

고속열차 열차풍 및 압력변동 분석

Analysis of slipstream and pressure variation by high-speed train

윤수환*†, 곽민호**

Su-Hwan Yun*†, Mi-Ho Kwak**

초 록 고속열차 열차풍과 압력변동은 승강장 승객이나 선로주변 시설물에 많은 영향을 미친다. 고속열차에 의해 발생하는 열차풍과 압력변동을 분석하기 위하여, 무정차 통과하는 승강장에서 열차풍과 압력변동을 측정하였다. 고속열차 통과 시, 압력변동은 선두차 통과 시 가장 크게 나타나고, 열차풍은 후미차 통과 시 가장 크게 나타난다. 그리고 승강장 바닥에 가까울수록 압력변동과 열차풍의 크기가 크게 나타난다. 연구결과는 승객안전과 승강장 시설물 설계 시 중요한 자료로 활용될 수 있다.

주요어 : 고속열차, 열차풍, 풍압, 현장계측, 전산해석

1. 서론

고속열차가 통과하면 선로 주변의 승객은 급격한 압력변동과 열차풍을 느낄 수 있다. 이러한 압력변동과 열차풍은 승객 안전과 시설물 구조적 적합성에 막대한 영향을 미친다. 이로 인해, 유럽에서는 새로운 차량을 개발하거나 시설물을 구축할 때, 열차풍과 압력변동의 기준에 따른 검토를 수행한다.

본 연구에서는 국내 고속열차의 열차풍과 압력변동 특성을 현장계측시험을 이용하여 분석하였다.

2. 본론

2.1 현장계측시험

고속열차 통과 시 나타나는 열차풍과 압력변동을 계측하였다. Fig.1은 계측시스템과 계측위치를 나타낸다. 열차풍과 압력변동을 동시에 계측하기 위하여 각각 4개의 3차원 초음파 유속계와 압력계를 사용하였다.

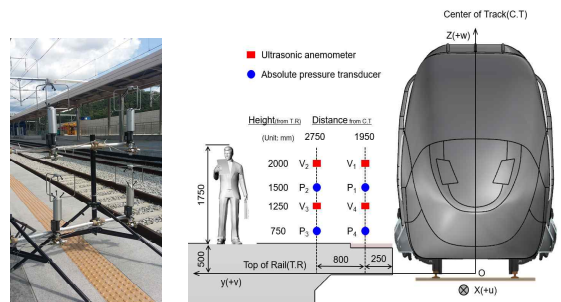
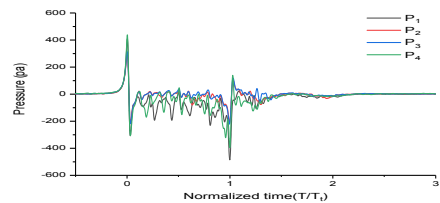
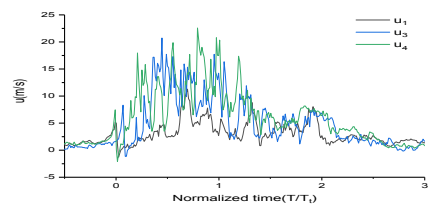


Fig. 1 Field measurement system and points



(a) pressure



(b) u-velocity

Fig. 2 Results of field measurement

† 교신저자: 한국철도기술연구원 차세대철도차량본부(shyun@krri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 차세대철도차량본부

** 한국철도기술연구원 미래혁신전략실

Fig.2는 도 약 246km/h로 승강장을 통과 할 때 측정된 열차풍과 압력변동 변화를 나타낸다. 그래프의 x축은 열차가 계측지점을 통과하는 총시간(T_t)에 대한 무차원 시간(T/T_t)으로 나타냈다. 압력변화를 나타내는 Fig.2(a)를 살펴보면, 선두차와 후미차가 통과하면서 급격한 압력변동이 발생하고, 객차가 통과 하는 동안에는 일정 범위의 압력교란만 발생한다. 그리고 열차가 통과한 직후, 압력변동은 급격히 안정화된다. Fig.2(b)는 열차가 통과하는 동안 u방향(열차진행 방향)의 유속변화를 나타낸다. 열차 진입 순간, 최고 약 7m/s 유속이 발생하고, 통과하는 동안 큰 변동과 함께 지속적으로 증가한다. 그리고 열차통과 종료시점 근방에서 약 22m/s의 최고유속이 나타난 후, 서서히 줄어든다. 열차풍은 압력과 달리 열차가 통과한 후에서 상당한 시간 동안 영향을 미치는 것으로 나타난다.

각 위치별 압력 첨두값을 Table 1에 정리하였다. 선두차에 의해 나타나는 최고압력은 437pa로 P₄에서 나타나고, 최저값은 -307pa로 P₁에서 나타난다. 후미차에 의해 나타나는 압력상승 최고값은 138pa로 P₄에서 나타나고, 최저값은 -484pa로 P₁에서 나타난다. 그리고 선두차에 의한 최고/최저압력차는 P₄에서 743pa로 가장 높고, P₂에서 497pa로 가장 낮게 나타난다. 그리고 후미차에 의해서는 P₄에서 530pa로 가장 높게 나타나고, P₂에서 314pa로 가장 낮게 나타난다. 따라서, 압력변동은 선두차량 통과 시 가장 크게 나타나며, 위치별로는 열차 근접할수록 그리고 지면에 가까울수록 크게 나타난다.

Table 1 Pressure peak values at each measurement point

	Head power-car			Tail power-car		
	P _{max}	P _{min}	△P	P _{max}	P _{min}	△P
P ₁	406	-307	713	-44	-484	440
P ₂	291	-206	497	105	-209	314
P ₃	315	-217	532	119	-221	340
P ₄	437	-306	743	138	-392	530

Table 2 Mean velocity and turbulence strength of u-direction flow at each point

	\bar{u}	u_{ts}
V ₁	4.3	2.61
V ₃	10.3	5.36
V ₄	11.8	5.42

각 위치별 열차풍 평균값과 난류강도를 Table 2에 정리하였다. 평균 열차풍과 난류강도는 V₄에서 가장 크게 나타난다. 특히, 열차풍은 열차에 근접한 위치 보다 지면에 근접할수록 더 크게 나타나는데, 이는 차량하부의 복잡한 대차 구성품에 의해 열차풍이 유도되어 나타나는 현상으로 사료된다.

3. 결론

승강장 무정차 고속열차를 대상으로 열차풍과 압력변동을 계측하였다. 각 위치에 따른 특성을 분석한 결과, 압력변동은 선두차 통과 시 그리고 열차풍은 후미차 통과 직후에 가장 크게 나타나며, 위치에 따라서는 열차에 근접할수록 그리고 지면에 가까울수록 크게 나타난다.

참고문헌

- [1] Rail Accident Report(2017) Occupied wheelchair contacting a passing train at Twyford station 7 April 2016, Rail Accident Investigation Branch.
- [2] EN 14067-2 (2003) Railway Applications – Aerodynamics – Part2: Aerodynamics on Open Track.
- [3] D. Rocchi, G. Tomasini, P. Schito, C. Somaschini (2018) Wind effects induced by high speed train pass-by in open air, *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, 173, pp.279-288.
- [4] S.W. Nam, H.B. Kwon, Y.S. Nam (2008) Experimental Study to Measure the Characteristics of KTX Train Wind pressure by using Field Test, *Journal of the Korean Society for Railway*, 11(6), pp.575-580.