

ASME B. & P.V. Code를 따르는 압력용기 대구경 노즐보강에 관한 고찰

(A Study on the reinforcement of large opening of pressure vessel
complied with ASME B. & P.V. Code)

김 광 석*, 강 중 규, 한 중 만
대우중공업(주) 선박해양기술연구소

1. 서론

석유화학 플랜트에 설치되는 압력용기, 열교환기, 탑조류, 저장용 탱크에는 내용물의 유입·출이나 압력 및 온도의 조절 등의 목적으로 여러 가지 노즐이 부착된다. 이러한 노즐의 부착부는 본체의 불연속으로 인하여 응력집중이나 뒤틀림 현상이 나타나는데 이것을 방지하기 위한 보강설계가 중요시 되고 있다. 노즐과 본체의 연결부위에 대한 연구는 광탄성 실험, Comptuer해석, proof test 등 많은 방법으로 수행되어 왔고 그 결과 현장에서는 면적보상법(area replacement)이 나오게 되었다. 이 방법은 압력용기를 규정하는 각종 규격에도 동일하게 이용되고 있으나 구경이 큰 노즐에 있어서는 수압시험 시 누출이나 뒤틀림이 발생하기도 하여 적용에 부적절함이 있었다. 이러한 이유로 최근에 발간된 ASME Boiler & Pressure Vessel Code에는 대구경 노즐에 대하여 계산에 의한 새로운 보강방법을 제시하였다.

본 논문은 '98년 발간된 Code의 노즐보강에 대한 적합성을 조사하기 위하여 이루어졌다. 실제 project에 적용된 대구경 노즐에 대하여 ASME Code에 의한 계산결과와 F.E. Code를 이용한 해석결과를 비교, 검토하였다.

2. 해석모델 및 방법

본 논문의 해석 모델은 '95년이전에 수주하여 제작 및 인도한 실제 project에 사용된 노즐이다. 노즐은 4가지이며 Head에 부착된 형태와 Cylinder에 부착된 형태로 분류된다. 노즐의 치수 및 분류는 Table 1에 나타내었다. ASME Code에 따른 보강법은 Cylinder에 부착된 노즐에 대하여만 제시되어 있으나 여기서는 두가지 형태 모두에 대한 보강방법을 고려하였다. 실제로 적용된 4가지의 노즐에 대하여, 1995 Addenda에 제시된 응력계산법에 의해 응력을 계산하였고 그 응력을 유한요소 해석의 결과와 비교하였다. 해석에 사용된 상용 유한 요소 해석 Code는 ABAQUS이다. 본 논문에서는 고려되지 않았지만 파이프에 의한 노즐하중을 고려하기 위하여 노즐의 모델링은 8절점 3차원 solid 요소를 사용하였다. 요소에 따른 해석의 정도를 비교하기 위해서 2차원 축대칭 모델과 3차원 solid모델을 해석하였다. 해석모델의 하중조건은 Code에서 제시한 내압만을 기준으로 하였으며 경계조건은 Fig. 1에 나타낸 것과 같다. 해석결과는 응력선형화를 통해 분류되었으며, 해석 정도의 검증을 위하여 불연속이 없는 부분에 대해 분류된 응력과 Code의 산식에 따라 계산된 응력을 비교하였다.

3. 해석결과

정도의 검증을 위한 2차원 모델과 3차원 모델의 해석 결과와 불연속이 없는 부위에 대한 해석결과와 계산결과와의 5%미만이였다.

ASME Sec.VIII Div.1 Code에 따른 응력계산의 결과와 해석 결과를 Table 2에 나타내었다. Code에 따른 계산결과 1016mm(40inch)를 초과하는 Cylinder에 부착되는 2개의 노즐 모두가 허용값을 초과하는 것으로 나타났으나 유한요소 해석결과는 상이한 양상을 보여주었다. 상대적으로 크기가 작은 1-A와 1-B에서는 값이 크게 나타나지 않았고 2-A와 2-B는 허용값을 넘었다. 해석결과 ASME Code에는 제시되어 있지 않지만 Head에 부착되는 nozzle에 대해서도 보강방법에 대한 세심한 고려가 필요함을 알 수 있었고, Cylinder에 부착되는 노즐에 대해서는 해석을 통해 응력계산법의 타당성을 검증할 수 있었다.

4. 결론

ASME Code에는 head에 부착되는 노즐이나 hillside형 노즐에 대한 상세한 방안이 마련되지 못한 상태이지만 cylinder에 부착되는 대구경 노즐에 대하여는 응력계산을 통한 방법의 도입으로 이전의 문제가 해소될 것으로 보인다.

Table 1 해석될 노즐의 치수 및 분류

노즐 분류		노즐직경	노즐의 두께	본체의 두께	보강두께	단위
1	A (Head to nozzle)	1066.8	14	27	32	mm
	B (Cyl. to nozzle)	1219.2	14	23	25	
2	A (Head to nozzle)	2800	14	29	30	
	B (Cyl. to nozzle)	2600	17	30	30	

Table 2 Code에 의한 계산 결과와 F.E. 해석결과

계산방법	1-A	1-B	2-A	2-B	단위
Appendix 1-7 허용응력	15.20		18.25		kgf/mm ²
Appendix 1-7 계산결과	15.66		48.18		
F.E.해석시 허용기준	17.55	19.56	18.25	21.12	
F.E. 해석결과	14.17	14.64	29.99	26.8	

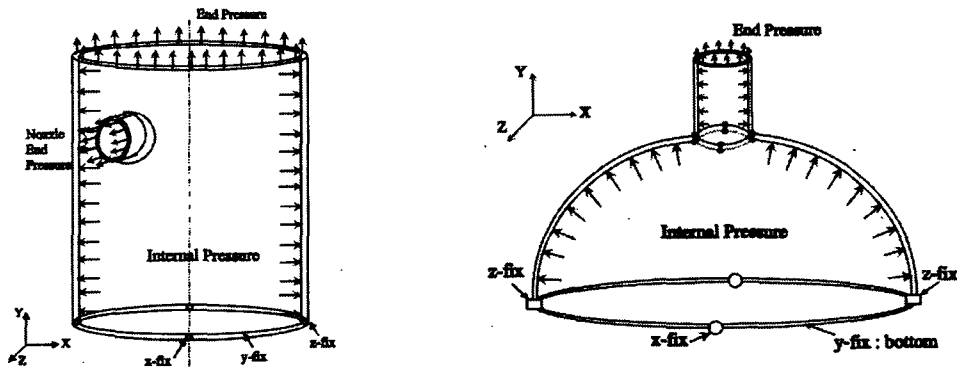


Fig. 1 Cylinder 및 Head에 부착되는 노즐의 하중 및 경계조건