

철도차량 동적 주행성능 시험 및 인증관련 국제규격  
(UIC 518) 고찰 및 적용

**The review and application of UIC 518 standard regarding railway vehicle  
dynamic performances**

이강운\*  
Lee, Kang-Wun

박길배\*\*  
Park, Kil-Bae

양희주\*\*\*  
Yang, Hee-Joo

ABSTRACT

The railway shall be verified with the view point of dynamic performances before delivering to the Customer and the verification procedure shall be followed the Customer's demands or relevant international standard, UIC 518 (Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behavior-Safety-Track fatigue-Ride quality). In this paper, verification procedures in UIC 518 and the test results for domestic project are summarized.

1. 서론

철도차량의 탈선계수, 횡압, 진동가속도등의 동적주행성능과 관련되어서 성능시험시 국제적으로 적용되고 있는 규격인 UIC 518에 대해 살펴보고 국내전동차의 주행안전관련 성능시험시 적용되었던 사례 및 시험결과를 고찰해 본다.

2. UIC 518 개요

2.1 시험절차 및 방법

시험절차에는 모든 주행조건과 모든 차량조건에 대해 시험하는 "full"절차와 일부조건에 대해서만 시험하는 "partial" 절차가 있으며, 시험방법에는 휠/레일 작용력의 직접측정을 요구하는 "normal" 방법과 H-force 와/또는 차체 및 대차에서의 진동가속도를 측정하는 "simplified" 방법이 있으며 이러한 시험절차 및 방법의 결정은 UIC 518의 Appendix A 에 명시된 절차를 따른다. 각 시험방법에 따른 시험항목을 표 1에 정리하였다.

\* (주)로템 기술연구소 응용기술연구팀 책임연구원, 정회원

\*\* (주)로템 기술연구소 응용기술연구팀 책임연구원, 비회원

\*\*\* (주)로템 기술연구소 응용기술연구팀 선임연구원, 비회원

표 1. UIC 518에 따른 시험방법별 시험항목

구분	Normal method	Simplified method	
		H forces and body acc.	Acc. measurements, bogie vehicle
Safety	a) Sum of guiding forces ( $\sum Y_{2m}$ ) <sub>lim</sub>	a) Lateral forces H	a) Lateral acc. on bogie -under-frame ( $y''_s$ ) <sub>lim</sub>
	b) Y/Q ratio per wheel	b) Vertical acceleration in body $z''_s$ *	b) Lateral acc. on vehicle body ( $y''_s$ ) <sub>lim</sub>
	c) Instability	c) Instability	c) Vertical acc. on vehicle body ( $z''_s$ ) <sub>lim</sub> d) Instability
Running behavior(quality of ride)	a) Max. acceleration ( $y''_{q*}$ ) <sub>lim</sub> and ( $z''_{q*}$ ) <sub>lim</sub>		
	b) RMS values for the acceleration ( $sy''_{q*}$ ) <sub>lim</sub> and ( $sz''_{q*}$ ) <sub>lim</sub>		
	c) Quasi-static lateral acceleration ( $y''_{qst*}$ ) <sub>lim</sub>		
Track fatigue	a) Vertical force $Q_{lim}$	-	-
	b) Quasi-static lateral force in curves ( $Y_{qst}$ ) <sub>lim</sub>	-	-
	c) Quasi-static vertical force in curves ( $Q_{qst}$ ) <sub>lim</sub>	-	-

where, '\*' means body, '+' means bogie frame, 's' means rms value, '( )<sub>lim</sub>' means maximum

## 2.2 시험조건

### 2.2.1 시험영역(Test zone)

시험시 필요한 시험구간, 주행속도, 구간길이등을 표 2에 정리하였다.

표 2. UIC 518에 따른 시험구간 및 주행속도 조건

Test zone		Test speed	Cant deficiency	Number of sections	Length of each section	Minimum length of the zone
Tangent track	-	$V=1.1V_{lim}$ with a minimum of $V_{lim}+10\text{km/h}$	$I \leq 40\text{mm}$	$N \geq 25$	$l=250\text{m}$ if $V_{lim} \leq 220\text{km/h}$	$L=Nl \geq 10\text{km}$
Large radius curve	full $R > 600$	$V_{lim} \leq V \leq 1.1V_{lim}$	$0.75I_{adm} \leq I \leq 1.10 I_{adm}$	$N_1 \geq 25$ with $0.75I_{adm} \leq I \leq 1.10 I_{adm}$ including $N_2 \geq 0.2 N_1$ with $I=1.10 I_{adm}$	$l=100\text{m}$ if $V_{lim} \leq 140\text{km/h}$	$L=Nl \geq 10\text{km}$
	transition			Single section per transition	-	-
Small radius curve	full $400\text{m} \leq R \leq 600\text{m}$	-	$0.75I_{adm} \leq I \leq 1.10 I_{adm}$	$N_1 \geq 50$ with $0.75I_{adm} \leq I \leq 1.10 I_{adm}$ including $N_2 \geq 0.2 N_1$ with $I=1.10 I_{adm}$	$l=100\text{m}$	-
	full $250\text{m} \leq R < 400\text{m}$	-	$0.75I_{adm} \leq I \leq 1.10 I_{adm}$	$N_1 \geq 25$ with $0.75I_{adm} \leq I \leq 1.10 I_{adm}$ including $N_2 \geq 0.2 N_1$ with $I=1.10 I_{adm}$	$l=70\text{m}$	-
	transition	-	-	Single section per transition	-	-

Where,  $V_{lim}$  : vehicle operating speed limit,  $I_{adm}$  : permissible cant deficiency

### 2.2.2 시험노선(Test route)

시험시 만족해야할 궤도불규칙도는 UIC 518 Appendix D 에 정의되어 있고 차량진동에 영향을 미치는 답면구배(conicity)에 대해 주행속도 140km/h 이하에서는 0.5이하로 정의되어 있다.

표 3. UIC 518 안전(SAFETY)관련 시험항목별 허용한도

시험구분	허용한도(limit value)	분석상세
Normal method	<p>a) <u>Sum of guiding forces (<math>\sum Y_{2m}</math>)<sub>lim</sub></u>                      Lateral forces (over 2m track):  <math>(\sum Y_{2m})_{lim} = \alpha(10 + P_0/3)</math> [kN]                      (<math>P_0</math>: Axle Load  <math>\alpha=1</math>: traction units, passenger stock</p>	-20Hz이상의 Low-pass Filtering -2m이상의 평균값에 0.5m step -누적분포함수 F1=0.15%, F2=99.85%
	<p>b) <u>[(Y/Q)<sub>2m</sub>]<sub>lim</sub> ratio per wheel</u>  <math>[(Y/Q)_{2m}]_{lim} = 0.8</math> for <math>R \geq 250m</math></p>	
	<p>c) <u>Instability</u>  <math>(s\sum Y)_{lim} = (\sum Y)_{lim}/2</math></p>	Sliding rms value calculated over a length of 100m at 10m increments
Simplified method-H forces and body acc.	<p>a) <u>Lateral forces (<math>H_{2m}</math>)<sub>lim</sub>:</u>  <math>(H_{2m})_{lim} = \beta(10 + P_0/3)</math> [kN]                      (<math>P_0</math>: static axle Load)                      - tractive stock : <math>\beta=0.9</math>                      - passenger stock : <math>\beta=0.9</math></p>	-20Hz의 Low-pass Filtering -2m이상의 평균값에 0.5m step -누적분포함수 F1=0.15%, F2=99.85%
	<p>b) <u>Vertical acceleration in body (<math>z''_{s^*}</math>)<sub>lim</sub></u>                      - tractive stock                          single suspension : <math>(z''_{s^*})_{lim} = 4m/s^2</math>                          double suspension : <math>(z''_{s^*})_{lim} = 3m/s^2</math>                      - passenger stock                          single suspension : <math>(z''_{s^*})_{lim} = 4m/s^2</math>                          double suspension : <math>(z''_{s^*})_{lim} = 3m/s^2</math></p>	-0.4~4Hz의 Band pass Filtering -누적분포함수 F1=0.15%, F2=99.85%
	<p>c) <u>Instability</u>                      -all vehicle except non-bogie wagons and special vehicles : <math>(sH)_{lim} = H_{lim}/2</math></p>	Sliding rms value calculated over a length of 100m at 10m increments
Simplified method-acc. bogie stock	<p>a) <u>Lateral acc. on bogie frame (<math>y''_{s^+}</math>)<sub>lim</sub>:</u>  <math>(y''_{s^+})_{lim} = 12 - M_b/5</math>                      (<math>M_b</math> : weight of the bogie [ton])</p>	-10Hz의 Low-pass Filtering -누적분포함수 F1=0.15%, F2=99.85%
	<p>b) <u>Lateral acc. on vehicle body (<math>y''_s</math>)<sub>lim</sub></u>                      - tractive stock                          straight&amp;large radius curve : <math>(y''_s)_{lim} = 3m/s^2</math>                          small radius curve:                              <math>400m \leq R \leq 600m</math> : <math>(y''_s)_{lim} = 2.8m/s^2</math>                              <math>250m \leq R &lt; 400m</math> : <math>(y''_s)_{lim} = 2.6m/s^2</math>                      - passenger vehicle (tractive and trailer stock):                          straight&amp;large radius curve : <math>(y''_s)_{lim} = 3m/s^2</math>                          small radius curve:                              <math>400m \leq R \leq 600m</math> : <math>(y''_s)_{lim} = 2.8m/s^2</math>                              <math>250m \leq R &lt; 400m</math> : <math>(y''_s)_{lim} = 2.6m/s^2</math></p>	-6Hz의 Low-pass Filtering -누적분포함수 F1=0.15%, F2=99.85%
	<p>c) <u>Vertical acceleration in body (<math>z''_{s^*}</math>)<sub>lim</sub></u>                      - tractive stock                          single stage suspension : <math>(z''_{s^*})_{lim} = 4m/s^2</math>                          double stage suspension : <math>(z''_{s^*})_{lim} = 3m/s^2</math>                      - passenger vehicle(tractive and trailer stock):                          single stage suspension : <math>(z''_{s^*})_{lim} = 4m/s^2</math>                          double stage suspension : <math>(z''_{s^*})_{lim} = 3m/s^2</math></p>	-0.4~4Hz의 Band pass Filtering -누적분포함수 F1=0.15%, F2=99.85%
	<p>d) <u>Instability</u>  <math>(sy''_{s^+})_{lim} = (y''_{s^+})_{lim} / 2</math></p>	Sliding rms value calculated over a length of 100m at 10m increments

### 2.2.3 차량조건

필요시 공기스프링이 배기된(deflated) 상태도 시험하며 하중조건은 공, 만차조건에 대해 실시한다.

### 2.3 시험항목 및 허용한도(limit value)

시험방법별 시험항목 및 각 항목들에 대한 허용한도를 표 3에 정리하였다.

### 2.4 계산항목처리

목적은 계산항목의 추정최대치(estimated maximum value)를 계산하는 것이다. 처리순서는 아래에 기술된 두 가지 단계를 포함한다.

#### 2.4.1 각구간(section)별 통계처리

통계처리는 각 정해진 구간에 대해 실시한다. 각 구간, 항목 및 측정 점에 대해 다음과 같이 계산되어야 한다.

1항목  $\Sigma Y$ ,  $Q$ ,  $Y/Q$ , acceleration 에 대한 분포함수의  $F1=0.15\%$ 와  $F2=99.85\%$ 는 통계함수에 일치하는 백분율이다.

1곡선 추종시 계산항목  $Y$ 와  $Q$ 의 준정적 성분 평가에서 중간 값을 결정하기 위한 분포함수는  $F0=50\%$ 에 일치하는 백분율이다.

UIC 518의 Appendix F는 각 시험항목들에 대해 사용된 필터링, 통계적인 변수와 분류방법을 명시한다.

#### 2.4.2 시험구역(zone)별 통계처리

차량의 승인을 위하여, 일차원적 통계방법이 각 시험 구간에 대해 적용된다. 시험구역별 통계처리의 경우, 통계적인 값은 아래의 관계식에 기초하여 추정최대값( $\bar{X}_{max}$ , estimated maximum value)을 결정할 수 있게 한다.

$$\bar{X}_{max}=X+k*s$$

여기서  $X$ 는 대수적인 평균값이고,  $s$ 는 표준편차이며,  $k$ 는 가정된 신뢰도에 따라 달라지는 계수이다. 안전의 관점에서 중요한  $\Sigma Y$ ,  $Y/Q$ 에 대하여  $k=3$ , 그 밖의 계산항목에 대해서는  $k=2.2$ , 그리고 준평형 상태의 항목에 대해서는  $k=0$ 을 적용한다.

## 3. 국내전동차 적용사례

### 3.1 시험차량 및 센서위치

시험대상차량은 국내전동차 동력차 와 부수차 이며 센서 부착위치는 각 차량의 전, 후위 대차 상부 차체바닥과 대차후레임 끝단부이다.

### 3.2 시험항목 및 데이터 분석

시험 방법은 표 1에서 정의된 가속도 측정에 의한 simplified 방법이며 측정항목은 차체바닥에서의 상하, 좌우 진동가속도와 대차후레임의 좌우 진동 가속도 이고 각 측정항목별 데이터 분석 방법 및 절차 등은 UIC 518 을 따른다.

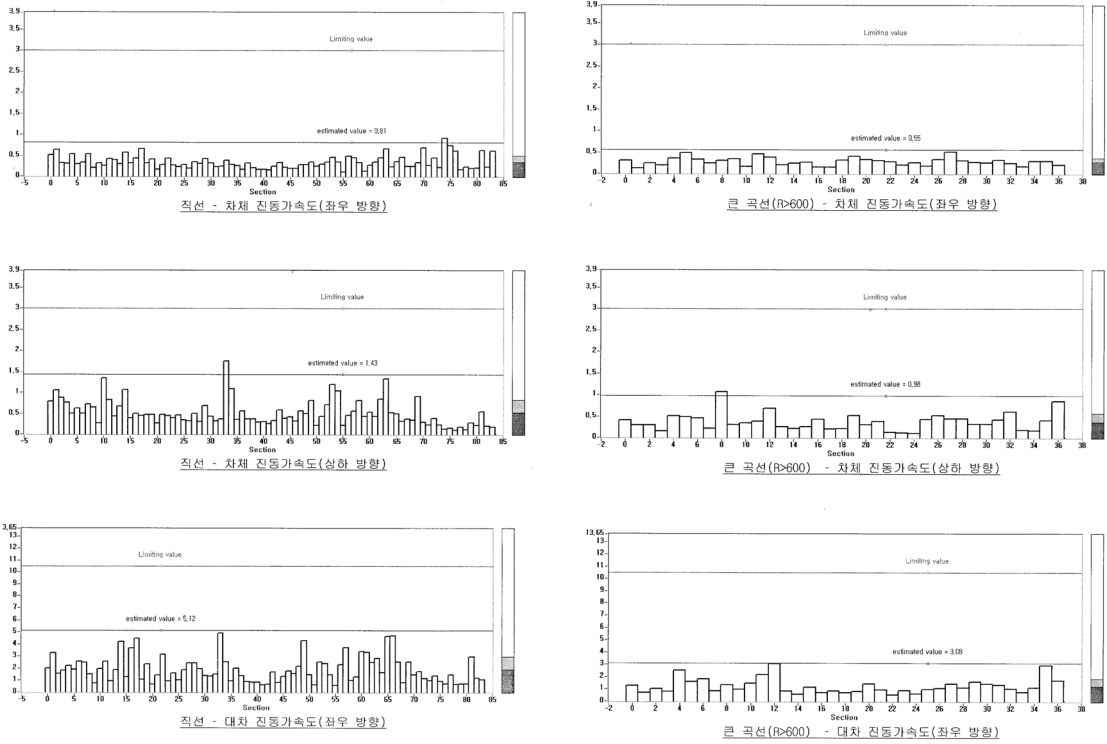


그림 1. 직선 및 큰 곡선( $R>600m$ )에서의 동적주행성능(Safety) 시험데이터 분석결과

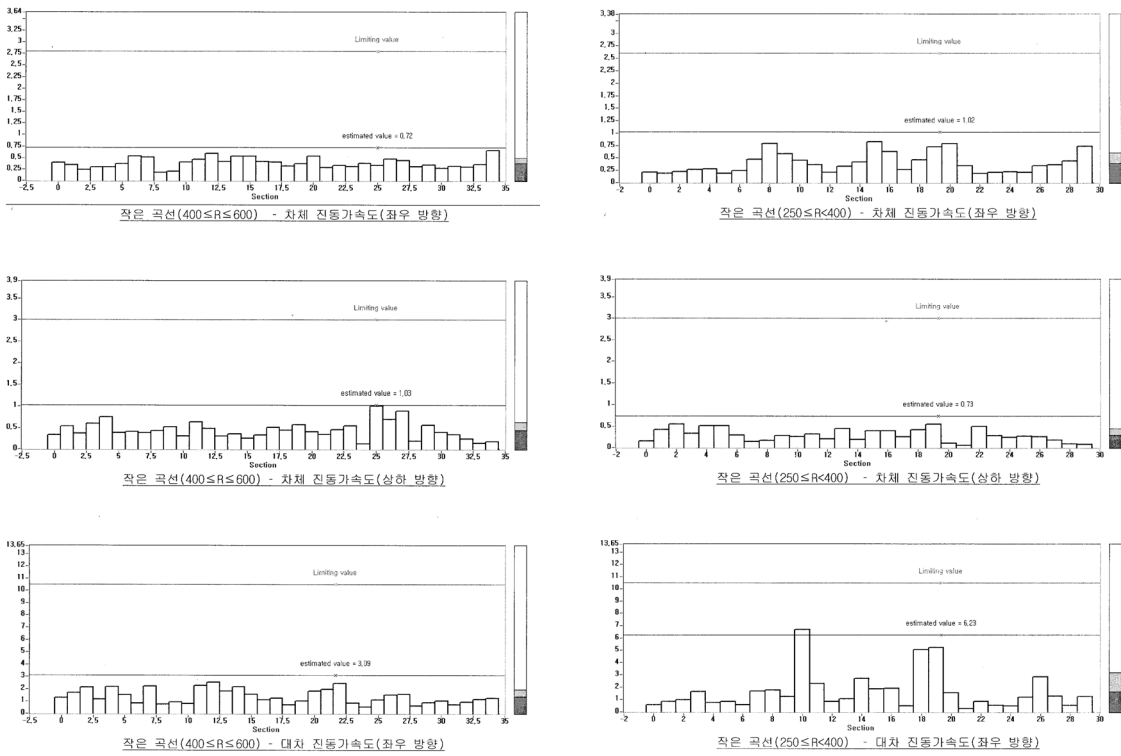
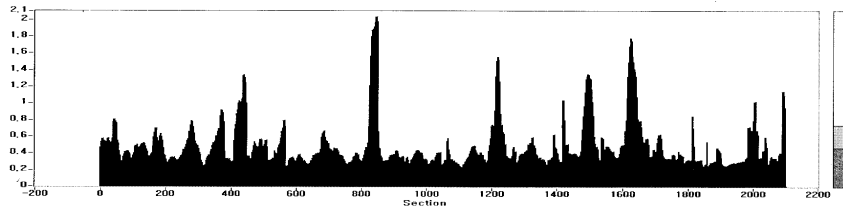


그림 2. 작은 곡선( $250 \leq R \leq 600$ )에서의 동적주행성능(Safety) 시험데이터 분석결과



직선 - 대차 진동가속도(좌우 방향)

그림 3, 직선에서의 동적주행성능(Safety)중 instability 분석결과

### 3.3 시험데이터 분석결과

시험데이터 분석결과는 부수차에 대해 그림 1~3, 표 4와 같다. 직선, 큰 곡선, 작은 곡선의 구간 별 데이터를 분석하여 F1=0.15% 또는 F2=99.85% 값을 막대 그래프로 표시하였으며 이들로 부터 추정최대값을 계산하여 각 항목별 허용한도(limit value)와 비교한다.

표 4. UIC 518의 단순법(Simplified method)에 의한 국내전동차 현차 시험결과

구간	차체 진동가속도 (m/s <sup>2</sup> )		대차 진동가속도 (m/s <sup>2</sup> )	허용한도 (limit value)	
	좌우 방향 (추정최대값)	상하 방향 (추정최대값)	좌우 방향 (추정최대값)		
직선	0.81	1.43	5.12	*차체 진동가속도 - 좌우방향 : 큰곡선(R>600) : 3 m/s <sup>2</sup> 작은곡선(400≤R≤600) : 2.8 m/s <sup>2</sup> 작은곡선(250≤R<400) : 2.6 m/s <sup>2</sup> - 상하방향 : : 3 m/s <sup>2</sup> * 대차 진동가속도 - 부수차 : 10.9 m/s <sup>2</sup>	
본곡선	큰 곡선(R>600)	0.55	0.98		3.08
	작은 곡선 (400≤R≤600)	0.72	1.03		3.09
	작은 곡선 (250≤R<400)	1.02	0.73		6.23
구간	좌우 방향 {max{max(0.15%), 99.85%}}	상하 방향 {max{max(0.15%), 99.85%}}	좌우 방향 {max{max(0.15%), 99.85%}}	* 직선구간을 운행 최고 속도로 주행시 - 부수차 : 5.5 m/s <sup>2</sup>	
완화 곡선	큰 곡선(R>600)	0.42	0.81		1.64
	작은 곡선 (400≤R≤600)	0.77	1.01		3.44
	작은 곡선 (250≤R<400)	1.15	0.69	3.52	
구간	대차 진동가속도(m/s <sup>2</sup> )				
	좌우 방향 (RMS값중 최대치)				
직선	2.03				

## 4. 결론

철도차량의 동적주행성능과 관련되어서 국제적으로 적용되고 있는 UIC 518 규격에 대해 살펴보았으며 국내전동차의 현차시험시 UIC 518 의 시험 항목 중 안전(safety) 과 관련된 항목들에 대해서 단순방법(simplified method)에 따라 시험을 수행하고 데이터를 분석하여 모든 항목들에 대해서 시험결과가 UIC 518에서 규정하고 있는 허용한도 이내임을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

1. UIC 518 OR 2nd edition, April 2003 Translation