

탱크차량의 설계에 관한 연구 A Study on the Design in Tank Car

* #윤성철¹

* #S. C. Yoon¹ (scoyon1@krri.re.kr)

¹ 한국철도기술연구원

Key words : Structural design, Yield stress, Stress test

1. 서론

프로필렌을 수송하기 위해 제작된 탱크차량 차체의 구조설계 상태를 확인하기 위해 차체 하중시험을 실시하고자 한다. 차체하중시험을 실시하여 응력, 변위 등을 측정하고 구조체의 강도 및 강성을 확인하여 설계가 안전한가를 평가하는데 그 목적이 있다. 본 연구의 차량 모델은 차체길이 11,000mm, 폭 2,700mm, 차체높이 4,195mm 이다. 차체의 하중시험을 통해 강도를 확인하여 차체의 설계 안전성을 확인하고자 한다.

차량 제원과 중량, 치수 등은 각각 Table 1, 2, 3과 같다.

Table 1 Dimension of the Tank car

항 목	치 수 (mm)	비 고
차체 길이	11,000	
차체 폭	2,700	
대차 중심간 거리	7,700	
연결기 높이	880	
차체 높이	4,195 이내	

Table 2 Weight of the Tank car

항 목	중 량	비 고
자 중	27,500 kg	
하 중	25,000 kg	
대차 중량	8,444 kg	2set

2. 설계 검증 시험

2.1 스트레인게이지 취부

제작된 차체는 전후좌우방향으로 거의 대칭을 이루고 있으므로 스트레인게이지는 1/4 부분에 집중적으로 취부하며, 측정점은 구조해석의 결과에서 높은 응력이 예측되는부분, 형상 및 단면의 급변화 부분 등 구조상 응력집중이 예상되는 부분 등을 선정하여 게이지를 부착하였다. 스트레인게이지의 취부 위치는 Fig. 1과 같다.

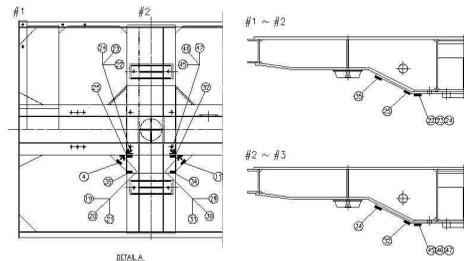


Fig. 1 Setting drawing of strain gauge

Table 3 Materials of the Railway cars

재 질	항복강도(MPa)
SM490YA	323
SS400	245

2.2 판정기준

차체는 구조용강관인 SM490YA와 SS400 등으로 제작되어 있다. 수직하중과 압축하중 작용시 평가기준은 측정된 응력값이 재질의 항복강도 이내이어야 하며, 조합하중 산출시에도 재질의 항복강도 이내 이어야 한다.

하중시험의 판정기준은 Table 4와 같다.

Table 4 Evaluation standards

구 분	측 정 값	판정기준	비고
수직하중 시험	응 력	재질의 항복강도 이내	
압축하중 시험	응 력	재질의 항복강도 이내	
조합하중	응 력	재질의 항복강도 이내	

3. 응력시험 결과

3.1 수직하중시험

최대하중은 41.3톤이며 하중은 0톤 → 17.0톤 → 34.0톤 → 0톤으로 하중을 단계별로 부가하였다. 각 하중을 가한 후 응력계측장비로 응력을 측정하였다. 최대응력은 중앙 센터실에서 발생하였으며 53.3톤 하중시 응력값은 확인결과 모두 항복응력 이내에 있음을 알 수 있다.

3.2 압축하중시험

최대시험하중은 수직성분 9.0톤과 압축하중 220톤이며 하중은 0톤 → 9.0톤(수직성분) → 165톤 → 220톤 → 0톤으로 하중을 단계별로 부가하였다. 각 하중을 가한 후 응력계측장비로 응력을 측정하였다. 최대응력은 센터실과 볼스터 교차부위에서 발생하였으며 220톤 하중시 응력값은 확인결과 모두 항복응력 이내에 있음을 알 수 있다.

3.3 합성응력 산출

수직하중과 압축하중이 동시에 작용한다고 가정하고 이 때, 발생한 응력이 재질의 항복응력을 초과하는 여부를 검토하였으며, 이를 위하여 수직하중과 수평압축하중의 시험데이터에 근거한 응력을 중첩시켜 합성응력을 산출하였다. 응력값은 Table 5과 같이 모두 항복응력 이내에 있음을 알 수 있다.

Table 5 Stress of the combined load

Gauge No.	응력값	재 질	항복응력(MPa)
36,37,38	-240.7	SM490YA	323
10	-155.0	SM490YA	323
33	-141.3	SM490YA	323
16	-130.6	SM490YA	323

4. 결론

수직하중과 압축하중 시험결과 프로필렌 탱크 차량의 차체는 최대하중에서 발생하는 응력이 모두 사용재질의 항복강도 이내에 존재하고 있음을 확인 할 수 있었다.

Table 6 The Results of the Vertical and Compressive Load Tests

항 목	측정 최대값		기 준	최대값 발생부위	
	인장	압축			
응력 (MPa)	수직하중	63.8	-5.6	323 MPa이하	중앙 센터실
	압축하중	89.6	-235.7	323 MPa이하	센터실과 볼스터 교차부위
	조합하중	94.6	-240.7	323 MPa이하	센터실과 볼스터 교차부위

수직하중 작용시 최대응력이 발생한 부위는 중앙 센터실에서 발생하였으며, 응력값은 63.8MPa 이었다. 압축하중 작용시 발생하는 최대응력은 센터실과 볼스터 교차부위로서 응력 값은 -235.7 MPa 이었다. 수직하중과 압축하중 작용시의 응력을 이용하여 합성응력을 계산하였으며, 최대응력은 센터실과 볼스터 교차부위로서 -240.7 MPa이 발생하였고 재료의 항복강도 이내였다.

참고문헌

1. 국토해양부, "철도차량 안전기준에 관한 규칙," 2008.
2. Japanese Industrial Standards, "Test methods for static load of body structure of railway rolling stock," E 7105, 2006.
3. 국토해양부, "철도차량 안전기준에 관한 지침," 2008.
4. 국토해양부, "철도차량 성능시험 시행지침," 2008.