

UIC505-1에 의한 차량한계 검토에 관한 고찰

Study for determining of the vehicle profile using UIC505-1

박길배*, 이강운**, 양희주***

Park, Kil-bae, Lee, Kang-wun, Yang, Hee-joo

Abstract

The maximum vehicle profile should be determined according to the required international standards as UIC505-1, BASS501 and other gauge. In this report, the method to determine the maximum vehicle construction gauge according to UIC505-1 has been studied and applied to the current designing vehicle.

1. 서론

철도차량의 설계시에 차체의 profile을 결정하는 작업을 위하여 적용하는 규격이 각 국가별로, 사용자 별로 다양한 기준을 적용하고 있기 때문에 각 시행청에서 적용하는 기준을 따라 차체의 초기 설계의 기본이 되는 차체의 최대 폭 및 최외각 형상을 선정하여야 한다. 이에 유럽에서 주로 적용하고 있는 UIC505에 의한 방법에 대하여 검토하였다. UIC505는 유럽의 각국이 서로 다른 선로에서 서로 다른 차량이 주행함으로써 생길 수 있는 차량과 건축물에 대한 간섭을 회피하기 위하여 서로 차량의 폭 및 궤도 및 건축물을 설계하기 위한 공통적인 규약으로 정하고 있는 것이다.

UIC505는 적용하는 차종에 따라 UIC505-1, UIC505-2, UIC505-3으로 구성되어있으며, 이에 대하여 건축물 및 선로 건설에 대한 규정인 UIC505-4가 있으며, 이들의 이론적인 배경을 설명하고 있는 UIC505-5로 구성되어있다.

본 논문에서는 최근 로템에서 수주하고 있는 차량의 시행청에서 요구하고 있는 UIC505-1에 의한 차량의 최대 폭 및 형상을 결정하는 방법에 대하여 검토하였다.

2. UIC505-1

UIC505-1은 power car, coach, wagon에 대한 차체의 최대폭을 결정하기 위한 reference profile에 대한 정의와 차체의 최대폭을 결정하기 위한 방법을 설명하고 있다. 차체의 최대폭을 결정하는 방법은 계산에 의한 방법과 graphic 방법이 있으며 본 논문에서는 계산에 의한 방법에 대한 검토를 하였다.

* 주식회사 로템, 기술연구소 응용기술연구팀 책임연구원

** 주식회사 로템, 기술연구소 응용기술연구팀 책임연구원

*** 주식회사 로템, 기술연구소 응용기술연구팀 선임연구원

2.1 Reference profiles

Reference profile의 적용은 차량 제작 관점과 시설 건축 관점에 따라 적용하는 방법과 관련식이 다르게 적용된다. 아래 그림은 UIC505에서 제시되고 있는 gauge들간의 관계를 보여주고 있다.

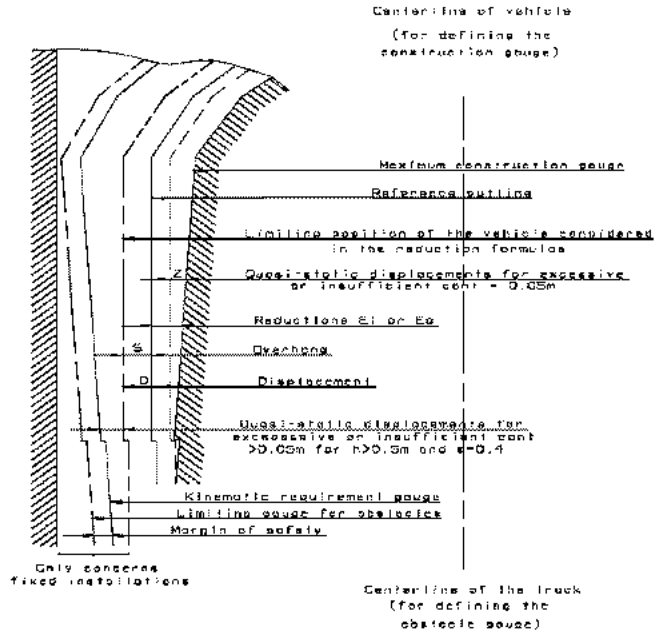


그림 1 UIC505에 정의되어있는 gauge

3 최대 차량 제작 gauge를 결정하는 방법

차체의 최대 제작 gauge는 UIC505에서 제시하는 reference profile에 reduction을 적용하여 결정하게 된다. Reduction량은 고려하는 단면의 기하학적인 특성에 의하여 결정된다. 기하학적인 특성은 대차 피봇센타에서 고려하는 단면의 거리, 레일 상면에서의 높이, 최대 마모량, 현가 장치에 의한 변위 등에 의해 결정된다.

3.1 상하 변위

차체의 상하변위는 하중에 의한 1, 2차 현가가장치에 의한 변위, 캔트 초과 및 부족량에 의한 차체의 준정적 변위에 의하여 결정되어진다.

3.2 횡변위

차체의 횡변위는 차량이 캔트가 주어져 있는 곡선부위에 정지해 있을 때 중력에 의하여 기울어지는 경우와 곡선부위를 주행함으로 인해 발생하는 비보상 가속도에 의하여 곡선 바깥쪽으로

기울어지는 경우에 발생한다.

그림 2가 이러한 두가지 경우에 대한 차체의 움직임을 보여주고 있다.

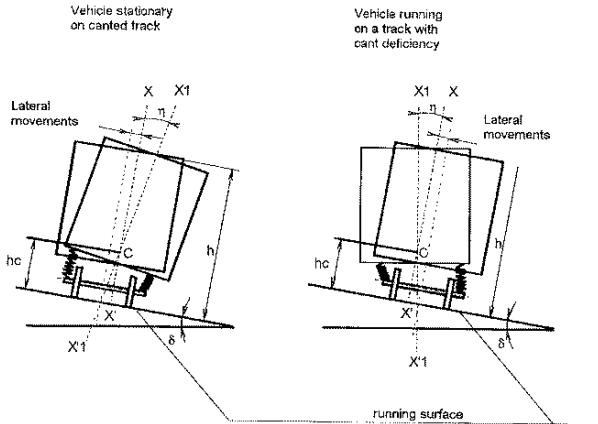


그림 2. 차량의 횡방향 거동

3.2.1 Projection S

Projection은 궤간이 1.435m 보다 큰 곡선 구간에서 발생할 수 있는 reference profile의 최대 변위량을 나타낸 것이다. UIC에서는 궤간이 1.465m인 경우를 최대 조건을 보고 이때의 값을 각 곡선별로 규정하여 놓고 있다. 이러한 최대 projection 값을 차량의 최대 제차 gauge를 구할 때 적용하고 있다.

3.2.2 Displacement factor A

차량이 직선 구간과 곡선구간을 주행할 경우 발생할 수 있는 여러가지 상대적인 위치에 대한 차체의 변위를 고려하기 위하여 displacement factor로 규정하고 있다. 이 값은 고려하고 있는 차량의 대차 형식(구동대차, 부수대차), 독립윤축 등에 따라서 다양한 경우에 대한 값을 고려하도록 하고 있다.

3.2.3 준 정적 변위 Z

준정적 변위값은 차량의 유연성계수 s, 볼 중심hc, 그리고 레일 면에서의 높이 h에 의하여결정

된다. 이 값은 캔트 초과 및 캔트부족상태에서 차량의 현가장치에 의한 차체의 기울어지는 특성에 따라 결정 된다.

차량 제작측면에서는 캔트량 50mm까지의 차체의 기울어짐을 고려하게 되고, 그 이상의 캔트에 대해서는 시설 건축쪽에서 유연성계수 0.4, 롤중심 0.5m로 한 변위만큼 reference profile에서 더 여유를 주도록 규정하고 있다. 이는 여러 차량의 특성 및 궤도의 비틀림을 고려하여 안전을 고려하기 위한 것으로 설명하고 있다.

준 정적 변위를 계산하는 식은 다음 식과 같다.

$$\left. \begin{array}{l} \text{when } \left\{ \begin{array}{l} h > hc \text{ and } 0.5 m \\ s \leq 0.4 \\ \eta_0 \leq 1^\circ \end{array} \right\} \end{array} \right\} z = \frac{s}{30} (h - hc)$$

3.3 Reduction

Reduction은 대차 센터 피봇 사이의 영역에 대한 internal reduction E_i 와 센터 피봇에서 차체 끝단쪽 영역에 대한 external reduction E_a 로 구분하여 고려하게 된다.

이러한 reduction은 곡선 구간에서 차량이 취할 수 있는 최대 횡변위에서 최대 projection을 뺀 값으로 정의되고 있다. 이러한 reduction을 reference profile에 적용하면 최대 차체 제작 gauge가 결정된다. 즉

$$\text{Reduction } E_i/E_a = \text{Movement D} - \text{Projection } S_o$$

3.3.1 Movement D

차체의 횡방향 변위는 곡선구간에서의 overthrow, 궤도와 휠 간의 상대 변위, 캔트에 의한 기울기등에 의하여 결정된다.

- Overthrow

센터피봇 사이의 구간에서 발생하는 overthrow: $\frac{(a_1 - n_1^2 + \frac{p^2}{4})(A)}{2R}$

센터피봇에서 차량 끝단사이에 발생하는 overthrow: $\frac{(a_a + n_1^2 - \frac{p^2}{4})(A)}{2R}$

- 차체의 횡변위에 고려되어야 할 변수들

궤도와 휠 간의 상대변위: $\frac{1465 - d}{2}$

q: play between axles and underframe or axle and vehicle body (lateral movement between axle-boxes and journals or between underframe and axlebox)

w : play of bogie pivots or bolsters(lateral movement of bogie pivots or bolster from central position and on each side)

Z : vehicle inclination effect and dissymmetry when this is greater than 1°

$$Z = \frac{s}{30} |h - h_c| + t g [n_o - 1^\circ]_{>0} |h - h_c| + \left[\frac{s}{10} |h - h_c| - 0.04 [h - 0.05]_{>0} \right]_{>0} |h - h_c|$$

when cant excess or deficiency = 0.2m

이상의 변수들을 통하여 reduction을 계산하는 일반식으로 정리하면 다음과 같다.

Internal reduction E_i

$$E_i = \frac{(an_i - n_i^2 + \frac{p^2}{4}(A))}{2R} + \frac{1.465 - d}{2}(A) + q(A) + w(A) + z + X_i - S_o$$

External reduction E_a

$$E_a = \frac{(an_a + n_a^2 - \frac{p^2}{4}(A))}{2R} + \frac{1.465 - d}{2}(A) + q(A) + w(A) + z + X_a - S_o$$

where

A : displacement factor

S_o : projection maximum

X_i/X_a : special terms for the calculation for vehicles with large wheel base

3.4 Power car에 대한 적용에

3.4.1 Power car용 Reduction formula

위의 reduction의 일반식을 power car에 적용하여 식을 만들면 다음과 같다.

Internal Reduction E_i

$$\text{When } an - n^2 + \frac{p^2}{4} - 500(w_\infty - w_{i(250)}) \leq \begin{cases} 5(*) \\ 7.5(**) \end{cases}, E_i = \frac{1.465 - d}{2} + g + w_\infty + z - 0.015$$

$$\text{when } an - n^2 + \frac{p^2}{4} - 500(w_\infty - w_{i(250)}) \geq \begin{cases} 5(*) \\ 7.5(**) \end{cases}, E_i = \frac{an - n^2 + \frac{p^2}{4}}{500} + \frac{1.465 - d}{2} + g + w_{i(250)} + z + \left[\begin{matrix} x_i \\ > 0 \end{matrix} \right] \begin{cases} 0.025(*) \\ 0.030(**) \end{cases}$$

$$\text{where } x_i = \frac{1}{750} \left[an - n^2 + \frac{p^2}{4} - 100 \right] + w_{i(150)} - w_{i(250)}$$

External reduction Ea

$$\text{when } \frac{a_1 + a^2 - \frac{D^2}{4} - 50 \left[(v_1 - v_{1,cr}) \frac{a^2}{D} + (v_2 - v_{2,cr}) \frac{a^2 + a}{D} \right] \leq \frac{500}{2.5 \sigma_{cr}} \left[v_1 - v_2 - \left(\frac{1.465 - d}{2} + \mu + \mu_{cr} \right) \frac{2a + a_1}{D} + \epsilon - 0.015 \right]$$

$$\text{when } \frac{a_1 + a^2 - \frac{D^2}{4} - 50 \left[(v_1 - v_{1,cr}) \frac{a^2}{D} + (v_2 - v_{2,cr}) \frac{a^2 + a}{D} \right] \leq \frac{500}{2.5 \sigma_{cr}} \left[v_1 - v_2 - \frac{D^2}{4a} \left(\frac{2a + a_1}{D} + \left[\frac{2a + a_1}{D} - v_{1,cr} \frac{D}{a} - v_{2,cr} \frac{2a + a}{D} \right] \right) \right] \leq \frac{500 \sigma_{cr}}{2.5 \sigma_{cr}}$$

$$\text{where } \epsilon_1 = \frac{1}{750} \left[(a_1 + a^2 - \frac{D^2}{4} - 120) - (v_{1,cr} - v_{1,cr}) \frac{a^2}{D} + (v_{2,cr} - v_{2,cr}) \frac{a^2 + a}{D} \right]$$

*Valid for $h \leq 0.400m$

** valid for $h > 0.400m$

3.4.2 적용차량의 단면 및 주요 치수

이상의 UIC505에 의한 차량 하계 감도 방법을 원계 선계 중인 차량에 적용하여 보았다. 개념 선계 단계에서 차량의 최외각에 장미가 장착되어 가장 큰 단면을 이루는 단면에 대하여 차량의 reduction 값을 계산하여 reference gauge에 적용하여 차량의 최대 제작 gauge를 검증하였다. 그림 1, 2에 차량에 검토된 위치가 나타났으며, 각 위치의 좌표값과 데이터를 이용하여 reduction 값을 계산하였다.

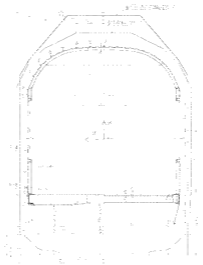


그림 3. 계산에 고려된 주요 위치

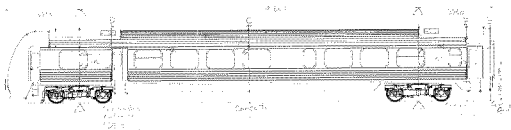


그림 4. 차량의 주요 치수

1. Basic Data

a	distance between the pivots of bogie vehicles	
18.500	m	
d	the outer distance between the wheel flanges measured at a point 10mm below the running treads	
1.410	m	
p	bogie wheel base	
2.500	m	
q	lateral play between axle and bogie frame	
0.002	m	assumption
W(unlimite)	lateral play between bogie and vehicle body on straight track	
0.041	m	bogie of proposal by rotem KINEMATIC VEHICLE GAUGE DIAGRAM
Wl(250)	lateral play between bogie and vehicle body on the inside of an 250m radius curve.	
0.020	m	bogie of proposal by rotem
Wa(250)	lateral play between bogie and vehicle body on the outside of an 250m radius curve.	
0.020	m	bogie of proposal by rotem
s	vehicle flexibility coefficient	
0.100		according to UIC 567-1 X-coach KINEMATIC VEHICLE GAUGE DIAGRAM
hc	height of the roll center of the transverse cross-section of the vehicle in relation to the running surface	
0.700	m	according to UIC 567-1 X-coach KINEMATIC VEHICLE GAUGE DIAGRAM
h	height in relation to the running surface	
η_o	vehicle inclination in relation to the perpendicular at the running surface	
1.000		assumption

2. Cross section of waggon - BODY BETWEEN END WHEELSETS

Ei internal reduction

Ea external reduction

when

$$an - n^2 + \frac{p^2}{4} - 500(w_{in} - w_{e250}) \leq \frac{5(*)}{7.5(*+*)} \quad | \quad E_i = \frac{1465 - d}{2} + g + w_{ac} + z - 0.015$$

$$an - n^2 + \frac{p^2}{4} - 500(w_{in} - w_{e250}) \geq \frac{5(*)}{7.5(*+*)} \quad | \quad E_i = \frac{an - n^2 + \frac{p^2}{4} + 1465 - d}{500} + g + w_{e(250)} + z + [X_i]_{-0} - \begin{matrix} 0.025(*) \\ 0.030(*+*) \end{matrix}$$

with $X_i = \frac{1}{750} \left[an - n^2 + \frac{p^2}{4} - 100 \right] + w_{e(150)} - w_{e(250)}$

3. Cross section of waggon - BODY PROTRUDING OVER END WHEEL SETS

Ei internal reduction
Ea external reduction
When

$$an+n^2 - \frac{p^2}{4} - 500 \left[(W_{10} - W_{1250}) \frac{n}{a} + (W_{10} - W_{1250}) \frac{n+a}{a} \right] \leq \frac{5(*)}{7.5(**)}$$

$$B_a = \left(\frac{1.465 - d}{2} + g + W_{10} \right) \frac{2n+a}{a} + z - 0.015$$

$$an+n^2 - \frac{p^2}{4} - 500 \left[(W_{10} - W_{1250}) \frac{n}{a} + (W_{10} - W_{1250}) \frac{n+a}{a} \right] > \frac{5(*)}{7.5(**)}$$

$$E_a = \frac{an+n^2 - \frac{p^2}{4} + \left(\frac{1.465 - d}{2} + g \right) \frac{2n+a}{a} + W_{1250} \frac{n}{a} + W_{1250} \frac{n+a}{a} + z + \left[\frac{x_a}{a} \right] - \left[\frac{0.02E_a}{0.030Q(**)} \right]$$

with
$$x_a = \frac{1}{750} \left[an+n^2 - \frac{p^2}{4} - 120 \right] + (W_{1150} - W_{1250}) \frac{n}{a} + (W_{1150} - W_{1250}) \frac{n+a}{a}$$

* Valid for h <= 0.400m
** valid for h > 0.400m

4. UPPER HORIZONTAL R-S OF REFERENCE LINE

- a) k1= 0.015
hmax = 4.310 - 0.015
hmax = 4.295
- b) k1= 0.015
hmax - p = 4.680 - 0.015
hmax - p = 4.665

- FOR CROSS SECTION BETWEEN END WHEEL SETS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Location	n (m)	h-empty (m)	h (m)	z (m)	Ei (m)	Half-width of reference line (m)	Disposable half-width (Column 7-6) (m)	b (m)	Column (8-9) >= 0
C1	9.300	4.0500	4.080	0.0113	0.2050	1.2714	1.0664	0.0000	1.0664
C2	9.300	4.0429	4.073	0.0112	0.2050	1.2771	1.0722	0.0267	1.0454
C3	9.300	4.0233	4.053	0.0112	0.2049	1.2930	1.0881	0.0516	1.0365
C4	9.300	3.9681	3.998	0.0110	0.2047	1.3378	1.1330	0.7616	0.3714
C5	9.300	3.8540	3.884	0.0106	0.2044	1.4303	1.2259	0.9872	0.2387
C6	9.300	3.6880	3.718	0.0101	0.2038	1.5371	1.3333	1.1778	0.1555
C7	9.300	3.4803	3.510	0.0094	0.2031	1.6450	1.4419	1.3220	0.1199
C8	9.300	3.2150	3.245	0.0085	0.2022	1.6450	1.4428	1.4260	0.0168
C9	9.300	3.1235	3.154	0.0082	0.2019	1.6450	1.4431	1.4350	0.0081
C10	9.300	1.2365	1.267	0.0019	0.1956	1.6450	1.4494	1.4350	0.0144
C11	9.300	1.0100	1.040	0.0011	0.1949	1.6450	1.4501	1.4220	0.0281
C12	9.300	0.6100	0.640	0.0002	0.1939	1.6450	1.4511	1.3205	0.1306
D1	1.864	4.0500	4.020	0.0111	0.0957	1.3200	1.2243	0.0000	1.2243
D2	1.864	4.0429	4.013	0.0110	0.0957	1.3258	1.2301	0.0267	1.2034
D3	1.864	4.0233	3.993	0.0110	0.0956	1.3417	1.2461	0.0516	1.1945
D4	1.864	3.9681	3.938	0.0108	0.0954	1.3864	1.2910	0.7616	0.5294
D5	1.864	3.8540	3.824	0.0104	0.0951	1.4763	1.3813	0.9872	0.3941
D6	1.864	3.6880	3.658	0.0099	0.0945	1.5716	1.4771	1.1778	0.2993
D7	1.864	3.4803	3.450	0.0092	0.0938	1.6450	1.5512	1.3220	0.2292
D8	1.864	3.2150	3.185	0.0083	0.0929	1.6450	1.5521	1.4260	0.1261
D9	1.864	3.1235	3.094	0.0080	0.0926	1.6450	1.5524	1.4350	0.1174
D9-1	1.864	2.0410	2.011	0.0044	0.0890	1.6450	1.5560	1.4885	0.0675
D9-2	1.864	1.2550	1.225	0.0018	0.0864	1.6450	1.5586	1.4885	0.0701
D10	1.864	1.2365	1.207	0.0017	0.0863	1.6450	1.5587	1.4350	0.1237
D11	1.864	1.0100	0.980	0.0009	0.0856	1.6450	1.5594	1.4220	0.1374
D12	1.864	0.6100	0.580	0.0004	0.0850	1.6450	1.5600	1.3200	0.2400

- FOR CROSS SECTION OVERHANGING END WHEELSETS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Location	n (m)	h-empty (m)	h (m)	z (m)	Ea (m)	Half-width of reference line (m)	Disposable half-width (Column 7-6) (m)	b (m)	Column (8-9)>=0
E1	3.750	4.0400	4.070	0.0112	0.2146	1.2795	1.0649	0.0000	1.0649
E2	3.750	4.0329	4.063	0.0112	0.2145	1.2853	1.0707	0.2674	0.8033
E3	3.750	4.0232	4.053	0.0112	0.2145	1.2931	1.0786	0.5166	0.5620
E4	3.750	3.9672	3.997	0.0110	0.2143	1.3385	1.1242	0.7616	0.3626
E5	3.750	3.8410	3.871	0.0106	0.2139	1.4408	1.2269	0.9872	0.2397
E6	3.750	3.6705	3.701	0.0100	0.2133	1.5472	1.3339	1.1778	0.1561
E7	3.750	3.4542	3.484	0.0093	0.2126	1.6450	1.4324	1.3095	0.1229
E8	3.750	3.2150	3.245	0.0085	0.2118	1.6450	1.4332	1.3160	0.1172
E9	3.750	3.1235	3.154	0.0082	0.2115	1.6450	1.4335	1.3250	0.1085
E10	3.750	1.2365	1.267	0.0019	0.2052	1.6450	1.4398	1.3250	0.1148
E11	3.750	1.0100	1.040	0.0011	0.2045	1.6450	1.4405	1.3220	0.1185
E12	3.750	0.6100	0.640	-0.0002	0.2031	1.6450	1.4419	1.2205	0.2214
F1	2.467	4.0500	4.020	0.0168	0.1498	1.3200	1.1702	0.0000	1.1702
F2	2.467	4.0429	4.013	0.0168	0.1498	1.3258	1.1760	0.2674	0.9086
F3	2.467	4.0233	3.993	0.0167	0.1497	1.3417	1.1920	0.5166	0.6754
F4	2.467	3.9681	3.938	0.0164	0.1494	1.3864	1.2370	0.7616	0.4754
F5	2.467	3.8540	3.824	0.0158	0.1489	1.4763	1.3275	0.9872	0.3403
F6	2.467	3.6880	3.658	0.0150	0.1480	1.5716	1.4235	1.1778	0.2457
F7	2.467	3.4803	3.450	0.0139	0.1470	1.6450	1.4980	1.3220	0.1760
F8	2.467	3.2150	3.185	0.0126	0.1456	1.6450	1.4994	1.4260	0.0734
F9	2.467	3.2135	3.184	0.0126	0.1456	1.6450	1.4994	1.4350	0.0644
F9-1	2.467	2.0410	2.011	0.0066	0.1397	1.6450	1.5053	1.4885	0.0168
F9-2	2.467	1.2550	1.225	0.0027	0.1357	1.6450	1.5093	1.4885	0.0208
F10	2.467	1.2365	1.207	0.0026	0.1356	1.6450	1.5094	1.4350	0.0744
F11	2.467	1.0100	0.980	0.0014	0.1344	1.6450	1.5106	1.4220	0.0886
F12	2.467	0.6100	0.580	-0.0006	0.1324	1.6450	1.5126	1.3200	0.1926

4 결 론

이상으로 UIC505에 정의되어있는 reference profile을 적용하여 차량의 최대 제작 gauge를 적용하는 방법에 대하여 검토하여 보았으면 실제 차량의 설계에 적용하여 보았다.

현재 설계된 경우 cant rail 부위(C8,9,10,11)와 handle부위(F9-1,-2)에서 변위가 큰 것을 알수 있다. 이부위의 폭을 줄이는 변경이 따라야 할 것으로 판단된다.

차량 제작시 UIC505를 적용하려면 제작된 차량이 운행할 노선의 건축물 및 시설등이 UIC505에 정의되어있는 reference profile을 기준으로 정의된 건축한계 및 시설한계를 따른 경우에 적용될 수 있음을 알 수 있다.

참고 문헌

1. UIC505-1 "Railway transport stock Rolling stock construction gauge" 7th edition 1-1-93
2. UIC505-2 "Kinematic gauge for coachs and vans used on international services" 2nd edition 1-1-77
3. UIC505-4 "Effects of the application of the kinematic gauges defined in the 505 series of leafliets on the positioning of structures in relation to the tracks and of the tracks in

relation to each other" 3rd edition 1-1-77 (reprinted of 1.5.88)

4. UIC505-5 "Basic conditions common to leaflets 505-1 to 505-4"