

원자력 발전소 주급수 계통 배관 진동 저감 대책

Reduction Method for the Main Piping Vibration in Nuclear Power Plant

유국현† · 박해동* · 이상배** · 원윤호**

KukHyun Ryu, HaeDong Park, SangBae Lee and YounHo Won

1. 서 론

최근 원자력 발전소 및 화력 발전소 등 Plant 관련 시설에는 다양한 종류의 배관이 설치 되며, 이들 배관 계통의 건진성을 저해하는 요인들 중에서 배관계의 진동이 중요한 역할을 한다. 주급수 펌프 등 각종 기기의 작동에 의하여 발생하는 유체 유발력에 의하여 정상 상태 진동 또는 과도 진동이 발생하고 시스템이 설계 수명 이상까지 진동에 견뎌 내도록 하여야 하므로 정상 운전의 진동 수준이 진동 허용치 이내로 유지하도록 하여야 한다.

이를 위한 진동 저감 대책 방안으로 배관의 동특성 변경 방법과 배관의 가진힘 자체를 줄이는 방법을 사용 또는 현장 적용을 위한 연구를 수행하였다. 첫 번째의 동특성 변경 방법은 고정단을 증가하는 방법이며, 두 번째의 가진힘을 저감 시키는 방법은 배관의 형상을 부드럽게 변경하여 굴곡부동의 유체 충격력 및 반력을 줄이는 방법이다.

그러나 첫 번째 방법은 고정단 증가에 따른 배관의 변형의 여유가 적어지므로 배관의 열팽창 및 수축에 따른 배관 고정단 파손 및 배관 크랙의 위험성이 나타날 수 있다. 두 번째 방법은 형상에 따른 진동 저감량 예측이 어려우며, 배관내의 과동장 및 배관의 진동 장을 동시에 고려하여야 하며, 내부 설치 위치에 따른 형상 변경의 어려움이 내제 되어있다.

따라서 위의 방법 이외의 P-SVD (Piping-Viscous Damper)를 이용한 배관 진동 저감 방법을 제안하며, 이에 현장 적용 및 진동 계측을 통한 진동 저감량 평가를 수행하였다.

† 교신저자; (주)브이원
E-mail : v1@v1.co.kr
Tel : 041-553-8805, Fax : 041-553-8807

* (주)브이원
** 한국전력기술주식회사

2. 배관 건진성 평가 진동 허용 규제치

2.1 원자력 발전소 배관 시험 기준

(1) ASME OM S/G Part 3

원자로 건물 내 배관의 경우는 방사능 누출의 가능성을 최소화하는 것이 배관 설계의 목표이므로 원자력발전소 배관 계통의 가동 전 및 초기 시운전 진동 시험에 관한 기준인 ASME OM S/G Part3 에 따라 실시하는 것으로 규정 되어있다.

$$v_{allow} = \frac{C_1 C_4}{C_3 C_5} \frac{3.64 \times 10^{-3} (S_{el})}{\alpha C_2 K_2} \text{ (in/sec, 0-p)}$$

2.2 배관 진동 허용 규제치

배관 진동 자체의 진동 허용 규제치로는 VDI-3842와 Haystack Curve가 사용되며 그림 1과 그림 2에 나타내었다. 두 기준의 비교 결과 VDI-3842는 속도 그래프이며, Haystack Curve는 변위 그래프로 일치하며, 일반적으로 VDI-3842에서는 rms velocity level < 7.5mm/s, peak velocity level < 20mm/s를 권장 기준으로 나타내었다.

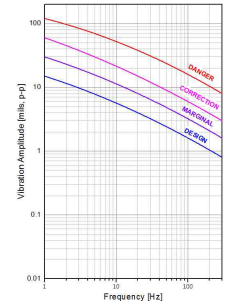
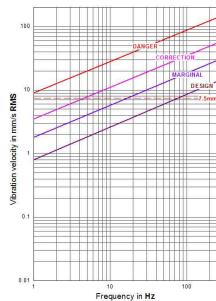


그림 1. VDI-3842

그림 2. Haystack Curve

3. 배관 진동 측정 위치 및 평가 결과

3.1 진동 측정 위치

00 발전소 시운전시 아래 대상 지점에 진동이 발생하였으며, 대상 지점에 대하여 ASME OM S/G Part 3의 단순보 방법(Simplified Method for Qualifying Piping System)을 적용하여 초기 진동 측정을 수행하였다.

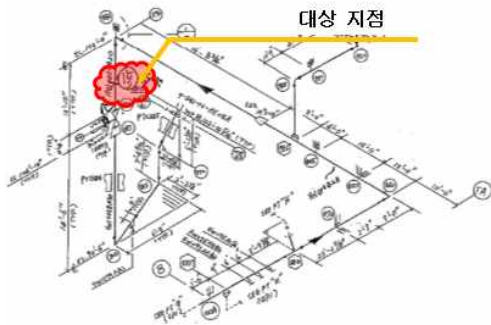


그림 2. 대상 지점

4. P-SVD를 이용한 진동 저감 대책

진동 측정 평가 결과에 따라서 대상 지점에 대한 P-SVD (Piping-Viscouse Damper)설치를 위하여 배관 열팽창에 따른 변형량 및 배관의 동하중 평가를 함께 수행하여 현장 조건에 맞는 제품을 설계 하였으며 아래에 설치 전경을 나타내었다.

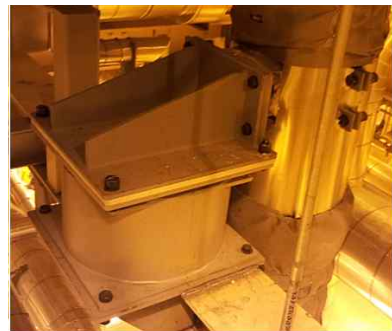


그림 4. P-SVD 설치 전경

Table 1 측정 평가 결과

측정 위치	FW 3
측정 변위 (mils, P-P)	80.09
주요 가진 주파수 (Hz)	3.4

측정 결과 약 80mils의 측정 되어 Haystack Curve 기준을 사용하여 정밀 평가를 수행하였다.

평가 결과 그림 3과 같이 Correction 수준으로 평가 되었으며, 주요 가진 주파수인 3.4Hz 대역은 배관계의 고유 진동수로 평가되었다.

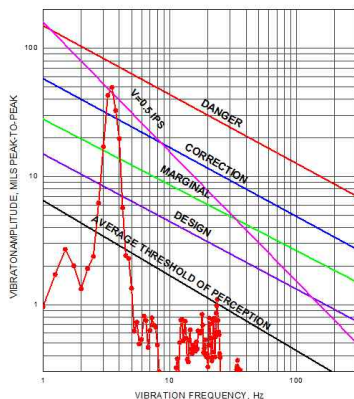


그림 3. 대책 전 평가 결과

5. 결 론

P-SVD 설치후 진동 측정 결과는 아래와 같으며 Haystack Curve 평가 결과 Design 수준으로 평가 되었다.

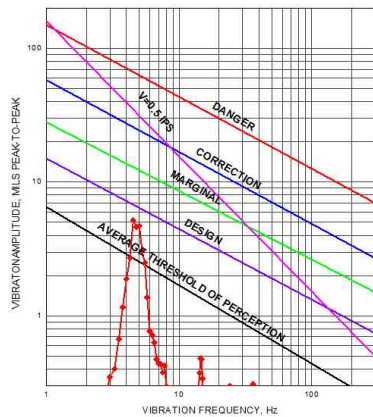


그림 5. 대책 후 평가 결과