

이동식 정수 시스템의 구조물에 관한 최적설계

Optimized Design of Structure in Water Purification System Structure

김 한 구*, 심 종 현*, 고 영 배**, 이 윤 상***
 더블산업(주)*, 한국생산기술연구원**,
 국방기술품질원***

Han Goo Kim*, Jong Hyun Shim*, Young Bae Ko**
 Yoon-sng Lee***
 Double Industrial Co., Ltd.*,
 Korea Institute of Industrial Technology**,
 Defense Agency for Technology and Quality***

요약

본 논문은 다구찌 설계방법을 이용하여 이동식 정수 시스템의 구조물에 대한 최적설계 조건을 확보하기 위하여 유한요소해석을 수행하였다. 다구찌 설계방법은 이동식 정수 시스템 구조물의 설계인자 중 가장 큰 영향을 미치는 파라미터를 고찰하고 최적화 하는데 유용한 결과를 제시 하였다. 다구찌 설계방법으로 수행된 민감도 해석 결과에 따르면 이동식 정수 시스템 구조물의 최적설계에 필요한 중요 인자로 세로방향 보강빔의 수량을 보여주고 있다. 결과적으로 안전하면서 효율적인 이동식 정수 시스템 구조물을 제작 하기 위한 최적설계 시 가로방향 보강빔 수량과 바닥판의 두께보다는 세로방향 보강빔의 수량이 매우 중요한 설계인자라는 해석결과를 제시하였다.

I. 서론

이동식 정수 시스템은 뛰어난 정수생산 기능과 이동성을 갖추고 정수설비를 건설할 수 없거나 대규모 인력이 단기간 체류할 필요가 있는 곳으로 이동하여 안전하고 깨끗한 음용수를 공급할 수 있는 시스템으로 컨테이너 구조물 안에 탁도 여과장치, 제철 제망간 처리장치, 활성탄 여과장치, 경수 연화장치, 정밀 여과장치, 고도산화처리 장치 등으로 구성되어 있다. 특히, 본 시스템은 정수가 필요로 하는 지역으로 운반하기 위해서 이동 시 매번 전체 시스템을 들어 올려 차량에 탑재하기 때문에 구조물의 강도가 매우 중요하다. 이때 구조물 안에 있는 정수 시스템의 모든 장치들의 하중이 바닥면이 가해지기 때문에 구조물 중에서도 바닥면이 내부 하중에 대한 충분한 강도 안전성을 확보하고 있어야 한다. 이렇게 구조물에서 가장 큰 하중을 받는 바닥면은 가로방향과 세로방향의 보강빔 위에 두꺼운 철판으로 제작되어진다. 기존의 이동식 정수 시스템은 충분한 강도 안전성을 유지가하 위하여 구조물 바닥면에 가로와 세로방향으로 보강빔을 배열하고 바닥면을 두껍게 제조한다. 그러나, 이러한 설계는 시스템의 자중량을 증가시키고 구조물 바닥면에 가해지는 다양한 하중에 오히려 불안정할 수 있으므로 가능한 구조물 바닥면에 대한 최적설계로 시스템의 자중량을 줄이는 안전설계기술이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 이동식 정수 시스템의 구조물에 대한 강도 안전성을 확보하기 위하여 철판 구조물의 구성과 바닥면의 두께에 대한 구조해석을 MSC/MARC로 수행하였고 다구찌 설계방법을 이용하여 최적설계 안을 제시하였다.

II. 해석결과 및 고찰

직교배열표에 의한 9개 모델을 해석하여 이동식 정수 시스템 바닥 구조물에서 발생한 최대응력과 최대변위량의 S/N비를 나타낸 표이다. 바닥 구조물에 발생하는 최대응력이나 최대 변위량 값이 작을수록 구조물의 안전에 유리하다면 앞에서 언급한 망소특성을 이용하여 S/N비를 계산하는 것이 합리적이다. S/N비를 계산하기 위해서 주어진 경계조건에 의해서 발생하는 최대응력과 최대변위량 값을 사용하였다. 망소특성으로 계산된 S/N비는 계산된 값이 클수록 최대응력과 최대 변위량이 낮게 발생한 것이 된다. 해석 결과에 의하면 최대응력의 S/N비를 기준으로 하였을 때 6번째 해석모델이 -34.2로 가장 적합한 모델이고, 최대변위량의 S/N비를 기준으로 하였을 때는 1번째 해석모델이 -6.4로 가장 적합한 모델인 것을 알 수 있다. 따라서 위의 2개모델을 기준으로 가장 적합한 모델을 선정하는 것은 쉽지 않지만 상대적으로 높은 최대응력과 최대 변위량이 발생한 3,5,7번째 모델은 설계 고려 대상에서 제외하는 것이 바람직하다고 판단된다.

해석모델 중에 가장 작은 최대 응력값을 나타내는 6번째 모델 해석결과를 그림 1.에 보여주고 있다. 해석결과 주어진 하중조건에 대하여 주로 세로방향 보강빔의 중간 부분과 끝부분에 응력이 집중되는 것을 알 수 있다. 또한, 가장 큰 최대 응력값을 나타내는 7번째 모델 해석결과를 그림 2.에 보여주고 있다. 해석결과 6번 모델과 비슷한 응력분포를 나타내고 있으며 6번 모델보다 상대적으로 적은 수량의 세로방향 보강빔 개수로 인하여 매우

큰 값의 최대응력 값이 발생하였다. 따라서, 6번째 해석 모델의 최대 응력값이 작게 나타난 이유는 바닥 구조물에 집중되는 하중을 세로방향 보강빔과 나누어 가짐으로써 보강빔 중간부분과 끝부분에 발생하는 최대응력값이 작아진다고 판단할 수 있다.

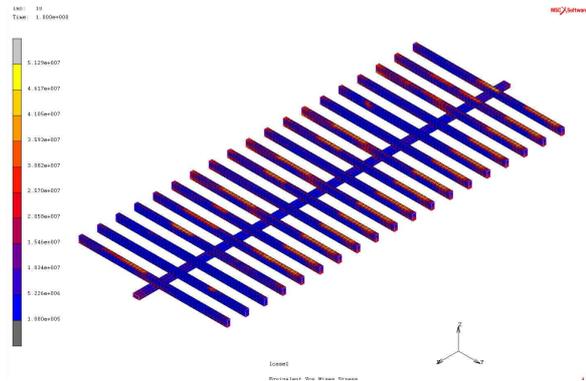
해석결과에 나타난 바와 같이 두 모델 모두 세로방향 보강빔 중간부분과 끝부분에서 최대응력이 발생하였다. 따라서, 응력분포형상은 비슷하지만 6번째 모델이 상대적으로 세로방향 보강빔 개수가 많기 때문에 최대응력값이 작게 나타난 것으로 판단된다.

최대응력과 최대 변위량에 대해서 계산한 이동식 정수 시스템 구조물 강도에 영향을 미치는 각 설계 파라미터들의 기여도를 계산한 결과에 따르면 세로방향 보강빔이 최대응력과 최대 위량을 줄이는 데 각각 91.3%와 53.7%의 영향을 미치는 가장 중요한 설계 파라미터임을 알 수 있었다. 다음으로 최대 변위량에 대해서 바닥 구조물 두께가 29.9%로 영향을 미쳤으며 최대응력에 대해서는 바닥 구조물 두께와 가로방향 보강빔 개수가 5.3%와 3.5%로 세로방향 보강빔에 비해서는 거의 미비한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

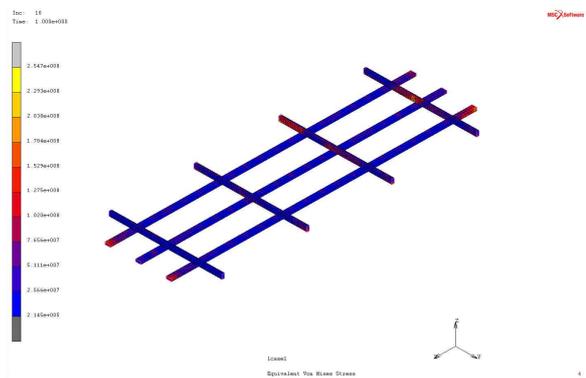
III. 결론

본 논문에서는 이동식 정수 시스템 구조물 제작에 사용되는 철골 구조물에 대한 최적설계를 다구찌법과 유한요소법을 사용하여 수행하였다. 해석은 이동식 정수 시스템 구조물에 사용되는 철골 구조물인 보강빔 개수에 따른 3개의 모델과 바닥 구조물 두께를 고려하여 모두 9개의 다구찌 해석모델을 계산하였다. 각각의 해석모델에 대한 이동식 정수 시스템 구조물의 안전성 평가는 주어진 하중에 의하여 발생하는 최대응력과 최대 변위량의 망소특성을 적용하여 판단하였다.

해석결과 해석에서 고려한 3가지 파라미터 중 세로방향의 보강빔이 주어진 하중에 대하여 발생하는 최대응력과 최대 변위량에 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며 바닥두께와 가로방향 보강빔 개수의 영향은 미비한 것으로 나타났다. 따라서, 이동식 정수 시스템 구조물 설계 시 강도보강을 위해서는 세로방향 보강빔을 늘리는 것이 가장 효과적이라고 판단된다. 또한, 바닥두께와 가로방향 보강빔은 강도에 미치는 영향은 미비하므로 바닥 구조물 제작 시 문제가 되지 않는다면 바닥두께와 가로방향 보강빔 개수를 최소화 하여도 구조물 안정성에는 거의 영향을 미치지 않는다고 판단된다.



▶▶ 그림 1. 최대응력분포 : 모델 6



▶▶ 그림 2. 최대응력분포 : 모델 7

■ 참고 문헌 ■

- [1] MSC/MARC User's Manual, MSC. software corporation, 2007.
- [2] 송성일, 실험계획법, 한경사, 2001. 홍길동, "콘텐츠 기술의 동향 및 이용자 수요 예측", 한국콘텐츠학회논문지, 제3권, 제2호, pp.27-38, 2003.
- [3] 김청균, 김한구 "LNG 저장탱크의 지붕 구조물에 관한 최적설계 연구", 한국가사학회지, 제9권, 제 4호, pp.36-43, 2005.
- [4] 박경진, "자동차 분야에서의 최적설계기술의 응용", 월간기계설계, 2002.