1 점검 내용

수직형 장축 해수펌프가 특정수위에서 진동의 크기가 급증하고 반복적으로 해당수위에서 위상변화를 수반한 고진동이 재현되었다. 주파수응답시험결과 운전속도 부근에서 고유진동 성분이 확인되어 공진으로 평가되었으나, 공진을 해소하기 위해서 구조개선을 하기에는 상당한 비용 및 기간이 필요하여 실행되지 않았다. 그러므로 우선적으로 각부 체결상태, 지지부 접촉상태 등 강성 취약사항 점검, 가진력 최소화를 위한 수직펌프의 수직도, 진동기 안착면 수평도 등을 중점적으로 점검하였다.

#### (1) 측정될 상태

점검결과 축편심 5/100mm, 커플링면 편심 2/100mm로 기준치 5/100mm이내로 나타났다.<sup>1)</sup>

† 교신저자 : 한국수력원자력(주)  
E-mail : kwtaek@khnp.co.kr  
Tel : (042) 870-5673, Fax : (042) 870-5689

\* 한국수력원자력(주) 원자력발전기술원

(2) 베어링 및 슬리브 마모상태

칼럼 최하부 베어링 및 슬리브에서 상부까지 편마모가 발생하였다.

(3) 수평도 측정

바닥판, 토출배관 상부, 전동기 안착면 상부 모두 수직펌프의 통상 수평도 기준인 0.127mm를 초과하여 0.33~0.39mm까지 나타났다.<sup>2)</sup>

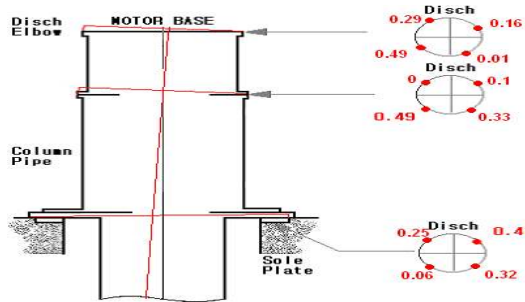


그림 2. 펌프 각부 수평도 편차

(4) 칼럼 수직도 측정

조립상태의 칼럼 수직도 확인결과 최하부측 칼럼부 중심이 12.5mm 가량 좌측으로 기운 것으로 확인되었다.

3.2 조치 내용

(1) 베어링 편심교정

베어링 지지체인 스피리더 외경의 편심교정으로 각 베어링 중심선의 직진도를 확보하여 편마모 발생을 예방하였다.

(2) 내부품 교체

기준치를 벗어나 마모된 베어링, 슬리브, 임펠러 및 웨어링을 교체하였다.

(3) 펌프 수평도 확보

장축 수직펌프에서 축의 수직도는 펌프의 진동에 직접적 영향을 주는 중요한 사항이며, 수직도에 직접 영향을 미치는 바닥판의 수평도 기준치는 국제기술기준 및 산업계 경험을 검토하여 보수적인 기준인 수평도 최대  $\pm 0.127\text{mm}$ 를 적용하였다.<sup>2),3)</sup>

가. 칼럼 플랜지 가공

펌프 수평도를 과다하게 벗어난 최상부 외부 칼럼에 썸머를 삽입 가조립하여 측정 후 편차를 수정 가공하였다.

나. 전동기 안착면 가공

전동기 안착면 수평도 개선을 위해 썸머 삽입 후 편차를 수정 가공하였다.

(4) 칼럼 수직도 교정

가공후 가조립 결과 약12m 하부 케이싱이 출구 방향으로 약 4.5mm 오차가 발생하여 바닥판 측 썸머

를 삽입조정으로 하부편차를 보수적인 국제기준을 적용 길이대비 0.5mm 이내로 교정 수행하였다.<sup>2)</sup>

3.3 시험 결과

해수 수위변화에 따라 고진동이 발생하였던 전동기 상부에서 해수 수위변화에 무관하게 회전주파수(1X) 성분이 안정되어 공진의 양상은 없으며, 총진동값도 기준값인 8mm/s보다 작은 최대 3.5mm/s 이하로 안정된 상태를 유지하고 있다.

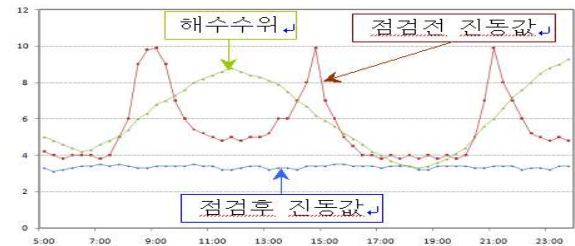


그림 3. 점검전후 진동값

4. 결 론

수직형 장축 해수펌프에서 수위변화에 따른 모터상부 고진동의 주원인은 회전주파수(1X) 성분과 해수 수위에 따라 특성변화를 갖는 펌프계의 공진이었다.

공진을 해소하기 위해서는 회전주파수와 펌프구조물의 고유진동수 이격을 위한 구조적 개선을 고려해 볼 수 있으나 이는 상당한 비용 및 시간이 수반되므로 결정하기 쉽지 않았다.

그러므로 현실을 고려하여 비용 및 시간이 수반되지 않고 할 수 있는 조치를 우선 수행하기로 정하고, 통상적인 기준치를 벗어났던 펌프 수평도 확보, 칼럼 수직도 교정, 편심 최소화 및 내부품 점검을 수행하였다.

이를 통해 공진에 영향을 주는 가진력을 최소화함으로써 전체적으로 진동을 저감시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

(1) HTI, 2000, "Vertical Turbine Centrifugal Pump Installation & Operation Manual", Hayward Tyler, Inc., 4.1  
 (2) M. Pugh, 2002, "Vertical Pump Maintenance Guide", EPRI TR 1003467, 4.4  
 (3) API, 1996, "Recommended Practices for Machinery Installation and Installation Design", API RP 686, 3.9