

실제 선로조건에 따른 DMT 화차의 탈선안전도 평가

The Derailment Safety Estimation of DMT Freight for Real Track Condition

손 명 선* · 엄 범 규* · 이 희 성*

Myoung Sun Son, Beom Gyu Eom and Hi Sung Lee

(2011년 3월 17일 접수 ; 2011년 6월 1일 심사완료)

Key Words : DMT Freight(dual mode trailer 화차), Running Characteristic(주행특성), Railway Vehicle(철도차량), Track Condition(선로조건)

ABSTRACT

The DMT freight is judged that economic performance is good because can increase cargoes than existing freight. However, the existing freight cars, each with a different balance to the body structure is bogie because the vibrations may occur. Thus, by minimizing vibration over the existing freight securing the safety of the driving if you will not have major problems in cargoes. In this study, multi-body dynamic analysis tool, VI-Rail using the actually Gyeongbu Railroad line and an empty, full freight condition include curve radius, track irregularity, The DMT freight of the derailed wagons were assessed for safety analysis. Full and empty freight conditions for parity in the Gyeongbu Railroad line(Dongdaegoo→Kyungsan) derailment safety analysis, such as derailment coefficient and the wheel unloaded, echoing the curve and the orbit is affected by the irregularity was found. Full freight condition than the empty conditions showed a significant derailment safety. Overall, the limits of derailment coefficient($Q/P = 0.8$) and wheel unload decrement limits($\Delta P/P = 0.6$) is less safe with me confirmed that the derailment safety.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

철도물류흐름에서 가장 많은 병목현상을 유발하고 있는 부분은 철도운송과 도로운송간의 연계시스템이며 그에 따른 시간과 비용을 줄일 수 있는 Non-stop 형식의 수송시스템의 필요성이 대두되고 있다.

세계적으로는 철도중심의 화물운송체계의 구축에 대한 관심이 증가되면서, 각종 다양한 화물수송방식

이 도입, 활용되고 있는 추세이다. 또한 물류의 중요성이 부각되고 있는 시점에서 여객뿐 만아니라, 화물에 대한 신속하고 안전한 수송의 요구가 증대되고 있다. 이에 유럽을 중심으로 화물의 신속한 수송을 위하여 다양한 형태의 고속화차 개발에 많은 투자를 기울이고 있다⁽¹⁾.

DMT 화차는 기존 화차와 다른 새로운 화물운송체계의 일원으로 철도역을 연계운송의 거점 및 물류단지화하여 거점에서 제공하는 서비스를 고도화함으로써 화주가 널리 이용하도록 하며, 화물의 운송과 보관을 일관되게 처리함으로써 철도가 거점운송을 자동차가 지선운송을 담당하는 복합일관수송체계를 구축하여 철도운송 이용의 확대를 도모할 수 있어 새로운 복합운송체계를 발전시킬 수 있다.

† 교신저자; 정희원, 국토해양부 자동차생활과
E-mail : mss0502@korea.kr

Tel : (02)2110-8698, Fax : (02)503-7326

* 서울과학기술대학교 철도전문대학원

또한, DMT 화차는 기존 화차에 비해 물동량을 늘릴 수 있어 경제성이 양호할 것으로 판단된다. 다만 각각 기존 화차에 다른 대차와 차체 구조로 되어 있으므로 진동이 크게 발생할 수 있으므로 진동을 최소화하여 기존 화차 이상의 주행안정성과 주행안전성을 확보한다면 물동량 확보에 큰 문제점이 없을 것이다. 이 연구에서는 다물체 동역학 해석도구인 VI-Rail를 이용하여 경부선 구간 실제 선로(곡선 반경 및 레도 틀림에 의한 레도 불규칙도)과 공영차에 따른 DMT 화차의 탈선안전도 평가 해석을 수행하였다.

2. 해석모델

2.1 차량모델

VI-Rail를 이용한 DMT 화차에 대한 해석모델은 차체, 전대차, 후대차를 하나의 템플릿(template)으로 각각 모델링하고, 서브시스템(subsystem)을 생성하고, 이들을 이용하여 최종적으로 조립체를 생성한다⁽²⁾. Fig. 1은 차체, 대차, 차량의 해석모델을 나타내고 있다. DMT 화차 해석모델에 대한 제원 및 물성치는 DMT 수평 이적재 화차 제작설명서를 활용하였다, Table 1은 해석에 사용된 DMT 화차의 주요제원을 나타내고 있다⁽³⁾.

Table 1 Properties of DMT freight car

| Dividing | Design element | | Value | Unit |
|----------------|-------------------------------------|-------|-----------|-------------------|
| Carbody | Mass | | 73,000 | kgf |
| | Roll moment of inertia | | 45,880 | kg·m ² |
| | Pitch moment of inertia | | 122,433 | kg·m ² |
| | Yaw moment of inertia | | 126,542 | kg·m ² |
| Bogie frame | Mass | | 1,127 | kgf |
| | Roll moment of inertia | | 752 | kg·m ² |
| | Pitch moment of inertia | | 701 | kg·m ² |
| | Yaw moment of inertia | | 1,415 | kg·m ² |
| Wheelset | Mass | | 1348 | kgf |
| | Roll, Yaw moment of inertia | | 825 | kg·m ² |
| | Pitch moment of inertia | | 100 | kg·m ² |
| | Wheel radius | | 0.86 | m |
| Dimension | Wheel base | | 1.8 | m |
| | Distance of bogie and bogie between | | 9.7 | m |
| Primary spring | Vertical stiffness | Tare | 415,000 | N/m |
| | | Crush | 1,075,000 | |

2.2 선로모델

Fig. 2는 동대구↔남성현(기존 경부선)의 선로 현황을 나타내고 있으며 이 연구에서는 동대구↔경산

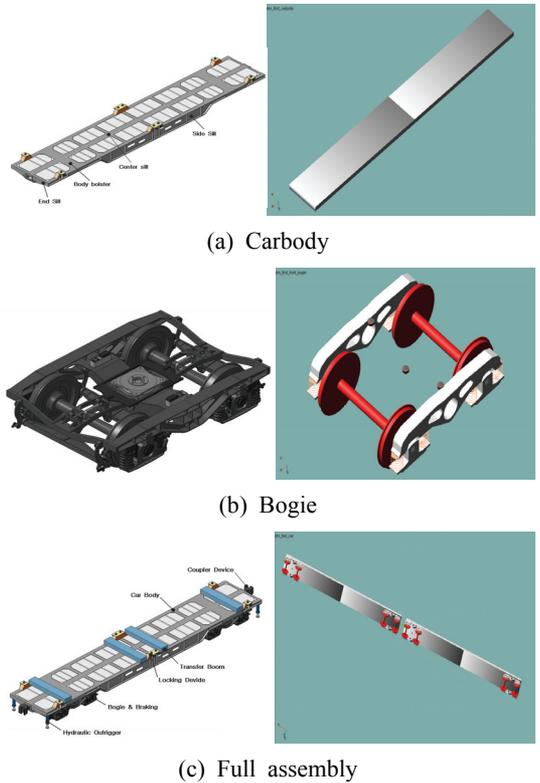
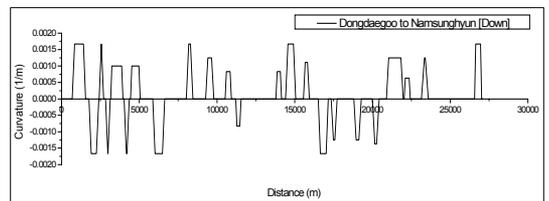
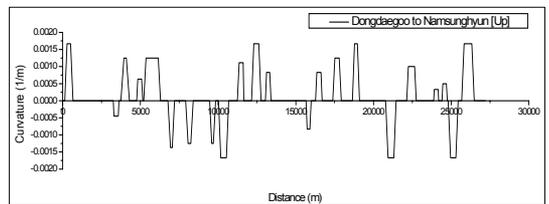


Fig. 1 DMT car model

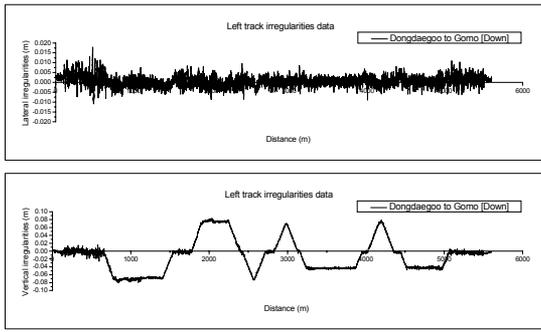


(a) Dongdaegoo↔Namsunghyun section(down)

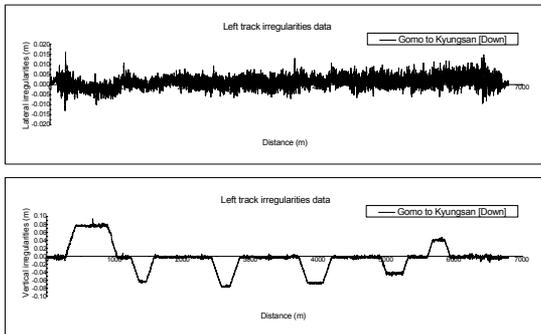


(b) Dongdaegoo↔Namsunghyun section(up)

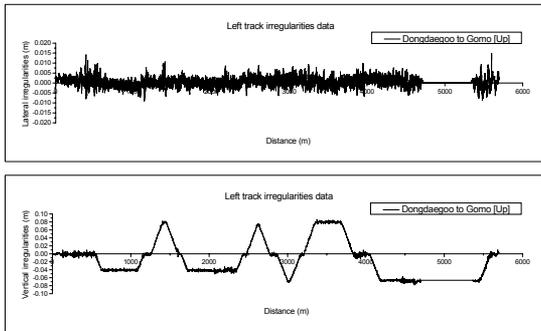
Fig. 2 Curve status of Dongdaegoo↔Namsunghyun section



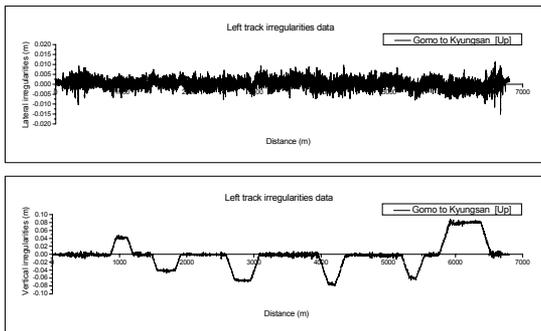
(a) Dongdaegoo↔Gomo section(down)



(b) Gomo↔Kyungsan section(down)



(c) Dongdaegoo↔Gomo section(up)



(d) Gomo↔Kyungsan section(up)

Fig. 3 Track irregularity data of Dongdaegoo↔Kyungsan section

구간의 특정 구간을 선로모델로 선정하였다. Fig. 3은 동대구↔경산구간의 궤도틀림을 나타내고 있으며, 참고로 2008년도 동대구~경산 경부선 선로 일람약도(대구지사 시설팀)와 한국철도공사에 제공한 경부선의 선로 데이터를 해석에 사용하였다⁽⁴⁾.

3. 해석 결과

경부선 동대구↔경산구간에서 공·영차에 따른 DMT 화차의 탈선안전도를 탈선계수와 운중 감소율로 평가를 수행하였다. DMT 화차 운행속도는 Table 2와 같이 한국철도공사 열차운전시행세칙에 따라 곡선반경 R600의 경우 110 km/h, R800 이상의 경우 120 km/h로 조정하여 주행하였다.

3.1 동대구↔경산구간(하행)

공·영차조건에서의 경부선 동대구↔경산구간(하행)에 대한 DMT화차의 탈선안전도 평가를 수행하였다. 전대차 좌측차륜을 대상으로 분석하였다. Table 3과 4는 공·영차조건에서의 동대구↔고모구간(하행)과 고모↔경산구간(하행)의 탈선안전도 해석 결과치를 나타내고 있다. Fig. 4와 5는 동대구↔고모구간(하행)의 탈선계수와 운중감소율을 나타내고 있으며, 동대구↔고모구간(하행)에서는 탈선안전도가 곡선반경 및 궤도 불규칙도에 의해 영향을 받음을 확인하였다. 또한 영차조건보다 공차조건이 탈선안전도가 크게 나타났

Table 2 Running speed condition of Dongdaegoo↔Kyungsan section

| Down | | Up | |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|
| Cure radius (m) | Speed (km/h) | Cure radius (m) | Speed (km/h) |
| +600 | 110 | +1000 | 120 |
| -600 | 110 | +3000 | 120 |
| +600 | 110 | +2000 | 120 |
| -600 | 110 | -600 | 110 |
| +1000 | 120 | +600 | 110 |
| -600 | 110 | +800 | 120 |
| +1000 | 120 | -1200 | 120 |
| -600 | 110 | +1200 | 120 |
| +600 | 110 | +800 | 120 |
| +800 | 120 | +600 | 110 |
| +1200 | 120 | -600 | 110 |
| -1200 | 120 | | |

으나, 전체적으로 탈선계수 한계치(Q/P=0.8)와 윤중 감소율 한계치($\Delta P/P=0.6$)(5)보다 적게 나와 탈선안전도가 안전함을 확인하였다.

Table 3 Result value by Dongdaegoo↔Gomo section (down)

| Curve radius(m) | Derailment(Q/P) | | Wheel unload($\Delta P/P$) | |
|-----------------|-----------------|-------|------------------------------|-------|
| | Loading | Empty | Loading | Empty |
| +600 | 0.49 | 0.57 | 0.50 | 0.55 |
| -600 | 0.25 | 0.58 | 0.50 | 0.48 |
| +600 | 0.30 | 0.12 | 0.20 | 0.37 |
| -600 | 0.43 | 0.55 | 0.56 | 0.51 |
| +1000 | 0.49 | 0.45 | 0.58 | 0.52 |
| -600 | 0.23 | 0.50 | 0.28 | 0.38 |
| +1000 | 0.27 | 0.57 | 0.35 | 0.45 |

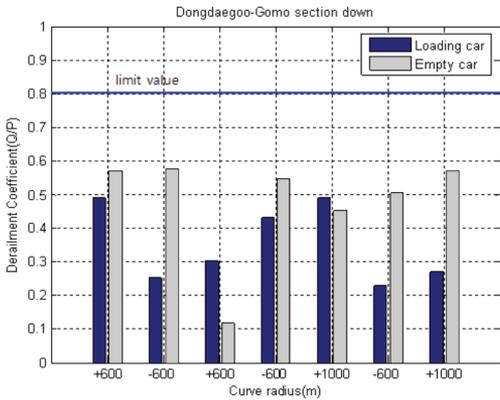


Fig. 4 Derailment coefficient of Dongdaegoo↔Gomo section(down)

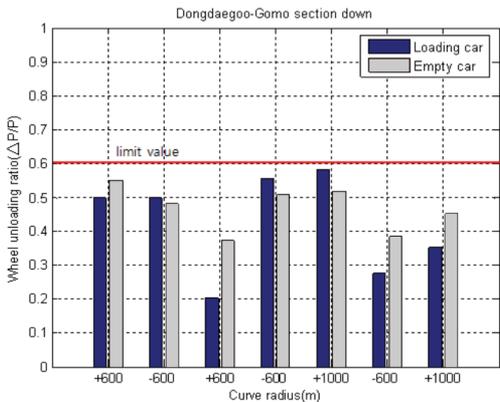


Fig. 5 Wheel unloading ratio of Dongdaegoo↔Gomo section(down)

Fig. 6과 7은 고모↔경산구간(하행)의 탈선계수와 윤중감소율을 나타내고 있으며, 탈선안전도가 궤도 불규칙도와 반향곡선에 의해 영향을 받음을 확인하였다. 또한 영차조건보다 공차조건이 탈선안전도가 크게 나타났으나 전체적으로 탈선계수 한계치와

Table 4 Result value by Gomo↔Kyungsan section (down)

| Curve radius(m) | Derailment(Q/P) | | Wheel unload($\Delta P/P$) | |
|-----------------|-----------------|-------|------------------------------|-------|
| | Loading | Empty | Loading | Empty |
| -600 | 0.65 | 0.61 | 0.39 | 0.47 |
| +600 | 0.19 | 0.65 | 0.29 | 0.46 |
| +800 | 0.39 | 0.64 | 0.23 | 0.48 |
| +1200 | 0.36 | 0.64 | 0.42 | 0.48 |
| -1200 | 0.48 | 0.65 | 0.50 | 0.48 |

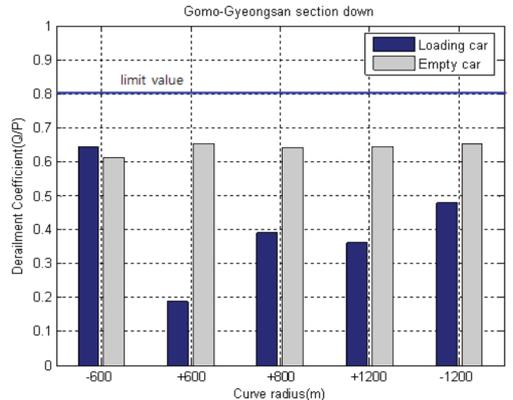


Fig. 6 Derailment coefficient of Gomo↔Kyungsan section(down)

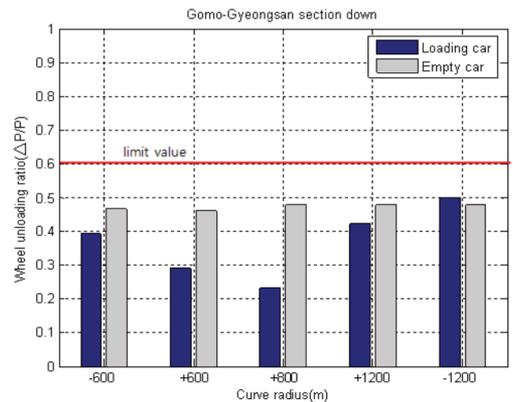


Fig. 7 Wheel unloading ratio of Gomo↔Kyungsan section(down)

윤증감소를 한계치보다 적게 나와 탈선안전도가 안전함을 확인하였다.

3.2 동대구↔경산구간(상행)

공·영차조건에서의 경부선 동대구↔경산구간(상행)에 대한 DMT화차의 탈선안전도 평가를 수행하였다.

Table 5 Result value by Dongdaegoo↔Gomo section (up)

| Curve radius(m) | Derailment(Q/P) | | Wheel unload(Δ P/P) | |
|-----------------|-----------------|-------|-----------------------------|-------|
| | Loading | Empty | Loading | Empty |
| +1000 | 0.55 | 0.61 | 0.50 | 0.51 |
| +3000 | 0.31 | 0.14 | 0.32 | 0.34 |
| +2000 | 0.56 | 0.37 | 0.38 | 0.40 |
| -600 | 0.56 | 0.58 | 0.46 | 0.51 |
| +600 | 0.20 | 0.64 | 0.55 | 0.52 |

전대차 좌측차륜을 대상으로 분석하였다. Table 5와 6은 공·영차조건에서의 동대구↔고모구간(상행)과 고모↔경산구간(상행)의 탈선안전도 해석 결과치를 나타내고 있다. Fig. 8~11은 동대구↔경산구간(상행)의 탈선계수와 윤증감소를 나타내고 있으며, 영차조건보다 공차조건이 탈선안전도가 크게 나타났으나,

Table 6 Result value by Gomo↔Kyungsan section (up)

| Curve radius(m) | Derailment(Q/P) | | Wheel unload(Δ P/P) | |
|-----------------|-----------------|-------|-----------------------------|-------|
| | Loading | Empty | Loading | Empty |
| -1200 | 0.37 | 0.64 | 0.36 | 0.36 |
| +1200 | 0.21 | 0.59 | 0.33 | 0.51 |
| +800 | 0.21 | 0.60 | 0.44 | 0.53 |
| +600 | 0.25 | 0.68 | 0.50 | 0.50 |
| -600 | 0.48 | 0.69 | 0.50 | 0.51 |

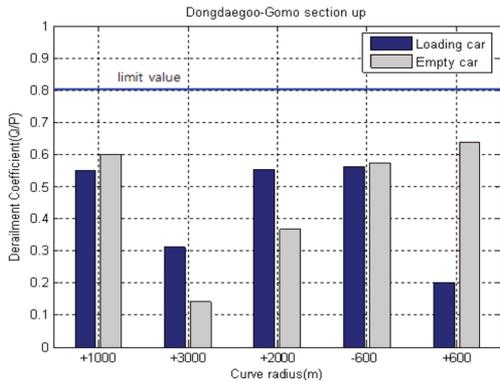


Fig. 8 Derailment coefficient of Dongdaegoo↔Gomo section(up)

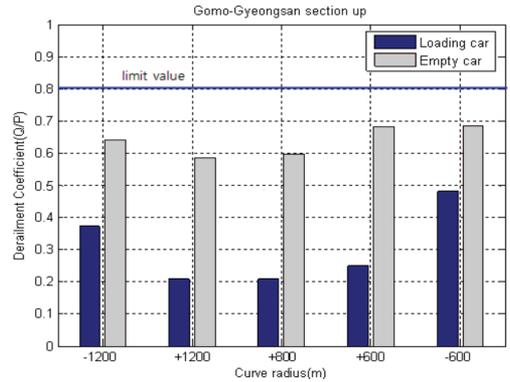


Fig. 10 Derailment coefficient of Gomo↔Kyungsan section(up)

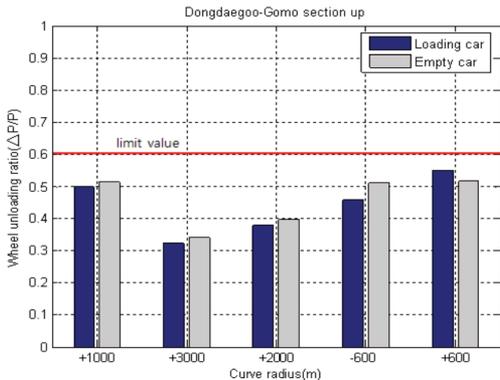


Fig. 9 Wheel unloading ratio of Dongdaegoo↔Gomo section(up)

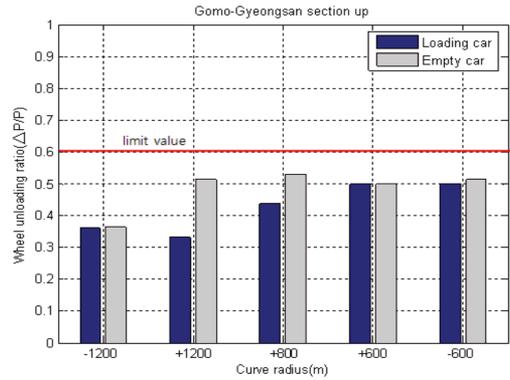


Fig. 11 Wheel unloading ratio of Gomo↔Kyungsan section(up)

전체적으로 탈선계수 한계치와 윤증감소율 한계치보다 적게 나와 탈선안전도가 안전함을 확인하였다.

4. 결 론

다물체 동역학 해석도구인 VI-Rail를 이용하여 곡선반경, 레도틀림, 캔트 등이 포함된 경부선 실제 선로조건과 공·영차조건에서의 DMT화차의 탈선안전도 평가 해석을 수행하였다.

이 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 공·영차조건에서의 경부선 동대구↔경산구간에 대한 탈선안전도 해석결과, 탈선계수와 윤증감소율과 같은 탈선안전도가 곡선반경, 반향곡선 및 레도 불규칙도에 의해 영향을 받음을 확인하였다.

(2) 영차조건보다 공차조건이 탈선안전도가 크게 나타났으나, 전체적으로 탈선계수 한계치($Q/P=0.8$)와 윤증감소율 한계치($\Delta P/P=0.6$)보다 적게 나와 탈선안전도가 안전함을 확인하였다.

참 고 문 헌

(1) Lee, S. I., Eom, B. G. and Lee, H. S., 2009, Multibody Dynamic Simulation and Running Charac-

teristics of DMT Freight, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 19, No. 1, pp. 35~41.

(2) Vi Grade, 2008, ADAMS/Rail 2005 R2. 11.0 Documentation.

(3) Lee, S. I., Eom, B. G., Lee, H. S., Lee, Y. Y. and Kim Y. Y., 2000, A Study on Curve Running Characteristic of DMT Freight, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 4, pp. 373~380.

(4) Kim, Y. W., Eom, B. G., Yoo, W. H. and Lee, H. S., 2010, A Study on the Improvement of Derailment Safety on Conventional Line, 2010 Symposium Spring of the Korean Society of Mechanical Engineering, pp. 262~267.

(5) Ham, Y. S. and Hur, H. M., 2003, Evaluation of Running Safety for Korean High Speed Railway Vehicle, Symposium Autumn of the Korean Society for Railway, pp. 316~321.

(6) UIC CODE 518, 2005, Testing and Approval of Railway Vehicle from the Point of View of Their Dynamic Behaviour-safety-track Fatigue-ride Quality, UIC. 3rd Ed.