

직선구간에서 측풍 시 철도차량 동특성 연구 Dynamic Characteristics of Railway Vehicle under Crosswind

*#유원희¹, 신유정², 권혁빈¹, 함영삼¹

* #W. H. You¹(whyou@krri.re.kr), Y. J. Shin², H. B. Kwon¹, Y. S. Ham²

¹한국철도기술연구원, ²과학기술연합대학원대학교

Key words : Railway vehicle, Lateral motion, Open field, Straight line, Crosswind

1. 서론

지구의 온난화와 그로 인한 세계적인 기상이변 및 교량의 고가화 등에 의해 철도차량이 강풍에 노출되는 따라 빈도가 커지고, 고속철도의 개통, 기존철도의 고속화 및 철도차량의 경량화로 인하여 강풍 시 열차의 전복 및 탈선위험이 증가하고 있다. 강풍에 의한 차량전복은 주로 교량이나 높은 성토구간에서 고속주행 시 발생할 위험이 크기 때문에 대형 인명, 재산 피해로 연결될 가능성이 높다. 따라서 해마다 빈번히 발생하는 태풍과 해안선, 고가교량의 자연풍 등 강풍에 대한 운행안전을 확보하여 국가 기간 교통망으로서의 철도교통에 대한 국민들의 높은 기대치를 충족시켜야 할 필요가 있다.

강풍이 공기역학적으로 철도차량에 주는 효과 및 공기역학적 하중에 대한 연구는 주로 유럽 및 일본에서 수행되어 왔으며^{(1),(2),(3)}, 우리나라에서도 최근 연구가 진행되고 있다.⁽⁴⁾ 이에 더하여 최근에는 측풍 시 철도차량의 동력학적 특성에 대해 검토하고 전복의 위험성을 살펴보고자 연구가 수행되고 있다.⁽⁵⁾

본 연구에서는 1/20 축소 철도차량 모델을 이용한 풍동실험에서 얻어진 횡하중, 요모멘트 및 롤모멘트에 대한 공력계수 데이터를 사용하여 측풍 시에 발생하는 철도차량의 동력학적 특성을 살펴보고자 하였다.

2. 본론

2.1 공력계수의 측정⁽⁴⁾

공력계수의 측정은 AREX 열차의 1/20 축소 모델을 이용하여 측정하였다. 열차의 형상은 연결부, 하부 장착물, 대차부를 포함하고 있으며, 측풍 시 공기역학적 하중에 크게 영향을 주지 않는 세부

형상은 단순화하여 제작하였다. 또한, 평면의 개활지를 모사하기 위하여 자갈면과 레일로 이루어진 모델을 제작하여 회전판 위에 설치하였다. Fig. 2에 평지 선로 모델 위에 장착된 AREX 열차 모델의 사진이 나타나 있다.

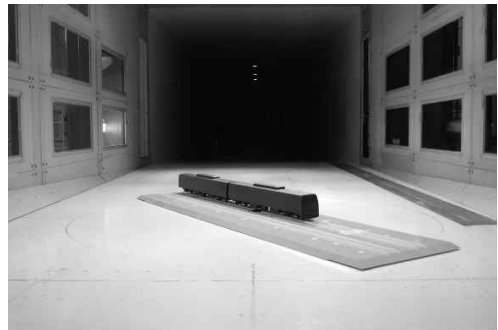


Fig. 2 AREX train model on flat ground track

이와 같은 AREX 열차 모델에 대하여 평지 및 성토 조건에서 풍동시험을 실시하였으며, 차량의 종류에 따라 요각을 360° 혹은 180° 회전시켜 가면서 측정을 수행하였다. 풍속 50m/s의 바람에 대하여 차량의 진행방향을 제외한 5자유도의 힘 및 모멘트를 측정하여 공력계수를 계산하였다. Fig. 2는 풍동시험을 통해 얻어진 공력계수를 보여주고 있다. 여기에서는 철도차량의 횡방향 동특성을 파악하기 위하여 5개의 힘 및 모멘트 계수 중 횡방향, 롤방향 및 요방향의 계수만을 표현하였다. 대체로 요방향의 공력계수가 다른 방향의 공력계수에 비해 월등히 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

한편, 바람의 시간영역의 데이터는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 평균유속 30m/s를 갖고 평균유속의

50%의 변동성을 갖는 것으로 가정하였다.

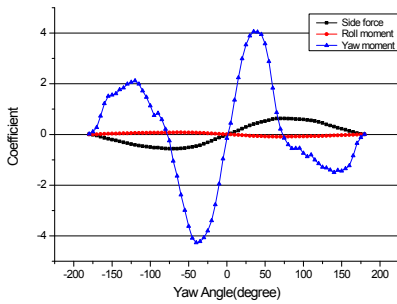


Fig. 2 Force/Moment Coefficient

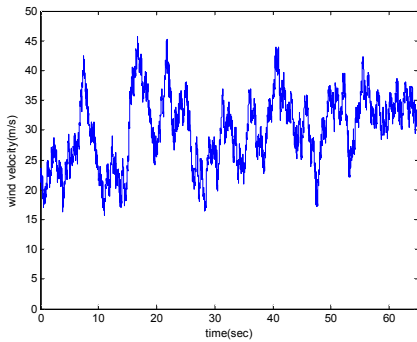


Fig. 3 Time Data of Crosswind Speed

2.2 측풍 시 철도차량 횡방향 동특성 해석

임의의 요각에 대해 이들 공력계수 및 바람의 속도로 인하여 차량의 직각이 되는 방향으로 작용하는 힘 및 모멘트를 고려하여 17자유도의 철도차량 운동방정식의 해석을 수행하였다. 이 때 적용한 철도차량의 현가특성 및 동력학적 제원 등은 지하철 전동차의 일반적인 값들을 사용하였다. Fig. 4에 평균유속 30m/s의 측풍에 대한 철도차량의 횡변위를 보여주고 있다. 이 때 풍향과 풍속 및 철도차량의 주행속도, 방향에 의해 발생하는 요각은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 요공력계수가 가장 큰 40도로 가정하였다. 이 그림에서 보는 바와 같이 차체는 약 20mm의 횡변위를 보이고 있으며, 대차의 경우 두 대의 대차가 서로 반대방향으로 이동함을 알 수 있다. 이를 통해 측풍 시의 철도차량의 동력학적 특성을 고려하여 측풍 시 열차운전규제기준을 보완할 수 있을 것이다.

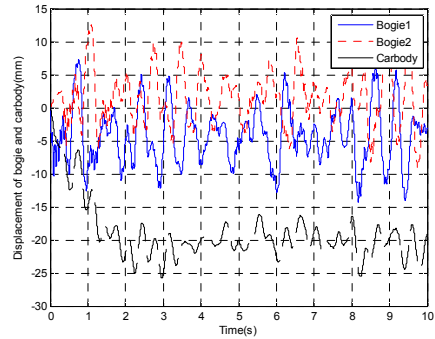


Fig. 4 Displacement of vehicle under crosswind

4. 결론

측풍 시 철도차량의 횡방향 동력학적 특성을 실측 공력계수 데이터를 이용하여 해석해 보았다. 본 연구를 통해 파악된 현상으로부터 측풍이 철도차량의 동적 특성에 미치는 영향이 매우 큼을 알 수 있다.

참고문헌

- Gautier P. E., Tielkes T., Sourget F., Allain E., Grab M., and Heine C., "Strong Wind Risks in Railways: the DEUFRACO Crosswind Program," WCCR-2003, pp.463-475, 2003.
- Kobayashi N. and Shimamura M., "Study of a Strong Wind Warning System," JR EAST Technical Review, No. 2, pp. 61~65. 2003.
- Baker C. J., Jones J., Lopez-Calleja F., Munday J. "Measurements of the Cross Wind Forces on Trains," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 92, pp. 547~563, 2004
- H. B. Kwon, W. H. You and T. H. Cho., "Measurement of Aerodynamic Loads on Railway Vehicles under Crosswind", Transactions of the KSME B, pp.91~98, 2011
- Baker C., Cheli F. and Paradot, N., etc., "Cross-wind Effects on Road and Rail Vehicle", Vehicle System Dynamics, Vol.47, No.8, pp.983~1022, 2009.