

# 배관 지지대를 통한 건축구조물 진동 사례 (터빈빌딩 슬라브 진동평가 및 진동저감방안 연구)

## Case Study for Building Slab Vibration Excited by Pipe Supports

정세민† · 전창빈\* · 박희웅\* · 조직래\*

Se-Min Jung, Chang-Bin Jeon, Hee-Woong Park, Jik-Lae Jo

### 1. 개요

발전소 내의 바닥(Slab)에서 진동이 발생하는 것은 발전소 내에서 흔히 볼 수 있는 현상이다. 배관이 기기에 연결되어 유체를 이송시켜야 하는 역할을 담당하고 있는 이상, 크거나 작은 진동이 발생하기 마련이고 그 배관계에 의한 진동에너지는 다른 구조물에 영향을 주는 것이 사실이다. 하지만 일반적으로 그 진동범위가 설계허용치 내에 있고 사람이 느끼기에 그렇게 크지 않으면 배관설계에 고려를 하지 않는다.

이번 사례연구는 한국남동발전(주) 시운전팀이 영흥 화력발전소 3 호기 시운전 중 터빈건물 중간층 (Mezzanine Floor El. 15300) Slab 에서 2 호기와는 상이하게 진동이 발생하는 것을 발견하여 한국전력 기술(주) 배관기술처에 진동저감방안을 요청한 데서 시작되었다.

발전소 현장에서 원인 분석 및 진동 시험을 수행한 결과, 매우 작은 진폭의 고주파 진동이 Condensate Booster Pump(이하 CBP) Area 상부 중간층 Slab 에서 발생하고 있었고 Slab 상부 및 하부 Steel Structure 에 지지된 CBP Discharge 측 배관이 주요 가진원으로 확인되었다. 이 배관에서 감지되는 진동은 변위가 매우 작은 고주파 진동이라 배관과 지지대 간극 때문에 적절히 구속되지 못하고 있었고, 한편 그 진동의 일부는 지지대를 통해 구조물에 전달되고 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 Slab 에 발생하는 진동의 원인을 분석하고, 진동의 크기를 2 호기 수준으로 줄이기 위한 저감방안을 마련하고 구조물의 건전성을 평가하고자 한다.

### 2. 데이터 분석 및 진동원인 분석

#### 2.1 진동데이터 분석

† 정세민; 한국전력기술(주)  
E-mail : entrez94@kopec.co.kr  
Tel : (031) 289-4877, Fax : (031) 289-4507  
\* 한국전력기술(주)

원인 분석과 진동 데이터 평가를 위해 한국전력기술(주) 배관기술처에서 보유하고 있는 진동측정 장비 (SmartOffice Analyzer)를 이용하여 진동을 측정하였으며, Slab 진동에 영향을 줄 수 있는 CBP Discharge 측 배관, 지지대, 펌프, Steel Structure, Slab 등에서 진동을 측정하고 주파수 분석을 수행하였다.

Table 1 진동 측정 데이터

측정위치	3 호기	2 호기
Slab 에 설치된 지지대	-가속도 신호: 179Hz 의 조화성분(펌프의 회전수와 관련된 주파수) -변위 신호: 20 Hz 내외의 저주파 진동 성분 -진동 변위: 0.5 mils(P-P)	-지지물 형태가 상이하므로 측정 생략함
Slab	-진동특성은 위와 동일 -진동속도: 2.31 mm/s(0-P)	-진동 속도: 1.17 mm/s(0-P)
CBP Discharge 측 밸브	-진동특성은 위와 동일 -진동 변위: 2.6 mils(P-P)	-가속도 신호: 299 Hz 의 조화성분 -변위 신호: 20 Hz 내외의 저주파 진동 성분 -진동 변위: 1.6 mils(P-P)
CBP 베어링 하우스	-가속도 신호: 179Hz 의 조화성분 -진동 변위: 0.9 mils(P-P)	-가속도 신호: 299 Hz 의 조화성분 -진동 변위: 0.5 mils(P-P)

Table 1 은 2, 3 호기의 시정조치 전 데이터를 취득한 결과를 요약한 표로 측정 데이터의 특성과 크기를 간단히 보여준다. 배관에서 측정된 변위신호에서는 10 ~ 20 Hz 의 광대역 저주파 진동신호가 크게 나타나고 있으며, 가속도 신호에서는 펌프 회전수와 관련된 조화성분이 두드러지게 나타나고 있다. 저주

파 진동신호는 난류유동에 의한 영향으로 볼 수 있으며, 179Hz 의 조화성분(2 호기는 299 Hz 에서 발생)은 펌프의 깃통과 주파수(Blade Passing Frequency)에 의한 것으로 볼 수 있다. Slab 진동에서도 배관에서 측정된 주파수 성분과 유사한 진동특성이 나타나므로 Slab 진동의 직접적인 원인이 배관 진동에 있음을 알 수 있다.

## 2.2 원인 분석

측정 데이터의 진동 주파수를 분석한 결과, Slab 진동은 펌프의 기계적 가진력(펌프 회전수와 관련된 조화성분)과 유체 유동에 의한 가진력(난류유동에 의한 저주파 배관 진동)의 영향을 함께 받고 있으며, 펌프에서 발생한 가진력이 배관을 타고 Slab 상부 및 하부 Steel Structure 에 설치된 배관지지대를 통해 Slab 로 전달되어 발생한 것으로 분석되었다.

## 3. 진동저감 방안

처음 시험 수행 시, 현장을 조사하면서 배관과 지지대 간극이 커 진동이 적절히 구속되지 못하는 것을 발견하고 지지대 설계변경을 수행하였다. CBP Discharge 측 배관 지지대는 배관과 지지대 부재 사이에 간극이 없도록 재설치 하고, Slab 로 가진력을 전달하는 지지대는 3 방향 하중이 모두 구속되도록 지지대 타입을 변경하였다. 지지대 변경 후 Slab 진동이 크게 개선되었으나 진동수준이 2 호기에 비하여 상대적으로 높아 CBP By-pass Line 에 설치된 지지대(U-006)에 방진패드를 Fig. 1 과 같이 설치하여 가진력이 Slab 에 전달되지 않도록 조치하였다.

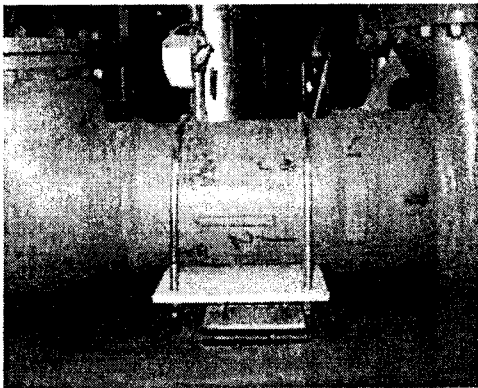


Fig. 1 지지대(U-006) 방진패드 설치

Slab 상부 지지대(U-006)에 설치된 방진패드가 진동전달을 차단하여 지지대 주변의 Slab 진동은 크게

개선되었으나, Slab 의 다른 위치에서는 진동이 여전히 발생하고 있었다. 그래서 Slab 하부에 설치된 다른 지지대에 의한 영향을 확인하기 위해 Slab 하부에서 진동을 측정하였으며, 측정 결과 Slab 하부의 Steel Structure 에 설치된 다른 CBP 배관 지지대를 통해 진동이 Slab 로 전달되고 있음을 확인하였다. 따라서 지지대를 통한 진동전달을 줄이기 위해 방진패드 설치 범위를 확대하는 조치를 취하였고 시정조치 결과, Slab 진동이 최대 0.9 mm/s 로 2 호기 수준으로 줄어들었다.

## 4. 구조물 건전성 평가

DIN 4150-3(Effect of Vibration on Structures)은 건축 구조물의 진동허용기준으로, 건축 구조물에 피로 또는 공진에 의한 영향이 없는 경우(Short-term Vibration)와 피로 또는 공진에 의한 영향이 있는 경우(Long-term Vibration)로 구분하여 진동허용치를 제시한다. CBP Discharge 배관진동은 두 번째 Long-term Vibration 영향이 있는 경우에 해당하므로 DIN Code 에 따라 진동이 Slab 에 미치는 영향을 비교 평가하였다. Code 에서는 구조물의 목적(구조물 형태)에 따라 진동허용기준이 다르며, 발전소 구조물의 진동속도는 최대 10 mm/s 를 초과하지 않도록 제한하여야 한다고 규정한다.

Slab 진동이 발생하는 CBP Area 에서 취득한 데이터 값 중 최대진동 속도는 0.9 mm/s 로 측정되었다. 이 값은 허용기준을 만족하므로 진동이 Slab 의 구조적 건전성에 미치는 영향은 없는 것으로 판단되었다.

## 5. 결 론

CBP Discharge Area 진동의 원인은 CBP 에서 발생한 유체유발진동이 Slab 상부 및 하부 구조물에 설치된 배관 지지대를 통해 Slab 로 전달되어 발생한 것으로 분석되었다. Slab 진동을 줄이기 위해 지지대 타입을 변경하고 지지대에 방진패드를 설치하였으며, 시정조치 결과 3 호기 Slab 진동수준이 2 호기 수준으로 떨어졌다. Slab 로 전달되는 진동을 건축구조물 허용기준에 따라 평가한 결과, 건축구조물의 건전성에 영향이 없음을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- (1)한국소음진동공학회지(제 9 권 제 6 호), 1999, "건축구조물의 진동측정 및 기준"
- (2)DIN 4150 Part 3. "Structural Vibration in Buildings : Effect on Structures".