

## F10/F12 분기기에서의 단면 형상별 주행안전성 연구

김성종\*† · 엄범규\*\* · 강부병\*\*\* · 이희성\*\*

\* 한국건설교통기술평가원, \*\* 서울과학기술대학교 철도전문대학원, \*\*\* 한국철도기술연구원

### A Study of Running Safety According to the Section Shape of an F10/F12 Turnout

Sung Jong Kim\*†, Beom Gyu Eom\*\*, Bu Byoung Kang\*\*\* and Hi Sung Lee\*\*

\* Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planning,

\*\* Graduate School of Railroad, Seoul National University of Science and Technology,

\*\*\* Korea Railroad Research Institute

(Received July 12, 2010 ; Revised March 9, 2011 ; Accepted March 17, 2011)

**Key Words** : Turnout(분기기), Running Safety(주행안전성), Derailment Coefficient(탈선계수), Point part(포인트부), Crossing part(크로싱부)

**초록**: 현재 철도차량이 분기기 통과 시에 횡압의 변화가 최소화하는 설계가 요구되고 있다. 따라서 차량이 분기기를 통과하는 경우에 분기기에 작용하는 횡압 및 탈선계수를 예측하기 위하여 차량과 분기기간의 상호작용에 따른 동역학 해석을 수행하여야 한다. 본 연구에서는 분기기 단면 형상 변화가 차량의 주행안전성에 미치는 영향을 살펴보기 위해 포인트부, 크로싱부의 단면 형상 변화에 따른 주행안전성 해석을 수행하였다. F10/F12 분기기를 대상으로 포인트부 텅레일의 길이, 크로싱부 노즈레일의 높이를 변경시켜 주행안전성 해석을 수행하였다.

**Abstract**: When a vehicle passes through a turnout, it is necessary for the changes in lateral force to be minimized to ensure the safe running of the vehicle. Therefore, the analysis of the interaction between the vehicle and the turnout is crucial for estimating the lateral force and the derailment coefficient on the turnout. In this paper, the effect of the variation of section shape on the running safety of a vehicle was investigated by changing the shape of the point part and the crossing part. The tongue rail length of the point part and nose rail height of the crossing part of an F10/F12 turnout were changed, and the running safety of the vehicle was analyzed.

### 1. 서론

철도차량이 분기기 통과 시에 횡압의 변화가 최소화되는 설계가 요구되고 있다. 기존의 분기기 설계방식은 분기기를 통과하는 차량을 질점으로 모델링하여 기구학적인 해석만을 수행함으로써, 실제 분기기에서의 응답특성을 연구하는데 어려움이 있다.

따라서 분기기 형상 설계 및 평가를 위하여 동적해석을 수행하여야 한다. 즉, 차량이 분기기를 통과하는 경우에 분기기에 작용하는 횡압 및 횡가속도를 예측하기 위하여 차량과 분기기의 상호작용에 따른 동역학 해석을 수행하여야 한다.<sup>(1)</sup>

영업속도 200km/h 급 이하로 운영 중인 기존선의 속도향상을 위하여 현재 사용 중인 현재 사용 중인 탄성분기기의 침단부 및 크로싱 부위의 형상을 개선하고자 할 때, 분기기에서의 기계적인 탈선사고 발생을 대비하기 위하여 분기기에서의 탈선안전도 해석기법에 대한 연구도 필요하다.<sup>(1)</sup>

이러한 차량과 분기기간의 상호 작용에 따른 동역학 해석은 정우진 등<sup>(2)</sup>이 65번 고속용 분기기를 통과하는 차량의 동특성 변화를 예측하였고, 한형석 등<sup>(3)</sup>이 차륜/레일 접촉특성 해석프로그램을 개발하여 동특성 해석을 수행한 연구 사례가 있다.

또한, 최근 철도차량 전용 해석프로그램인 VI-Rail 을 적용하여 도입단계 수준의 연구가 진행되고 있다.

고속철도차량의 분기기 주행 시 주행안전성 해석을 위하여 차량, 분기기 시스템의 해석 모델 구축과 차륜/레일 사이의 접촉점 위치 해석이 연구<sup>(4)</sup>된

† Corresponding Author, heatme@kictep.re.kr  
© 2011 The Korean Society of Mechanical Engineers

바 있으므로 본 연구에서는 분기기 단면 형상 변화가 차량의 주행안전성에 미치는 영향을 살펴보기 위해 포인트부, 크로싱부의 단면 형상 변화에 따른 주행안전성 해석을 수행하였다. F10/F12 분기기를 대상으로 포인트부 텅레일의 길이, 크로싱부 노즈레일의 높이를 변경시켜 주행안전성 해석을 수행하였다

## 2. 주행안전성 이론

### 2.1 탈선계수(Q/P)

차량이 주행할 때 레일과 차륜은 차량의 정적하중 외에 주행 시의 복잡한 운동으로 차륜은 레일에 수직방향의 힘과 수평방향으로 힘을 작용시킨다. 이 수평방향의 힘(횡압 Q)에 대한 수직방향의 힘(윤중 P)의 비(Q/P)를 탈선계수라 하며, 이 값이 일정치를 넘으면 차륜이 레일을 올라타거나 뛰어 넘어 탈선을 하게 되므로 주행안전성 검토의 기준이 된다.

탈선계수의 해석은 정적해석과 동적해석으로 구별되고 Fig. 1 과 같은 상태에서의 정적해석은 접촉점에서 힘의 평형을 고려하면 다음과 같은 식이 성립되며, 탈선계수의 안전기준은 빈도누적확률로 나타내어 100%일 때 0.8, 0.1%일 때 1.1 이하이다.<sup>(5)</sup>

$$\frac{Q}{P} = \frac{\tan \alpha \mp (f_y / N)}{1 \pm (f_y / N) \tan \alpha} \quad (1)$$

여기서 P는 윤중(N), Q는 횡압(N), α는 플랜지 접촉각, μ는 마찰계수를 의미한다.

### 2.2 윤중감소율(ΔP/P)

차량의 진동이나 중심의 편기, 궤도 및 차량의 평면성 틀림, 곡선에서의 캔트 및 원심력, 풍압 등에 의해 윤중의 감소가 발생한다. 이 때 윤중 감소치

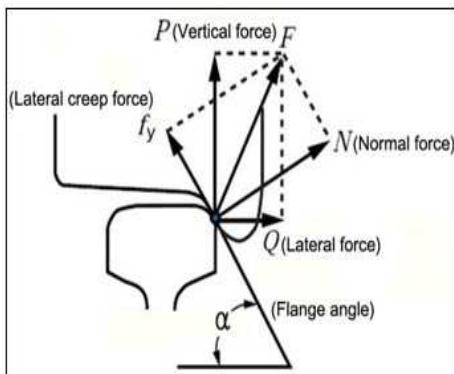


Fig. 1 Interacting force between the wheel and rail

(ΔP)에 대한 정적인 윤중(P)의 비를 윤중감소율이라 하며 이 값이 허용한도를 초과하면 탈선의 위험이 있다. 윤중감소율의 기준은 정적인 윤중감소의 경우 ΔP/P ≤ 0.6 이고, 동적인 윤중감소는 빈도누적확률로 100%일 때 0.6, 0.1%일 때 0.8 이하이다.<sup>(5)</sup>

## 3. 해석모델

### 3.1 해석프로그램

분기기 통과 시 동특성 해석을 위하여 본 연구에서는 철도차량 동특성 해석용 상용 소프트웨어인 VI-Rail 을 이용하였다. 해당 프로그램을 이용한 동특성 해석 기법은 분기기 관련 연구에 활용되고 있으며, 현장 계측 시험결과와 해석 결과의 비교 연구를 통하여 신뢰성이 검증된 바 있다.<sup>(1)</sup>

### 3.2 철도차량 모델링

VI-Rail 에서 모델 구성 방식은 Fig. 2 와 같이 3 단계를 거쳐서 이루어진다. Template 은 하나의 꾸러미 개념으로 대차(Bogie)와 차체(Car Body)를 모델링하기 위해서 필요한 작업을 할 수 있는 환경이 주어진다. 이 환경에서 Wheelset, Axlebox, Joint, Spring 등의 요소를 조합하여 모델링을 수행한다. 대차 시스템 현가장치 모델링은 Table 1 의 값을 사용하여 Template 을 구성한 것이다.

Subsystem 에서는 철도 전체의 구조를 완성하기 위한 단계로 대차의 각 힘 요소 및 조인트 등의 구성 요소를 모델링한 Template 을 이용하여 대차나 차체 등의 위치에 따라 완성된 Template 을 Subsystem 으로 적용시킨다.

Assembly 는 완성된 Subsystem 을 일관적으로 불러들여 전체 철도 차량을 조립하여 완성시키는 기능이다. Assembly 가 완성되면 이 모델을 사용하여 다양한 해석이 가능하다.

위에 설명한 VI-Rail 상에서의 모델방법을 통하여 새마을호 동력차의 철도차량 모델링을 수행하였다. 차량모델은 Fig. 3 와 같이 새마을호 동력차 1 량을 차체, 대차 순으로 모델링하여 해석을 수행하였다.<sup>(6)</sup>

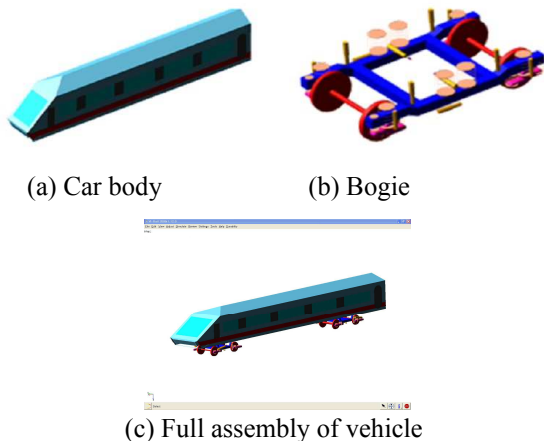
철도차량의 모델링 시 사용하였던 새마을호 동력차 주요 물성치는 Table 1 과 같다.<sup>(7)</sup>



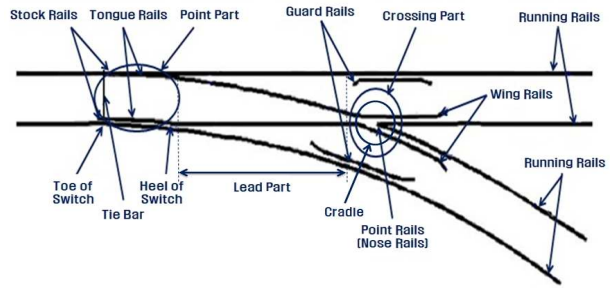
Fig. 2 Modeling method (VI-Rail)

**Table 1** Specification data of Saemaul-ho power car

Index	Parameters	Units	Value
Car body	Length	m	23.56
	Mass of empty car	ton	54.97
	Rolling moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	114.72
	Pitching moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	1551.0
	Yawing moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	1525.0
	Height of center of gravity above the rail	m	1.414
Bogie frame	Bogie frame mass	ton	3.5
	Rolling moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	1.58
	Pitching moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	1.6
	Yawing moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	3.01
	Height of center of gravity above the rail	m	0.52
Axle	Wheelset mass	ton	2.65
	Rolling moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	1.36
	Pitching moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	1.36
	Yawing moment of inertia	Mg · m <sup>2</sup>	0.003
	Wheel diameter	m	0.43
Dimension	Distance between truck centers	m	15.2
	Distance between axles	m	2.5
	Distance between first suspensions	m	0.5
	Distance between second suspensions	m	2.0
Primary suspension	Longitudinal stiffness	MN/m	0.379
	Lateral stiffness	MN/m	0.379
	Vertical stiffness	MN/m	0.758
Secondary suspension	Longitudinal stiffness	MN/m	0.24
	Lateral stiffness	MN/m	0.24
	Vertical stiffness	MN/m	0.94
Primary damping	Vertical damping	MNs/m	0.03
Secondary damping	Yaw damping	MNs/m	0.169
	Lateral damping	MNs/m	0.04
	Vertical damping	MNs/m	0.04
Friction coefficient			0.4



**Fig. 3** Analysis model (Saemaul-ho power car)



**Fig. 4** Schematic diagram of turnout

3.3 F10/F12 분기기 모델링

분기기는 크게 세 가지 부분 즉, 포인트부, 리드부, 크로싱부로 나뉘며 포인트부는 분기기 진입 구간으로 기본레일에서 분기레일로 갈아타는 시작 위치를 나타낸다. 포인트부는 기본레일과 텅레일로 구성되고 기본 레일은 UIC 60 단면으로 형상이 일정하며 텅레일은 UIC 60D 단면을 기준으로 절삭가공되어 길이방향으로 단면이 변화를 한다. 두 번째로 리드부는 분기된 이후 반대측 기본 레일과 교차하기 전까지 연결되어 있는 레일을 의미하며 이 위치에서는 UIC 60D 단면에서 UIC 60 단면으로 형상 변화가 발생한다. 마지막으로 크로싱부는 분기되어 나온 레일 부분과 반대측 직선 레일이 서로 교차하는 부위를 말하며 크래들, 포인트 레일, 가드 레일 등으로 구성된다. 크래들은 크로싱부에서 가장 구조물이 큰 레일로 하나의 큰 부품으로 구성되며, 포인트 레일은 크로싱 부위에서 차륜의 진행방향을 결정해주는 레일이다. 가드 레일은 분기 시 크로싱부에서 받는 횡력을 지지하는 역할을 한다. Fig. 4 은 분기기의 일반적인 형상을 보여준다.<sup>(1)</sup>

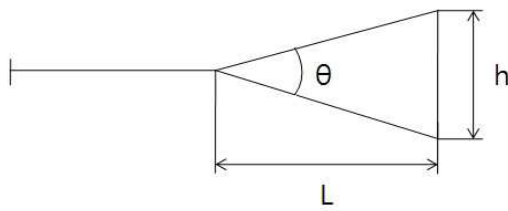
또한 분기기는 분기선의 기준선에 대한 각도가 작을수록 리드곡선반경을 크게 할 수 있고, 그만큼 분기선에 있어서의 원심력이 작게 되어 분기축의 주행 속도를 증가시킬 수 있다. 분기기의 변수는 기준선과 분기선이 만드는 각도를 나타내며 그 분기기에 사용되고 있는 크로싱의 변수를 이용하고 있다.

크로싱 변수(N)와 크로싱 각(θ)각과의 관계는 식 2 와 Fig. 5 에 의하여 계산할 수 있으며 크로싱 교점은 일반적으로 노즈레일 외측선의 연장선의 교점인 이론 교점을 말한다.

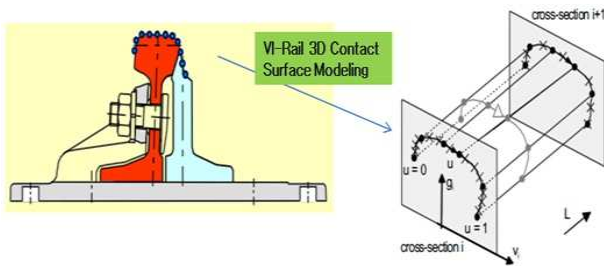
$$N = \frac{L}{h} = \frac{1}{2} \times \cot \frac{\theta}{2} \tag{2}$$

**Table 2** Crossing angle on turnout number

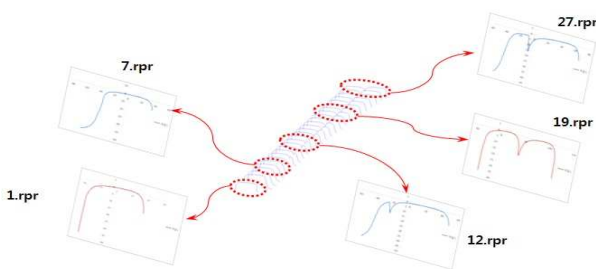
Turnout number (N)	Crossing angle (θ)	$\frac{1}{2} \times \cot \frac{\theta}{2}$	Turnout number (N)	Crossing angle (θ)	$\frac{1}{2} \times \cot \frac{\theta}{2}$
8	7°09'10"	7.9999	15	3°49'06"	14.9999
10	5°43'29"	10.0002	18	3°10'56"	18.0003
12	4°46'19"	11.9999	20	2°51'51"	20.0002



**Fig. 5** Relation of crossing number and angle



**Fig. 6** Modeling method of turnout



**Fig. 7** Section profile of longitudinal

현재 국내에서 사용하고 있는 분기 변수별 크로싱각은 Table 2 와 같으며 본 연구에서 수행된 F10/F12 분기기를 음영으로 Table 내에서 구분하였다. F10 분기기의 크로싱각은 5°43'29" 이며, F12 분기기는 4°46'19" 이다.

VI-Rail 에서의 분기기 모델방법은 Fig. 6 과 같다.<sup>(6)</sup> 위치별 2D 단면 형상을 바탕으로 3D Contact Surface 을 생성하고 차륜과 레일이 접촉하는 두부의 단면 형상을 추출하여 길이 방향으로 단면 형상을 정의하였다. Fig. 7 과 같이 포인트부의 경우 단면 형상을 위치별로 총 27 개로 나누어 구성하였다. 크로싱부의 경우 단면 형상을 총 46 개로 나누었다.

**Table 3** Running speed depending on turnout number

Turnout number	Simple turnout		Double-curve turnout	
	Curve radius (m)	Running speed (km/h)	Curve radius (m)	Running speed (km/h)
F8	145	25	295	40
	165.1		329.796	
F10	245	35	490	50
	258.6			
F12	350	45	720	60
	373			
F15	565	55	1,140	70

**Table 4** Analysis conditions of point part

Parameters	Tonque rail length of point part		Remark (Graph)
	F10	F12	
Original	6.014m	7.144m	ORG
Case 1	5.514m	6.644m	Origin-0.5m (T_N500mm)
Case 2	6.514m	7.644m	Origin+0.5m (T_P500mm)

## 4. 주행안전성 해석

### 4.1 해석조건

#### 4.1.1 주행속도

분기기내의 리드곡선에는 선로구조상 캔트를 부여하는 것이 곤란하므로, 캔트 부족에 따른 원심력의 작용에 의하여 열차 통과시 차량의 움직임이 불안정하게 된다. 이것을 방지하기 위하여 분기기를 통과할 때 Table 3 과 같이 분기기 변수와 형상에 따라 운전 속도를 제한하고 있다. 본 연구에서 수행된 F10/F12 분기기의 주행속도 조건을 음영으로 표시하였다.<sup>(8)</sup>

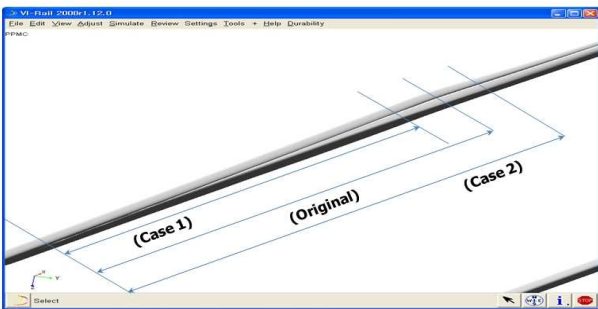
#### 4.1.2 단면 형상 변화

##### 4.1.2.1 포인트부

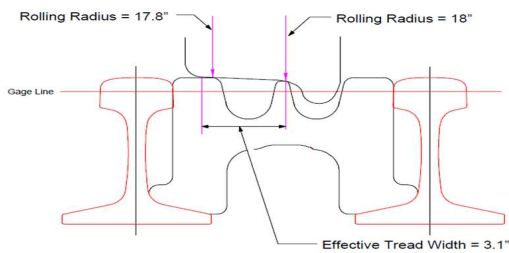
포인트부의 단면 형상 변화는 텡레일부 길이 변화를 통하여 Table 4 와 같이 기존 대비  $\pm 500\text{mm}$  로 길이를 변화시켜 해석을 수행하였고, Fig. 8 은 해석조건에 따라 텡레일부 길이를 변화한 모델을 보여주고 있다. 철도차량이 분기하는 시점에서의 텡레일 형상이 각각 다르기 때문에 길이별 단면 형상이 변화 시킬 때 주행안전성에 어떤 영향을 미치는지 살펴 볼 수 있다.

**Table 5** Analysis conditions of crossing part

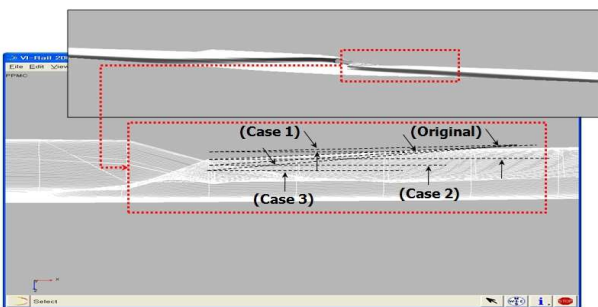
Parameters	Nose rail height of crossing part		Remark (Graph)
	F10	F12	
Original	1.72deg	1.47deg	(ORG)
Case 1	1.07deg	0.91deg	(C_105P)
Case 2	3.04deg	2.59deg	(C_9P)
Case 3	4.35deg	3.71deg	(C_8P)



**Fig. 8** Changing tonque rail length of point part



**Fig. 9** Contact configuration of nose rail and wheel



**Fig. 10** Changing nose rail height of crossing part

4.1.2.2 크로싱부

크로싱부는 노즈레일의 길이가 고정되어 있기 때문에 포인트부와 달리 길이별 형상을 변화시킬 수 없다. 차륜이 크로싱부의 노즈레일에 위치했을 때의 형상은 Fig. 9 와 같다. 크로싱부의 단면 형상 변화는 노즈레일의 접촉을 다르게 하기 위하여 높이 변화를 통하여 Table 5 와 같이 해석을 수행하였고, Fig. 9 는 해석조건에 따라 노즈레일의 높이

를 변화한 모델을 보여주고 있다.

4.2 해석결과

4.2.1 포인트부 단면 형상 변화

포인트부 단면 형상에 따른 주행안전성 해석결과를 F10 분기기의 경우 Fig. 11 에, F12 번 분기기의 경우 Fig. 12 에 나타내고 있으며, 해석결과를 Table 6 에 정리하였다. 새마을호 동력차의 전방대차를 기준으로 내외측 차륜의 윤중, 횡압, 탈선계수, 공격각, 수직변위를 나타냈다. 해석결과에 따른 최대값을 표시하였다.

해석조건에 따라 해석결과 그래프에 분기기번호\_해석조건\_dyn(동적해석) : 해당차륜위치 형식으로 표시를 하였다. 예로 들어 F10\_T\_P500mm\_dyn : FL 의 경우는 F10 분기기를 텅레일을 기준보다 0.5m 증가하여 해석을 수행하였고, 해석결과는 주행방향으로 전방 좌측의 차륜을 나타내고 있다.

F10 분기기의 포인트부 단면 형상에 따른 해석결과를 살펴보면 Case 1(기준-0.5m)인 경우 주행안전성 측면에서 기존 모델과 Case 2(기준+0.5m)보다 좋은 것으로 나타났다. 윤중, 탈선계수, 공격각, 수직변위 경우 다른 해석조건에 비해 작게 나타났으며, 횡압의 경우 세 가지 해석조건 모두 비슷한 결과를 나타냈다. 본 연구에서의 주행안전성 해석의 판단기준은 예로 들어 윤중의 경우 최소값이 Original 에서 98,160N, Case 1 에서 97,280N, Case 2 에서 116,400 으로 Case 1 이 가장 작으므로 주행안전성 측면에서 좋다고 판단된다.

F12 분기기의 포인트부 단면 형상에 다른 해석결과를 살펴보면 F10 분기기와 달리 Case 2(기준+0.5m) 경우 주행안전성 측면에서 기존 모델과 Case 1(기준-0.5m)보다 좋은 것으로 나타났다. 윤중, 횡압, 탈선계수, 공격각, 수직변위 모두 다른 해석조건에 비해 작게 나타났다.

이는 포인트부의 단면 형상이 주행안전성에 영향을 미치는 인자임을 확인할 수 있었고, 주행안전성을 향상시키기 위해서는 포인트부의 길이를 변화시킬 필요가 있음을 확인하였다.

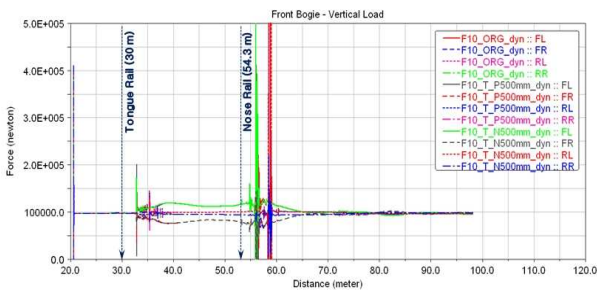
4.2.2 크로싱부 단면 형상 변화

크로싱부 단면 형상에 따른 주행안전성 해석결과를 Fig. 13, 14 에 나타내고 있으며, 해석결과를 Table 7 에 정리하였다. 새마을호 동력차의 전방대차를 기준으로 내외측 차륜의 윤중, 횡압, 탈선계수, 공격각, 수직변위를 나타냈다. 해석결과에 따른 최대값을 표시하였다.

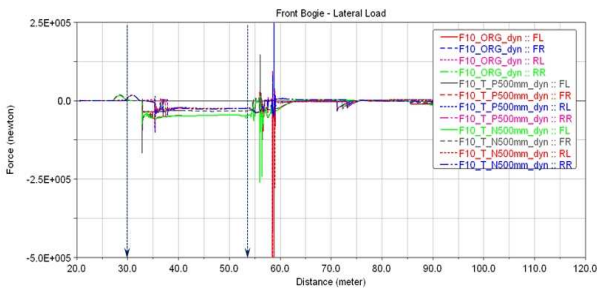


**Table 6** Analysis result for point part on F10/F12 turnout

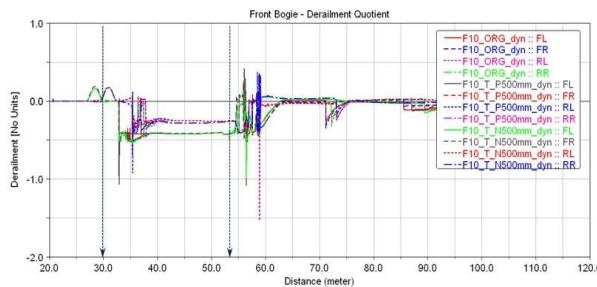
Parameters		Vertical force [N]		Lateral force [N]		Derailment coefficient		Attack angle [deg]		Vertical displacement [m]		
		F10	F12	F10	F12	F10	F12	F10	F12	F10	F12	
Front bogie	Original	Front Left	159,500	131,000	15,480	144.7	0.159	0.001	0.623	0.417	0.458	0.458
		Front Right	98,160	105,700	17,690	2,716	0.183	0.031	0.092	0.001	0.457	0.457
		Rear Left	144,800	126,500	16,990	1,664	0.176	0.017	0.571	0.373	0.458	0.457
		Rear Right	103,000	103,000	16,450	407.2	0.169	0.004	0.087	0.008	0.457	0.457
	Case 1	Front Left	173,000	175,100	15,480	53,860	0.159	0.346	0.620	0.424	0.458	0.458
		Front Right	97,280	159,400	17,690	3,544	0.183	0.038	0.092	0.001	0.457	0.457
		Rear Left	145,000	224,700	17,000	67,530	0.176	0.315	0.576	0.380	0.458	0.457
		Rear Right	100,800	156,500	16,440	239.4	0.169	0.003	0.087	0.003	0.457	0.457
	Case 2	Front Left	185,600	136,500	15,480	-64.54	0.159	-0.001	0.624	0.413	0.459	0.458
		Front Right	116,400	107,300	17,690	4,111	0.183	0.047	0.092	0.001	0.457	0.457
		Rear Left	140,300	121,900	16,980	1,244	0.176	0.013	0.567	0.367	0.458	0.457
		Rear Right	118,500	106,600	16,450	721.6	0.169	0.008	0.087	0.021	0.457	0.457



(a) Vertical force



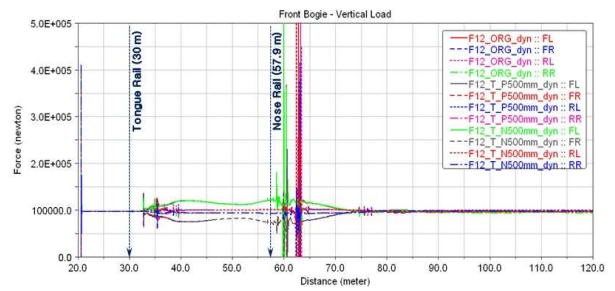
(b) Lateral force



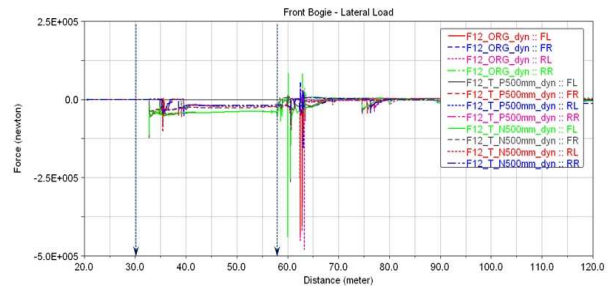
(c) Derailment coefficient

**Fig. 11** Analysis result for point part on F10 turnout

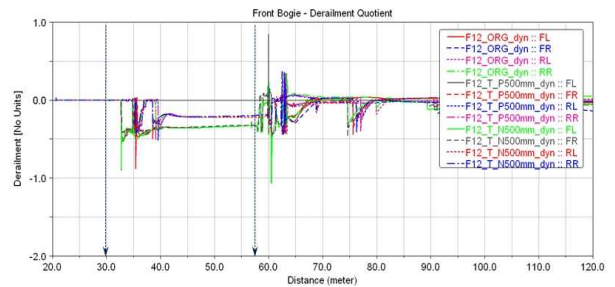
위에서 설명된 그래프 표현방식을 따라 분기기 변수\_해석조건\_dyn(동적해석) : 해당차륜위치 형식으로 표시를 하였다. 예로 들어 F10\_C\_8P\_dyn :



(a) Vertical force



(b) Lateral force



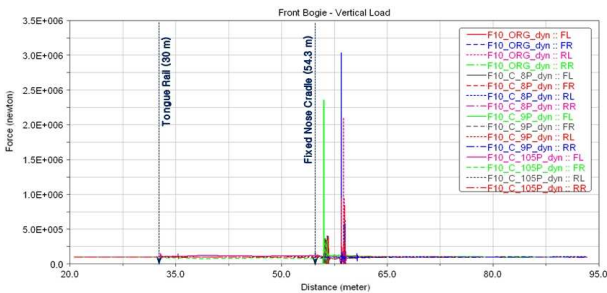
(c) Derailment coefficient

**Fig. 12** Analysis result for point part on F12 turnout

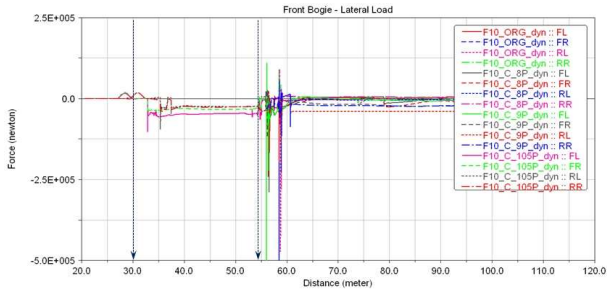
FL의 경우는 F10 분기기를 해석조건 Case 3에 따라 해석을 수행하였고, 해석결과는 주행방향으로 전방 좌측의 차륜을 나타내고 있다.

Table 7 Analysis result for crossing part on F10/F12 turnout

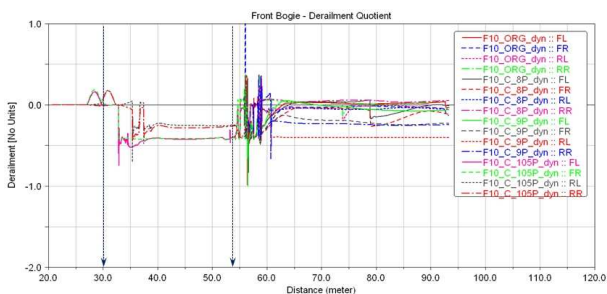
Parameters		Vertical force [N]		Lateral force [N]		Derailment coefficient		Attack angle [deg]		Vertical displacement [m]		
		F10	F12	F10	F12	F10	F12	F10	F12	F10	F12	
Front bogie	Original	Front Left	460,800	1,396,000	32,290	80,200	0.365	0.228	0.623	0.417	0.458	0.458
		Front Right	140,800	230,200	25,190	13,720	0.355	0.383	0.092	0.084	0.457	0.457
		Rear Left	2,101,000	2,232,000	16,990	4,716	0.176	0.044	0.571	0.373	0.464	0.468
		Rear Right	237,000	234,200	87,340	82,870	0.369	0.363	0.470	0.442	0.457	0.457
	Case 1	Front Left	159,500	131,000	15,480	144.7	0.159	0.001	0.623	0.417	0.458	0.458
		Front Right	98,160	105,700	17,690	2,716	0.183	0.031	0.092	0.001	0.457	0.457
		Rear Left	144,800	126,500	16,990	1664	0.176	0.017	0.571	0.373	0.458	0.457
		Rear Right	103,000	103,000	16,450	407.2	0.169	0.004	0.087	0.008	0.457	0.457
	Case 2	Front Left	2,358,000	575,500	109,600	76,100	0.370	0.132	0.623	0.417	0.458	0.458
		Front Right	384,500	220,800	27,040	24,900	0.339	0.363	0.092	0.165	0.458	0.457
		Rear Left	936,800	3,595,000	16,990	4,456	0.176	0.046	0.571	0.373	0.465	0.469
		Rear Right	160,000	151,600	55,190	54,680	0.367	0.361	0.870	0.371	0.458	0.457
Case 3	Front Left	1,707,000	2,125,000	15,480	36,770	0.326	0.325	0.623	0.417	0.468	0.458	
	Front Right	377,500	149,200	21,680	13,820	0.356	0.317	0.092	0.193	0.462	0.457	
	Rear Left	3,031,000	1,399,000	16,990	83,200	0.176	0.202	0.571	0.373	0.470	0.463	
	Rear Right	244,600	165,200	89,500	19,130	0.373	0.256	0.540	0.269	0.457	0.457	



(a) Vertical force

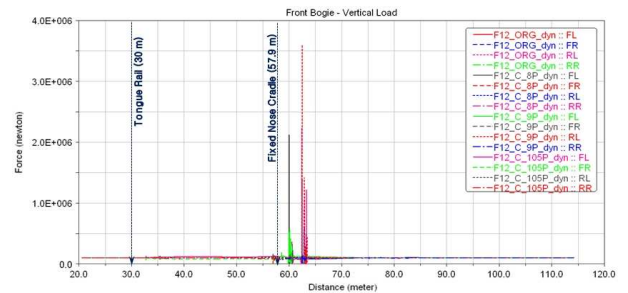


(b) Lateral force

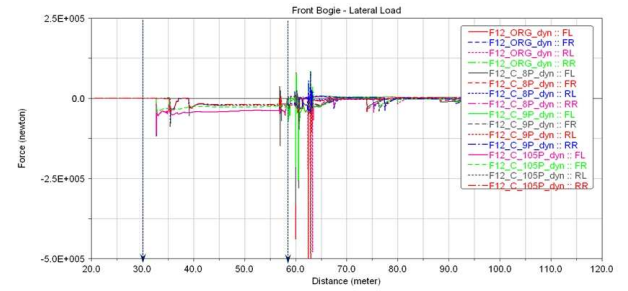


(c) Derailment coefficient

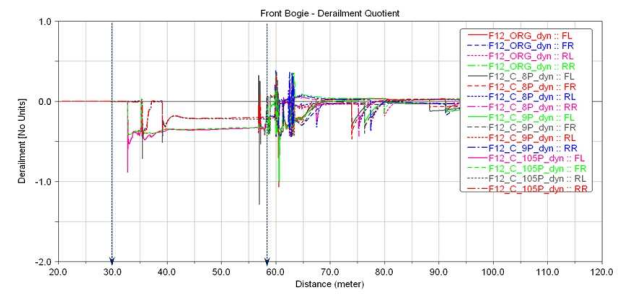
Fig. 13 Analysis result for crossing part on F10 turnout



(a) Vertical force



(b) Lateral force



(c) Derailment coefficient

Fig. 14 Analysis result for crossing part on F12 turnout

F10/F12 분기기의 크로싱부의 단면 형상에 따른 주행안전성 해석결과를 살펴 보면, F10/F12 분기기 모두 Case 1 이 주행안전성 측면에서 기존모델과 Case 2, 3 보다 좋은 것으로 나타났다. 윤중, 횡압, 탈선계수, 공격각, 수직변위 모두 다른 해석조건에 비해 작게 나타났다.

이는 크로싱부에서는 노즈레일의 높이가 낮을수록 주행안전성이 향상됨을 알 수 있었다

## 5. 결 론

본 연구에서는 분기기 단면 형상 변화가 차량 주행안전성에 미치는 영향을 살펴보기 위해 포인트부, 크로싱부의 단면 형상 변화에 따른 주행안전성 해석을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 포인트부 단면 형상 변화에 따른 주행안전성 해석 결과, 기존보다 포인트부의 길이를 F10 분기기 경우 500mm 줄이는 것이, F12 분기기 경우 500mm 늘리는 것이 주행안전성을 향상시키는 것으로 나타났다.

(2) 크로싱부의 단면 형상 변화에 따른 주행안전성 해석 결과, 노즈레일의 높이가 낮을수록 주행안전성이 향상됨을 알 수 있었다.

(3) 본 연구 진행과정에서 포인트부의 경우 분기기 변수에 따른 단면 변화와 크로싱부의 경우 노즈레일 대신에 가드레일 단면 형상 연구에 대한 필요성이 대두되었다

(4) 향후 분기기 동특성 개선을 위하여 현장 계측 시험과 강도 및 기타 분기기 선형 등 제약 조건을 고려하여 각 단면 변화에 대한 개선 방안을 수립하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- (1) Yoo, W. H., 2008~2009, "Development of Test and Evaluation Techniques for Derailment and the Improvement of Safety Performances," *Korea Railroad Research Institute*, 4~5 years Report.
- (2) Chung, W. J., Shin, J. R., Yang, S. C. and Kim, N. P., 2000, "Study on the Dynamic Characteristics of Rolling Stocks Passing on the High Speed Turnout System," *Symposium Spring of the Korean Society for Railway*, pp. 226~233.
- (3) Han, H. S., Kim, M. C., Hur, H. M. and Hur, Y. C., 2006, "Analysis of Wheel/Rail Contact Characteristics on a Turnout," *Symposium Autumn of the Korean Society for Railway*, pp. 14~19.
- (4) Kim, S. J. and Lee, H. S., 2009, "A Study on the Running Safety by F26 Turnout and Vehicle Model," *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 12, No. 6, pp. 859~864.
- (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) VI grade, 2008, "ADAMS/Rail 2005 R2. 11.0 Documentation".
- (7) Eom, B. G. and Lee, H. S., 2010, "Assessment of Running Safety of Railway Vehicles using Multibody Dynamics," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, Vol. 11, No. 2, pp. 315~320.
- (8) Korea Railroad, 2007, "Train Operation Enforcement Decree".