

# 감쇠기를 이용한 배관진동 저감 사례

## Vibration Reduction for the Feedwater Pump Turbine Piping using Viscous Dampers

전창빈† · 김정수\* · 배재환\*

Changbeen Jeon, Jungsoo Kim and Jaewhan Bae

### 1. 서 론

주급수펌프터빈계통은 주급수펌프터빈을 구동시키는 기능을 수행하며, 주급수펌프터빈은 그림 1과 같이 주급수펌프터빈 계통으로부터 증기를 공급받아 구동된다.

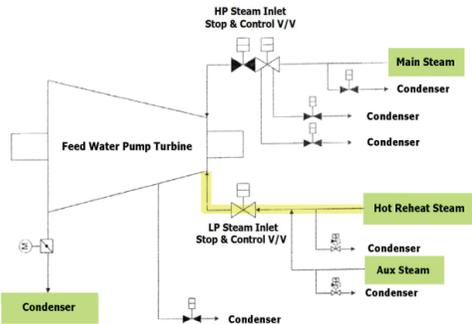


그림 1 주급수펌프터빈 배관 계통도

주급수펌프터빈은 변속운전이 가능하도록 설계되어 있으며, 급수제어계통에서 요구하는 펌프 속도 설정치에 따라 터빈 속도조절밸브가 터빈에 공급되는 증기량을 조절한다.

고진동이 발생한 배관은 정상운전 중 재열증기를 주급수펌프터빈에 공급하는 배관으로 그림 1의 저압증기조절밸브(LP Steam Inlet Stop & Control Valve) 입구측 배관이다. 대상 배관은 열팽창과 기기노즐의 열팽창 변위를 수용할 수 있도록 그림 2와 같이 노즐 근처에 Loop를 주고, 스프링 지지대를 설치하여 노즐에 작용

하는 하중을 최소화하였다.

현장점검 결과, 증기공급배관은 저압증기조절밸브의 헌팅에 의해서 진동이 발생하고 있었으며, 진동 주기도 약 2 Hz로 저압증기조절밸브의 헌팅 주기와 일치하였다. 고진동으로 인해 터빈 노즐부에 피로손상 위험이 있는 것으로 판단되어 배관계의 건전성을 평가하고 진동 감쇠 방안을 검토하였다.

### 2. 본 론

그림 2는 진동측정 위치 및 측정 방향으로 고진동이 발생하는 방향으로 진동을 측정하여 평가하였다.

표 1은 평가결과를 요약한 표로 터빈 노즐 근처(FT01Z)에서 측정한 데이터가 단순보 방법에 의한 허용변위를 초과하였음을 보여준다.

현장점검 결과, 속도조절밸브의 조절량이 다른 발전소보다 많았으며, 조절량과 조절횟수에 연동되어 증기공급배관에 고진동이 발생함을 확인하였다.

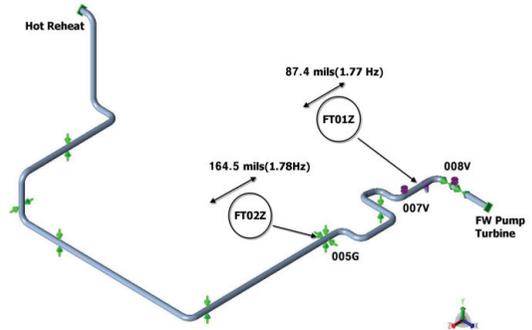


그림 2 진동측정 위치 및 측정 방향

† 한국전력기술㈜

E-mail : changbin@kepco-enc.com

Tel : (031) 289-3678

\* 한국전력기술㈜

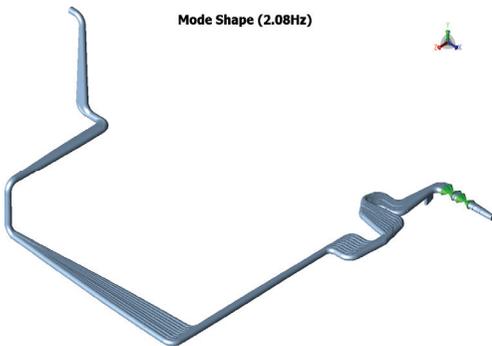
**표 1** 단순보 방법에 의한 측정 데이터 평가

	Drain Valve (FT01Z)	지지대 Clamp (FT02Z)
측정 변위 (mils, Pk-Pk)	87.4	164.5
허용 변위 (mils, Pk-Pk)	50.2	226.9
주요 가진주파수 (Hz)	1.77	1.78
평가결과	불만족	만족

\* ASME OM S/G Part 3, 단순보 방법(Simplified Method for Qualifying Piping System)을 적용하여 측정데이터 평가

급수제어계통의 제어신호에 따라 속도조절밸브가 미세하게 증기량을 조절하면 배관 내에 압력맥동이 발생하고, 증기공급배관을 따라 압력맥동이 전달되면 엘보와 같은 압력-진동 연계요소에서 불평형력이 발생하여 진동이 유발된 것으로 판단된다.

배관계의 동특성을 확인하기 위해 모드해석을 수행하였으며, 그림 3과 같이 2차 모드 (2.08 Hz)의 진동형태가 실제 배관거동과 유사함을 확인하였다. 여기서, 압력맥동에 의한 불평형력이 배관계에 작용하고 가진력의 주파수 특성과 배관계의 고유진동수가 일치하여 진동이 증폭된 것으로 판단된다.

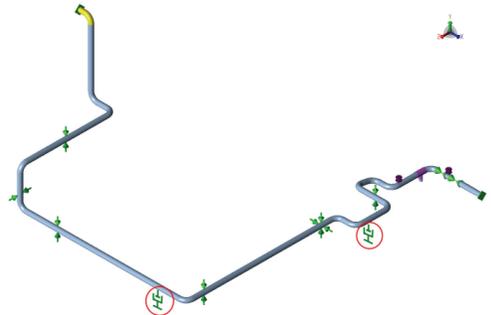


**그림 3** 재열증기 공급배관의 동특성

응력해석 결과, Rigid 지지대를 이용하여 진동변위를 구속할 경우 코드 허용응력은 만족하지만, 노즐 허용하중은 만족시키지 못하므로 강성을 증가시키지 않는 진동감쇠기를 이용하여

여 진동을 감쇠시키는 방안을 검토하였다.

그림 4는 Viscous 댐퍼를 적용한 해석모델이며, 표 2와 3은 해석결과이다. 허용응력과 비교한 결과, 진동감쇠용 지지대 보강 후 각 코드 식의 최대응력은 모두 허용응력을 만족하였고, 노즐 하중을 허용하중과 비교한 결과, 허용하중을 만족하였다.



**그림 4** 진동감쇠기 적용 시 응력해석모델

**표 2** 코드 허용응력 검토

코드식	절점	배관응력 (psi)	허용응력 (psi)	(배관응력/허용응력)(%)
11 식	115	4400	15000	29.3
12 식	115	4400	18000	24.4
13 식	10	10500	33660	31.2

**표 3** 주급수펌프터빈 노즐 허용하중 검토

코드 식	작용하중	허용하중	(작용하중/허용하중)(%)	만족 여부
FR + MR/3	1918	3340	57.4	만족

\* NEMA SM-23

그림 5는 재열증기 공급배관에 Viscous 댐퍼를 설치한 사진으로 열에 의한 영향을 받지 않도록 Clamp와 Clamp Shoe를 이용하여 댐퍼를 설치하였다.

표 4는 Viscous 댐퍼 적용 전후의 진동변위를 비교한 표로 FT01Z, FT02Z 부위에서 댐퍼 적용 전과 비교하여 82.5%, 93.3% 의 저감효과가 있는 것으로 나타났다.



그림 5 Viscous 댐퍼 설치

### 3. 결 론

진동의 정도가 심하지 않고 단순보 형태의 진동일 경우에는 고진동 위치에 강체 지지대를 보강하여 진동을 저감시킨다. 이 방법은 배관 진동을 강제로 구속하는 단순한 방법으로 고온 배관에 적용하면 강성이 커져 열응력이 증가하는 문제가 발생한다.

강체 지지대를 설치할 수 없는 배관에 진동 감쇠기를 적용하면 배관계의 강성에는 변화가 없지만, 감쇠가 증가하여 진동응답을 줄일 수 있다. 진동 감쇠기는 진동 에너지를 열에너지로 변환시켜 진동 응답을 줄이는 감쇠기로 배관계의 동특성을 변화시키지 않으면서 공진영역의 진동응답을 줄일 수 있다.

재열증기 공급배관에 발생한 진동 문제를 해결하기 위해 Viscous 댐퍼 적용을 검토하였으며, 적용성 검토결과 코드 허용응력과 기기노즐의 허용하중을 모두 만족하는 것으로 확인되었다. 또한 Viscous 댐퍼 설치 후 진동을 측정 한 결과, 배관진동이 허용기준 이내로 들어왔으며, 진동변위도 크게 감소하였다.

표 4 Viscous 댐퍼 적용 전후 진동변위 비교

	댐퍼 설치 전	댐퍼 설치 후	비고
FT01Z 진동변위 (mils, P-P)	87.4	15.3	저감효과 82.5%
FT02Z 진동변위 (mils, P-P)	164.5	11.1	저감효과 93.3%
주요 가진주파수 (Hz)	1.78	4.6	
허용기준 만족여부	불만족	만족	
진동 특성	정현파 진동	난류 유동에 의한 불규칙 진동	