

## 철도차량 교행시 측풍의 영향에 의한 탈선 예측방법

### A Prediction Method of Derailment Behaviors by the Effect of Cross-wind When Cross Running Railway Vehicle

김명수\*, 구정서\*<sup>†</sup>

Myung-su Kim\*, Jeong-seo Koo\*<sup>†</sup>

**Abstract** The railway vehicle Sometimes takes cross-running. In this case, the cross-running wind has an effect on the moving railway vehicle. The effects of Cross-running wind are divided into two types. The first one is a reaction force, and the second is an attraction force. When two trains are affected by the cross-running wind, if the cross wind effect is added, the derailment possibility of the railway vehicle is increased. This paper analyzed the derailment limit wind speed and the derailment behaviors of the railway vehicle, when both the cross-running wind and the crosswind have an increased affect together.

**Keywords** : Cross wind, Cross-running wind, Wheel unloading, Single wheelset, Derailment limit wind speed

**초 록** 철도차량은 단독으로 주행하기도 하지만 서로 교행을 하는 구간이 생긴다. 발생하는 교행풍은 교행하는 두 열차에 모두 영향을 준다. 통상 교행풍은 두 가지 형태로 영향을 주는데 첫 번째 경우는 반력으로 작용하고, 두 번째 경우는 인력으로 작용한다. 이렇게 두 열차가 교행풍에 영향을 받을 때, 측풍의 영향이 더해진다면 철도차량의 탈선가능성이 커지게 된다. 본 논문에서는 두 열차가 교행시에 발생하는 교행풍과 측풍이 같이 영향을 줄 때의 철도차량의 탈선거동 및 탈선헤계풍속에 대하여 분석하고 교행풍의 탈선영향을 조사하였다

**주요어** : 측풍, 교행풍, 운중감소, 단일윤축, 탈선헤계풍속

## 1. 서 론

철도는 대량의 물자와 인명을 운송할 수 있는 대표적인 대량운송수단입니다. 이는 한번에 대량운반을 할 수 있는 장점이 있지만, 작은 사고라도 한번 사고가 나면 대형사고로 이어진다는 위험이 따릅니다. 그렇기에 철도사고와 직접적으로 관련 있는 탈선에 대한 연구가 활발하게 이루어진 것이 사실이다. 하지만 과거의 연구들 중에 측풍에 관한 연구는 활발하지 않았다. 게다가 철도차량은 점점 고속화되어 철도차량끼리 교행시 발생하는 교행풍의 영향 또한 이제는 무시할 수 없게 되었다. 이에 본 논문에서는 고속철도차량이 교행시 측풍의 영향까지 더해졌을 때 탈선을 예측하는 방법에 대해 연구하였다.

<sup>†</sup> 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도차량시스템공학과  
(koojs@seoultech.ac.kr)

\* 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도차량시스템공학과

## 2. 측풍과 교행풍에 의한 운동변화 이론모델

### 2.1 자유물체도를 이용한 이론식 제안

철도차량이 교행시 발생하는 교행풍은 두가지 방향이 있다. 첫번째 방향은 전두부에서 발생하는 반력방향이고, 두번째 방향은 후미부에서 발생하는 인력방향이다. 본 논문에서는 후미부에서 발생하는 인력방향을 고려하여 직선 궤도를 달리는 철도차량이 교행풍과 측풍의 영향을 동시에 받을 때의 자유물체도를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

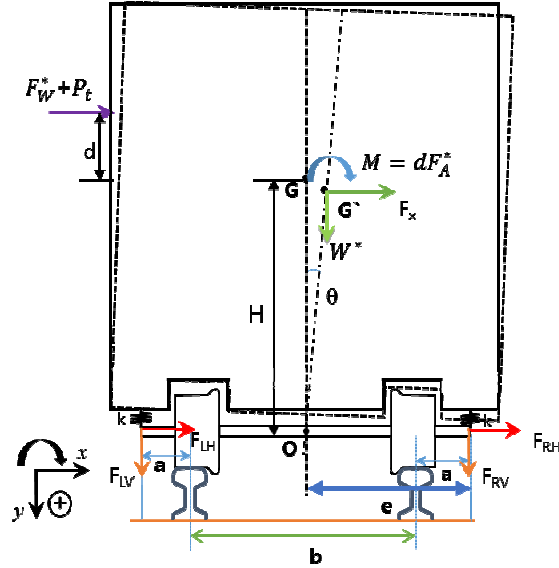


Fig. 1 Free body diagram of the railway vehicle affected by cross wind and cross-running wind (on straight track)

위 자유물체도를 사용하여  $F_{RV}$ ,  $F_{LV}$ 에 관하여 정리하면 다음과 같다.

$$F_{RV} = -\left( \frac{W^*}{2} + \frac{ek_V(H+d)F_A^*}{(-HW^* + 2e^2k_V)} \right) \quad (1)$$

$$F_{LV} = -\left( \frac{W^*}{2} - \frac{ek_V(H+d)F_A^*}{(-HW^* + 2e^2k_V)} \right) \quad (2)$$

여기서,

$$F_A^* = \frac{F_W^* + P_t}{4} \quad (3)$$

이며, 윤축의 자중을 고려하여  $W_R, W_L$ 을 구하면 다음과 같다.

$$W_R = F_{RV} + \text{윤축무게}/2 \quad (4)$$

$$W_L = F_{LV} + \text{윤축무게}/2 \quad (5)$$

## 3. 측풍과 교행풍에 의한 탈선한계풍속 및 탈선거동

위 이론모델을 최근에 연구된 탈선계수 이론식[1]에 대입하여 탈선한계풍속 및 탈선거동을

구할 수 있다. 이때 사용된 철도차량은 KTX산천[2]이며, 선행 연구[3]에서 측정된 직선궤도에 서의 기본적인 Q/P값은 0.315를 사용하였고, 열차의 주행속도는 300km/h 이며, 궤도는 고속선 조건을 사용하였다.

**Table 1** Derailment limit wind speed and derailment behaviors

Flange angle	$\mu$	Q/P=0.315	Q/P=0	Relative errors(%)
		Wind-speed	Wind-speed	
60°	0.1	60.4 m/s	65.3 m/s	8.2
	0.2	59.4 m/s	65.3 m/s	10.1
	0.3	58.2 m/s	65.3 m/s	12.3
	0.4	57.2 m/s	65.3 m/s	14.3
65°	0.1	60.4 m/s	65.3 m/s	8.2
	0.2	59.4 m/s	65.3 m/s	10.1
	0.3	58.2 m/s	65.3 m/s	12.3
	0.4	57.2 m/s	65.3 m/s	14.3
70°	0.1	60.4 m/s	65.3 m/s	8.2
	0.2	59.4 m/s	65.3 m/s	10.1
	0.3	58.2 m/s	65.3 m/s	12.3
	0.4	57.2 m/s	65.3 m/s	14.3

**Fig. 2** Derailment limit wind speed of each train speed

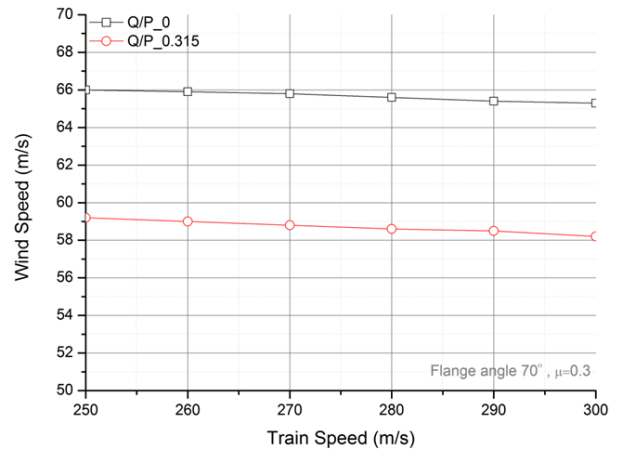


Table 1 에서 탈선거동은 모두 Roll-over-C탈선이 일어났지만 Q/P를 고려하였을 때가 고려하지 않았을 때보다 탈선한계풍속이 최소8.2%~최대14.3%까지 차이가 나는 것을 볼 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서 측풍 및 교행풍이 주행중인 철도차량에 어떠한 영향을 주는지에 대한 이론 모델을 제안하고 이를 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 주행중인 두 대의 철도차량이 교행할 때 발생하는 교행풍과 측풍의 영향을 받을 때, 차량의 주행속도가 빠를수록 탈선한계풍속이 낮아지는 것을 알 수 있었다. 이는 본 논문에서 고려한 교행풍이 후미부에서 일어나는 인력이었기 때문이다.

2) 주행중인 철도차량의 차륜-레일 사이의 기본적인 Q/P를 고려하였을 때가 Q/P를 고려하지 않았을 때보다 8.2~14.3% 정도 탈선한계풍속이 낮게 나왔다.

### 후 기

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No.2012R1A1A2007030).

## 참고문헌

- [1] Koo J. S., Choi S. Y., 2012, "Theoretical development of a simplified wheelset model to evaluate collision -induced derailments of rolling stock", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 331, No. 13, pp. 3172 -3198.
- [2] Nam S. W., 2012, "Theoretical Analysis on Overturn Safety of Train affected by Wind Pressure.", *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol.15, No. 15, pp. 537~542.
- [3] Ham Y.S., 2010, "The Evaluation of Running Safety in the Double Connection Operation for KTX-Sanchen Train.", *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A (or) B*, pp. 155-156.