

# 유한요소해석을 이용한 FCC 대형 압력용기의 진동 및 구조해석 연구

## Vibration and Structural Analysis of FCC Large Pressure Vessel using FEA

홍동표† · 김현식\* · 정태균\* · 이일택\* · 박찬곤\*

DongPyo Hong, Hyunsik Kim, Taegyun Jung, Iltaek Lee and Changon Park

### 1. 서 론

유동상 촉매 분해 공정(Fuid Catalytic Cracking Unit, 이하 FCC)은 중질유 분해설비의 중요 변환 설비로서 부가가치가 낮은 병커 C 유 등 중질 유제품을 부가가치가 높은 휘발유를 중심으로 한 경질 유종의 제품으로 전환하여 생산하는 시설이다. 이러한 FCC 공정 설비들은 점검 및 보수를 위하여 2-3년 마다 가동을 중지 시키는 것 외에는 계속해서 고온-고압 및 지속적인 진동/하중 등의 가혹한 운전 환경에 노출되어 있다. FCC의 주 설비인 Reactor의 경우 대략 0.234MPa 및 535℃의 조건에서 가동되며, Regenerator의 경우 0.3MPa 및 최소 325℃에서 가동되고 있다.

가혹한 환경에 노출되어 있음에도 불구하고 FCC 설비는 아직까지 구조해석 및 진동해석 등 외부 환경 영향에 대한 분석이 체계적으로 진행되고 있지 않으며 이에 본 연구에서는 ASME Code 기준에 의거하여 구조적인 안전성을 해석하고 외부 진동에 의한 FCC 설비의 진동해석을 수행하여 설비 자체에 발생되고 있는 응력 분포 및 고유진동수 분석을 수행하고자 한다.

### 2. FCC 설비의 구조해석

#### 2.1 ASME Code 설계 기준

ASME(American Society of Mechanical Engineers)는 미국 기계학회 약칭으로 발전, 원자

† 홍동표: 정회원, 전북대학교 기계시스템공학과  
E-mail : hongdp@jbn.ac.kr  
Tel : 063-270-2374, Fax : 063-270-2374  
\* 전북대학교 기계시스템공학과

력, 산업용기에 관련된 세부규격을 제정하여 적용하고 있다. ASME 규격 중에서 Section VIII Div.1과 Div.2는 산업용 보일러 및 압력용기, 특히 석유화학 공업용 화공설비의 설계 및 제작에 주로 적용되고 있다. 이를 기준으로 허용응력을 산정하고 구조해석을 수행하여 구조적 안전성 여부를 확인하였다.

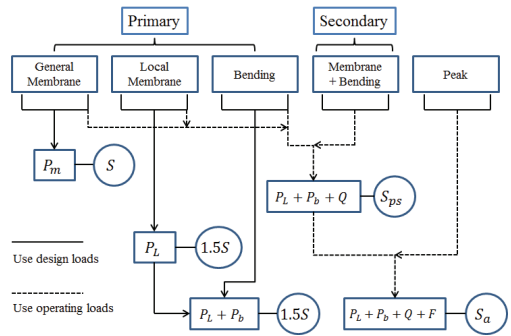
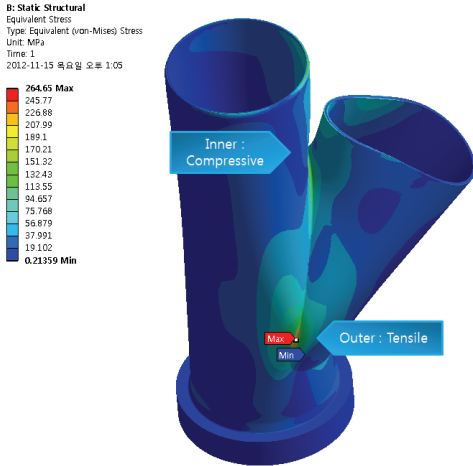


Fig 1 Limit of Stress Categories and Stress Strength

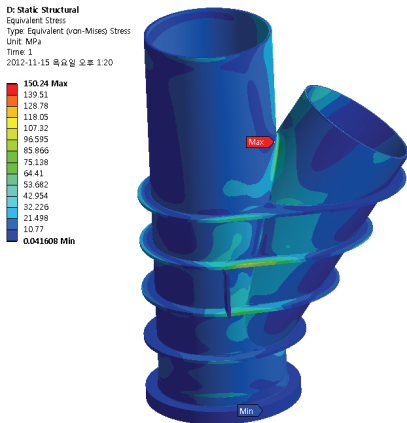
ASME Code 기준으로 본 연구에서 필요한 FCC 설비 허용응력은 240MPa로 결정되며 이를 바탕으로 구조해석을 수행하였다.

#### 2.2 Finite Element Analysis

구조해석을 수행하기 위하여 실제 FCC 설비 도면을 이용하여 3차원 모델링을 수행하였으며 본 연구에서는 실제 촉매 반응을 Reactor 부분에 대한 해석을 수행하였다. 해석 결과 Reactor의 Reactor Riser 부분에서 150.24MPa로 가장 높은 응력을 보이고 있으며 허용응력 기준인 240MPa를 만족하고 있는 것을 알 수 있다. 본 해석 결과는 해당 Reactor Riser 부분의 사전 연구에서 구조적으로 보강시킨 모델이며 이를 바탕으로 기존 264.65MPa의 최대응력을 43% 낮춘 결과이다. 보강 전 및 보강 후의 구조해석 분석 결과는 Fig 2 및 Fig 3과 같다.



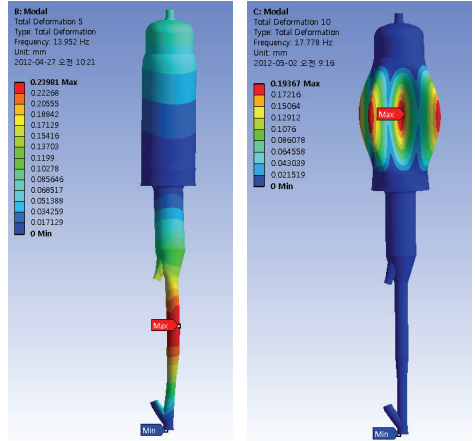
**Fig 2** FEA Result of Original Reactor Riser Part



**Fig 3** FEA Result of Reinforced Reactor Riser Part

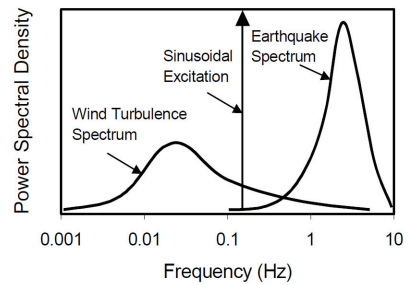
### 2.3 Vibration Analysis

FCC 설비의 Reactor 부분의 3D 모델링을 바탕으로 외부 환경에 의한 가진 및 공진 여부를 알아보기 위하여 고유진동수 해석을 수행하였다.



**Fig 4** Modal Mode Shape of FCC Unit Reactor

1<sup>st</sup> Mode에서 10<sup>th</sup> Mode까지 분석한 결과 12.85Hz부터 17.78Hz까지 분포되고 있으며 이는 바람과 지진에 의한 10Hz 미만의 외부 가진에 대하여 안전할 것으로 판단된다.



**Fig 5** Property of Dynamic Load

### 3. 결 론

유한요소해석을 바탕으로 현재 제작되어지는 FCC 설비에 대한 구조해석 및 진동 해석을 수행하였으며 ASME Code 기준 모두 만족하는 것으로 판단되었다. 이는 실제 제작 시 사전 구조해석 결과를 바탕으로 형상을 재설계하여 구조적으로 보강된 결과이다. 추후 Regenerator 부위 및 세부 부품에 대한 구체적인 해석을 통하여 최종적으로 FCC 설비 전체에 대한 안전 여부를 확인 할 것이다.

### 후 기

본 결과물은 지방기술혁신사업 (과제번호: B0009719)에 의한 연구결과입니다.