

유럽 철도차량의 차체 규격 비교 고찰

Review the standards of the carbody structure for the Railway Vehicles in Europe

최윤석*
Choi, Yun Suk

김재웅**
Kim, Jae Woong

장길수***
Jang, Gil Soo

ABSTRACT

In this paper, we reviewed comparing GM/RT2100 with UIC566 OR to verify whether the carbody structure has enough strength to withstand the loads specified by GM/RT2100 or UIC566 OR by obtaining stress levels for the loads, checking whether they are within allowable stress limits. The railway vehicles in Europe are applied GM/RT2100 or UIC566 OR for analysis. But many things are different between GM/RT2100 and UIC566 OR. To apply for the railway vehicles in Europe, we reviewed the difference of the both standards.

1. 서론

철도 차량의 기술이 점점 발달되고 고객의 안전이 우선 시 됨에 따라 다양한 경우의 수가 차량을 제작하기 전에 고려되어 지고 있다. 철도차량 제작 사에서는 적절한 시뮬레이션 툴을 적용하고 있으며, 이에 따라 시뮬레이션 툴도 함께 발달되어 왔다. 철도 차량의 경우 차량 제작 전 시뮬레이션을 통해 고객의 안전에 대한 타당성 확보를 하고 있으며, 고객들도 많은 시간과 비용을 절약할 수 있는 시뮬레이션 방법을 원하고 있고, 결과 내용에 대해 만족해 하고 있다. 고객의 요구에 따라 현재 차량의 타당성 확인을 위해 적용되는 규격은 나라마다 다양하며, 그 중에서도 미국은 법(CFR)으로 규정하여 차량을 제작하도록 하였다. 또한 본문에서 다루고자 하는 유럽의 경우 GM/RT2100, UIC566 OR, EN12566 규격을 따르도록 되어 있다. 그중에서도 요구되어지는 규정은 GM/RT2100과 UIC566 OR를 따르도록 고객들은 원하고 있으며, 철도차량 제작 사에서도 고객의 요구에 적절성을 부여하여 시뮬레이션을 수행하고 있다. 차량제작에 많은 시간과 비용이 필요함에 따라, 이를 절약하기 위하여 철도차량 제작 사에서는 정확한 결과를 얻어내기 위해 많은 투자를 하고 있으며, 만족할 만한 결과를 얻기 위해 시험을 병행하고 있다. 경험이 축적되어 짐에 따라, 시뮬레이션에 대한 신뢰성이 점점 타당성을 얻어가고 있다.

본 논문은 유럽 철도차량의 시뮬레이션에 많이 적용되어 지는 GM/RT2100 과 UIC566 OR 규격에 대한 검토 자료이다. 통일된 유럽의 철도차량을 만들기 위한 규격임에도 불구하고 약간의 상이점을 가지는 내용에 대하여 구체적인 값을 제시하여 각각의 시뮬레이션에 적용된 값을 비교하였으며, 각각의 규격을 적용한 차량에 대한 시뮬레이션의 예를 들어 이해를 돕고자 하였다. 내용 중에서 승객의 안전에 대한 충돌과 관계되는 커플러에 가해지는 압축 하중에 대하여 상세하게 다루고자 한다. 그리고 두 규격의 차이점을 파악하여 향후 차량 제작 시 보다 적절한 값을 적용하여 시뮬레이션 결과가 시험을 통해 얻은 값에 대해 보다 나은 타당성을 갖도록 이용하고자 한다.

* 책임저자 : (주)현대 로템 기술연구소 연구원

E-mail : suk7485@rotem.co.kr TEL : (031) 460-1872 FAX : (031) 460-1789

** (주)현대 로템 기술연구소 책임연구원

*** (주)현대 로템 기술연구소 책임연구원

2. GM/RT2100과 UIC566 OR 비교

Table.1, Longitudinal Loads

Load cases		GM/RT 2100	UIC 566 OR
1	At buffer positions	[1] 1500kN	2000kN
2	At coupler positions	[1] 1500kN	2000kN
3	At coupler positions (Tensile)	[1] 1000kN	1500kN
4	At anti-climber positions	1500kN	N/A
5	150mm above structural floor (350mm above coupler)	400kN	400kN
6	At cant rail level	300kN	300kN
7	At any point on each vertical edge of end wall	150kN	N/A
8	At any point on collision pillar(s) of end wall (equally)	150kN	N/A
9	At the level of the window guard-rail	N/A	300kN
10	At diagonally opposite buffer positions	500kN	500kN
Note	[1] For multiple unit vehicles and other vehicles normally part on a fixed consist train.		

Table.2, Vertical Loads

Load cases		GM/RT 2100	UIC 566 OR
1	Maximum operating load	$1.5(M1+M2)g$	$1.3(M1+M2)g$
2	Vertical load[1] & compression on couplers	[2] $1.5(M1+M2)g(V)$ + 1500kN(C)	$1.3(M1+M2)g(V)$ + 2000kN(C)
3	Vertical load and tension on couplers	[2] $1.5(M1+M2)g(V)$ + 1000kN(T)	$1.3(M1+M2)g(V)$ + 1500kN(T)
4	Vertical force and compression at anti-climber faces	100kN vert.+ 1000kN long.	N/A
5	Lifting at all lifting points with bogies attached	$1.1(M1+2Mb)g$	$1.0(M1+2Mb)g$
6	Lifting at on end at lifting points, supported on bogie at other end	$1.1(M1+Mb)g$	$1.0(M1+Mb)g$
7	Vertical shear force transferred at the coupler and a transverse shear force	100kN vert.+ 100kN trans.	N/A
8	Vertical shear force transferred at the anti-climb device and a transverse shear force	100kN vert.+ 100kN trans.	N/A
Note	<p>[1] The vertical load applies when the body sags between the bogies under the action of the purely compressive force.</p> <p>[2] For multiple unit vehicles and other vehicles normally part of a fixed consist train.</p> <p>M1 = mass of body in working order, Mb = mass of bogie, kg</p> <p>M2(Payload) = 80kg x [(number of seats) + (4 x the floor area in m² of passageways and vestibules)]</p>		

Table.3, Fatigue Loads

Description		GM/RT 2100	UIC 566 OR
1	Acceleration factor	0.15	0.2
2	Payload (M3)	80kg x number of seats	-.80kg x number of seats -.2 passengers per m ² in side corridors and entrance vestibules, and service compartment -.300kg per m ² of the luggage compartment

Table.4, Requirement of Structural Collapse

<p>GM/RT 2100 only specifies this requirement as followings;</p> <p>A minimum of 1.0 MJ shall be absorbed by the structure at each vehicle end when loaded beyond the proof load over the vehicle end to simulate a symmetric face to face collision with a similar vehicle.</p> <p>The collapse distance, ie, the distance over which permanent structural deformation occurs, shall be not more than 1.0m. The force shall be no more than 3000kN.</p> <p>As an alternative, energy absorption shall be distributed between the vehicle ends in accordance with a theoretical simulation of a collision between similar trains at a closing speed of 60km/h. The force limits are unchanged.</p> <p>As a second alternative, a total energy absorption of 2 MJ per vehicle shall be distributed between the vehicle ends throughout the train in accordance with a theoretical simulation of a collision between similar trains and in such a way as to maximize the closing speed attained while inflicting minimum damage to the passenger compartment. The force limits are unchanged.</p> <p>For the ends of vehicles which might form the end of a train a minimum of 0.5 MJ shall be absorbed by the vehicle structure when loaded beyond the proof load across the body end at a height of 350mm above the coupler centerline (or 150mm above the structural floor if this is higher) to simulate an overriding collision.</p>
--

Table.5, Missile Protection

<p>GM/RT 2100 only specifies this requirement as followings;</p> <p>All forward facing surfaces, except windscreens, of vehicles occupied by people shall have sufficient impact strength to resist penetration into the vehicle of a sharp-cornered hollow steel cube having sides of 70mm to 75mm and a mass of 0.9 kg and travelling at twice the maximum operational speed of the vehicle.</p> <p>As far as is practicable, all roofs over areas likely to be occupied by people shall be sufficiently strong to resist the penetration into the vehicle of a concrete cube weighing 100kg dropped from a height of 3.0m above the roof. The cube shall be dropped so that a flat surface hits the roof.</p>

Table.6, Obstacle Deflectors

<p>GM/RT 2100 only specifies this requirement as followings;</p> <p>An obstacle deflector shall:</p> <p>a) be as wide as practicable within the vehicle profile, extend as low as safely possible</p>
--

- within the infrastructure clearances (GM/RT2149 mandates the clearances) and be angled symmetrically in plan about the vehicle centerline to produce an included angle of 160°.
- b) be vertical in elevation. A concave forward face, symmetrical about a horizontal axis, is permissible.
- c) be able to resist as a proof load a static longitudinal force applied uniformly over the complete leading surface of the deflector of 375kN for a maximum operating speed of 160km/h.
- d) be able to resist as a proof load a static longitudinal force, applied at any position along its bottom edge (distributed over a distance of 500mm) of 375kN for a maximum operating speed of 160km/h;
- e) be designed so that progressive collapse starts at a static longitudinal force, applied at any position along its bottom edge (distributed over a distance of 500mm) of at least the appropriate value in (d) and continues with a force of 80% or more of this value over a longitudinal deflection of at least 150mm.
- g) be designed so that, if it is permanently deformed by an impact, no part of it shall foul the infrastructure or running gear or interfere with the operational performance of the bogie.

3. GM/RT2100 적용차량과 UIC566적용차량 비교

3-1. GM/RT 2100 적용차량

Table.7, GM/RT 2100 적용 시뮬레이션 결과

		Description	
1	Compressive Load (Table 1-2) Max. : 30.5 kg/mm ²		
2	Tensile Load (Table 1-3) Max. : 28.7 kg/mm ²		

Table.7은 GM/RT 2100을 적용하여 해석되었으며, 현재 아일랜드에서 운행되고 있는 차량이다. 본 고찰에서는 제시하지 않았지만, 시뮬레이션에 대한 결과와 시험을 통해 얻은 값이 90%로 비슷함을 얻었다. 또한 전체 차량의 운행에 대한 부분도 검증된 차량의 자료이다. 자료를 통해 전체적인 차량에 대한 문제점은 없는 것으로 판단되며, 적절하게 시뮬레이션이 되었음을 알 수 있다. 그리고 가장 큰 하중이 걸리는 Compressive Load와 Tensile Load에 대한 값을 간략하게 제시한다.

3-2. UIC 566 OR 적용차량

Table.8에 제시한 결과로 UIC566 OR을 적용하였을 경우 전체적인 차량의 성능에는 영향이 없음을 알 수 있다. 본 고찰에 제시된 자료는 터키에서 현재 운행 중인 차량의 자료이다.

Table.8, UIC 566 OR 적용 시뮬레이션 결과

		Description	
1	Compressive Load (Table. 1-2) Max.: 31.5 kg/mm ²		
2	Tensile Load (Table. 1-3) Max.: 27.9 kg/mm ²		

3-3. 비교

Table7, Table8을 통해 Compressive Load와 Tensile Load에 대한 결과 값을 비교하면, 크게 차이가 없음을 알 수 있다. 물론 두 차량의 설계가 확연히 틀림을 감안하여 정량적으로 비교하기 어려울 것으로 판단된다. 하지만 응력분포만을 비교한다면, 비교자료로 사용되어 질 수 있을 것이다. 그리고 응력이 주로 나타나는 부분은 두 차량 모두 비슷한 경향을 보였다. 다양한 Loads에 대한 부분을 제시하지는 않았지만, 물론 UIC 566 OR이 Compressive Loads가 500kN 크지만, 충돌과 관계되는 Compressive와 Tensile Load에 대한 값이 위와 같다면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있을 것이다.

4. 결론

본문에서는 유럽 철도차량에 적용 중인 GM/RT2100과 UIC566 OR에 대해 비교 고찰하였다. 두 규격을 비교하여 향후 제작되는 차량에 적절히 사용할 수 있는 규격을 확보하고자 하였다. 따라서 비교한 내용에 대한 사항을 다음과 같이 정리한다.

앞서 제시한 내용에서 확인하듯이, UIC566 OR에 규정되어 있지 않는 부분까지도 GM/RT2100에서는 제시하고 있다. 고객들에게 보다 적절한 신뢰성을 얻기 위해 GM/RT2100을 적용하는 것이 나을 것으로 생각된다. 현재 운행 중인 차량의 시뮬레이션 결과를 토대로 하여, 비교한 결과 두 규격에 대한 상이점이 전체적인 차량의 성능에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그러므로 향후 유럽 철도차량 제작 시 UIC 566 OR보다는 GM/RT 2100을 적용하여 시뮬레이션이 이루어 져야 할 것이다.

결론적으로 GM/RT 2100 적용 차량에 대한 시뮬레이션이 고객에게 보다 나은 신뢰를 줄 것이라는 평가를 받고 있다. 본 고찰은 유럽 철도차량 제작을 위해 적용하는, 상이점을 가지는 두 규격을 비교함으로써 향후 유럽 철도차량 제작 시 선행되는 시뮬레이션에 GM/RT 2100를 적용 하도록 고찰 결과로서 나타내었다.

참고문헌

1. Railway Group Standard, GM/RT 2100, (2000)
2. International Union of Railway, UIC 566 OR