

ODS Plant

Piping Vibration Control at Plant by ODS Analysis

정민기† · 임지훈* · 김효범* · 박정욱** · 이상엽***

Min-Ki Jeong, Ji-Hoon Lim, Hyo-Beom Kim, Jung-Wook Park and Sang-Yeop Lee

1. 서 론

플랜트 배관의 경우 일반적으로 공정과정에 발생하는 과도한 진동으로 인한 반복적인 피로현상을 유발하여 배관에 손상을 주게 된다. 이러한 배관의 피로현상을 정확하게 평가하기 위하여 변형율을 측정하여 피로응력을 평가하는 방법이 있으나, 상시 운전 중인 플랜트 현장의 특성상 적용하기에는 현실적으로 복잡하고 어려움이 많다. 그리고 해석으로만 피로응력을 산정할 경우 실제 배관의 거동을 완전히 반영하여 수행하는 것은 불가능하다.

따라서 본 논문에서는 실제 고진동 프로세서 배관의 ODS(Operational Deflection Shape) 분석 결과를 해석모델 산정과 배관 하중 산정 과정에 활용하여 해석적인 접근법의 신뢰성을 확보하고자 하였다. 그리고 실제 적용사례(GS칼텍스 여수공장)를 위주로 하여 이러한 평가과정과 고진동 배관에 의한 진동을 제어 과정까지 소개 하였다.

2. ODS 이론적 고찰

ODS는 일반적으로 Operational Deflection Shape을 말한다. 본 절에서는 ODS의 정의와 주파수 영역 및 시간영역에서 ODS 표현방식을 제시하였다.

(1) ODS VS 강제응답

ODS는 일반적으로 Operational Deflection Shape을 약자로 사용되며, 탄성 구조체 강제진동현상을 표현한 식 (1)의 해에 해당하는 응답을 말한다. 즉, 구조체의 여러 지점에서 의 강제응답이 ODS의 정의이다. 그리고 $f(t)$ 는 외력이다.

$$[M]\ddot{X}(t) + [C]\dot{X}(t) + [K]X(t) = f(t) \quad (1)$$

식(2)는 식 (1)의 시간영역에서의 지배방정식(discrete but

infinite dimensional)에 등가인 주파수영역의 방정식이다.

$$X(j\omega) = [H(j\omega)]F(j\omega) \quad (2)$$

where: $[H(j\omega)]$ = FRF matrix

$X(j\omega)$ = vector of discrete Fourier transforms of displacement responses.

$\{f(j\omega)\}$ = vector of discrete Fourier transforms of external forces.

(3) Frequency Domain ODS

식(2)에서 주파수영역 ODS는 특정 주파수($j\omega_0$)에서 강제 응답 해석결과로 정의되어지며, 더 구체적으로는 각각의 가진하중 Fourier transform과 동일 가진 위치에서 구해진 FRF의 곱으로 표시되는 벡터들의 합으로 구성된다.

$$ODS(j\omega_0) = [H(j\omega_0)]F(j\omega_0) \quad (3)$$

(4) Time Domain ODS

시간영역의 ODS는 식(3)의 양변에 inverse FFT (FFT^{-1})를 취함으로써 구해진다(식(4)참조).

$$ODS(t) = FFT^{-1}[H(j\omega)]F(j\omega) \quad (4)$$

3. 고진동 배관 평가 및 진동제어

3.1 진동현황

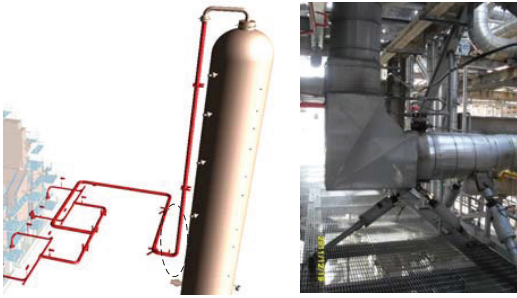
본 논문의 대상 배관과 고진동 위치를 Fig.1에서 제시하였으며, 본 배관은 고압 Heater 및 Reactor 주변 배관 내 유체흐름이 배관 진동의 원인으로 작용하고 있다. 그리고 플랜트의 운전조건(부하량)에 따라 진동양상 계속 변경되고 있으며, 본 측정은 현장 설계팀과 협의하여 고진동 발생 공정 하에서 수행되었다.

3.2 진동평가 및 저감대책

본 논문에서의 진동 측정은 Heater Outlet 배관에 접근이 가능한 55개 지점(55pts x 3Dof = 165 dof)에 수행 하였다. 진동센서는 3축 가속도계(PCB), 프론트엔드는 LMS Mobile 장비, 진동계측 및 분석 프로그램은 LMS TestLab 을 사용하였다. ODS 분석결과를 토대로 범용유한요소해석 프로그램을 이용하여 해석모델을 생성하였으며, 대책 전/후

† 교신저자; (주)브이테크
E-mail : jmk4000@chol.com
Tel : (031) 783-5651, Fax : (031) 783-5651

* (주)브이테크
** GS칼텍스
*** LMS Korea



a) Heat Outlet Line b) 배관 고진동 부분 현황

Fig. 1 고진동 배관 현황 소개

시간영역에서 진동해석을 수행하였다. 해석결과는 최대 진동 응답과 최대응력값을 기준과 비교하는 방식으로 정리하였다.

(1) ODS 분석 및 해석모델 생성

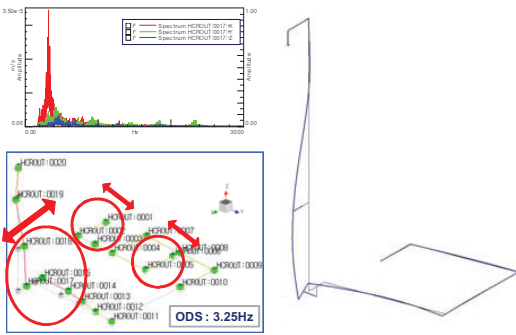
Heater Outlet 배관에 대한 ODS측정 및 분석결과를 Fig. 2(a)에서 제시하였으며, 3.25Hz에서 주된 진동응답이 발생하는 것으로 나타났다. Fig. 2(b)는 ODS 분석결과를 토대로 생성된 해석모델의 모드해석결과를 도시한 것이다.

(2) Stress Analysis

시간영역에서 배관진동해석을 수행하여, 해석결과로 시간영역에서 최대 변위응답과 응력값을 도출하였다. Fig. 3은 대책 전 배관에서 발생하는 최대 응력값을 도시한 것이다.

(3) 진동저감대책

본 배관에 대한 진동저감대책은 최대응답지점을 변위구속장치(Restraint)로 구속하고 대책 후 변화된 ODS 상에서 최대응답지점에 댐퍼를 설치하였다. ASME OM3 규정에 따른 대책 전/후 응력평가는 표 1에서 정리하였으며, 응답비교는 Fig. 4(b)에서 도시하였다.



a) ODS 결과 b) FE 모드해석(3.3Hz)

Fig. 2 최대응답주파수(3.25Hz)에서의 ODS 분석 및 모드해석결과 비교

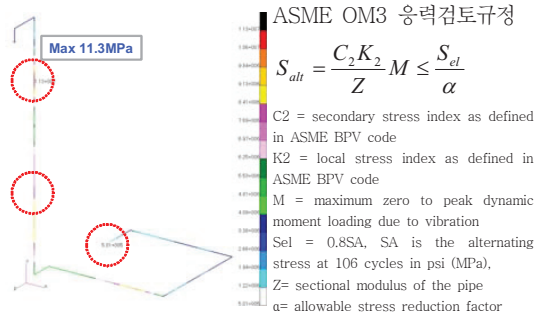


Fig. 3 배관응력 해석결과

표 1. 진동저감대책 전/후 응력해석결과 비교

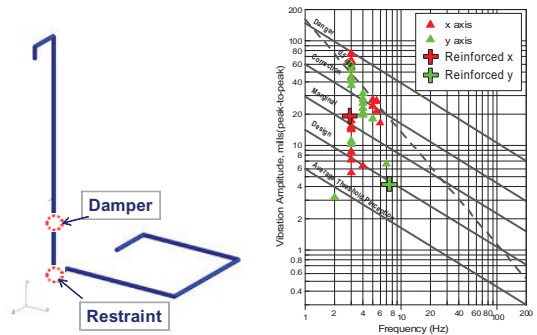
Unit : MPa	대책전	대책후
최대응력	11.34	4.27
C2K2	4.2	4.2
Salt	47.63	18.23
평가	O.K	O.K

4. 결 론

본 연구에서 수행된 ODS(Operational Deflection Shape) 분석 결과를 활용하여 고진동 배관의 해석모델 생성시 반영할 경우 진동 평가시 신뢰성은 물론 효율적인 진동대책 수립에 많이 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 GS칼텍스 여수공장 설계팀과 공동으로 수행중인 고진동 배관 진동저감과제의 일환으로 도출된 성과물을 정리한 것이다.



a) 진동저감대책

b) 대책전/후 응답비교

Fig. 4 해석모델 및 모드해석