

열차풍을 고려한 승강장 폭 산정에 대한 검토

Review of train slipstream effects on platform widths

김진호*
Kim, Jin-Ho

차효정**
Cha, Hyo-Jung

김민희***
Kim, Min-Hee

ABSTRACT

This study reviews the work that has been carried out to date on the effects of train slipstreams, which begins as the head of the train passes and continues until after the tail of the train passed, on people and their belongings on station platforms. Recorded incidents in UK involving station users and their property on station platforms caused by train slipstreams are reviewed. Methods used by other railway administrations to manage the risk from slipstream effects on station platforms are described. Recommendations to improve the platform design of the risk are made. The extent to which design guides for assessing the risk can be developed is considered.

1. 서론

열차 속도가 증대함에 따른 열차풍의 증가는 승강장 이용객의 불편감으로 확산되고 있으며, 또한 열차가 시속 160km 이상의 고속으로 통과하는 승강장에서 안전사고의 발생이 해외에서 보고되고 있다. 그러나 국내에서는 아직까지 승강장의 설계 시 열차풍의 효과를 고려한 설계방법에 대한 연구가 진행되지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 열차의 통과 시 발생하는 열차풍으로 인해 승강장의 대기승객 및 부속물에 대한 영향과 열차풍으로 인해 발생한 영국의 사고 사례를 검토하였다. 열차풍에 대한 효과와 이를 승강장 설계에 반영한 방법을 검토하여 국내의 승강장의 설계와 비교하고 위험도를 줄일 수 있는 설계방법을 제안하였다.

2. 열차풍의 개요

2.1 발생요인

열차풍의 발생요인은 크게 열차의 속도, 열차로부터 승객이나 부속물까지의 거리, 주변 풍속과 풍향, 열차 차량의 모양 등으로 구분 할 수 있다. 특히 열차의 종류에 따라, 여객열차의 속도가 255km/h, 화물열차의 속도가 200km/h까지 증가할 경우 승강장의 승객 안전에 심각한 영향을 미치게 된다.

* 한국철도기술연구원, 레도구조연구팀, 정희원

E-mail : ziminpa@krri.re.kr

TEL : (031)460-5774 FAX : (031)460-5814

** 한국철도시설공단

*** 한국철도기술연구원

2.2 열차풍이 승강장에 미치는 영향

우리나라에서는 기류 속도에 따라 발생하는 영향에 대한 기준이 마련되어 있지 않으나 미국의 경우에는 표 1.과 같이 미국 기상청에서 발표한 뷰포트 스케일(Beaufort Scale)을 기준으로 승강장의 기류 속도에 따른 영향을 기술하고 있다.

표 1. Beaufort Scale

풍력 급수	명 칭	기류(m/s)	영 향
0	Calm	0.46이하	고요함, 연기가 수직으로 상승
1	Light air	0.47~1.52	연기로 기류 방향을 알 수 있으나 풍향계는 움직이지 않음
2	Slight Breeze	1.53~3.30	안면에 바람을 느낄 수 있고 낙엽이 일어나고 풍향기가 움직임
3	Gentle Breeze	3.31~5.33	낙엽과 작은 가지가 계속 날리고 가벼운 깃발이 펴림(정상 시 권장 최고 풍속 5m/s)
4	Moderate Breeze	5.34~8.13	먼지와 종잇조각이 움직이고 나뭇가지가 흔들림
5	Fresh Breeze	8.14~11.18	낙엽수가 흔들리기 시작하고 호수에 파장이 일어남(비상시 권장 최고 풍속 12.7m/s)
6	Strong Breeze	11.19 ~ 13.72	큰 나뭇가지와 전선이 흔들리고 우산사용이 어려움
7	Modern Breeze	13.73~17.27	나무 전체가 흔들리고 바람을 향해 걸기가 어려움
8	Fresh Gale	17.28 ~ 20.83	나뭇가지가 부러지고 보행이 어려움
9	Strong Gale	20.84 ~ 24.38	가벼운 구조물 피해, 굴뚝과 슬레이트가 부서짐
10	Whole Gale	24.34 ~ 28.45	나무가 뽑히고 건물 구조 피해
11	Storm	28.46 ~ 32.26	큰 재해

열차풍은 먼지를 일으키는 등 승강장 이용객들에게 불쾌감을 유발하게 되는데 그 영향은 표 2.와 같다.

표 2. 열차풍이 승강장 승객에게 미치는 영향

기류(m/s)	영향
7.0~7.5	머리가 날리는 것을 막기 위해 손을 올림 치마나 코트를 잡아서 날리는 것을 막으려 함 자기 방어 반응을 보임
8.8	바람이 부는 방향에서 반대로 얼굴을 돌림 옷이 날리는 것을 막기 위해 손으로 잡거나 몸을 움추림 자기방어 반응을 보임

(김기훈 외, 대한건축학회 논문집 18권 1호, 2002.01)

3. 국내의 승강장의 폭 산정 기준

3.1 영국(UK)

Rule Book은 승강장의 폭(W) 산정방법을 식 (2)와 같이 제시하고 있다. 이 때 승강장의 공간모듈은 가장 붐비는 곳에서 최소 0.8m²/인으로 제한하고 있다.

$$\text{승강장의 폭(W)} = \frac{(\text{운전간격 당 승강장 부하} \times 35\% \times 0.8\text{m}^2 + 1\text{m})}{(\text{승강장 길이} \times 25\%)} \quad \text{----- (2)}$$

또한 열차 속도 160m/h를 기준으로 형태에 따른 승강장의 최소 폭을 규정하고 있으며 이는 표 3.과 같이 나타난다. BR(British Rail)에서는 표 4.과 같이 최대 열차풍의 속도를 11m/s로 규정하고 있다.

표 3. 열차 속도에 따른 승강장의 최소 폭(m)

구분	160km/h 이하	160km/h 초과
상대식	2.5	3.0
섬식	4.0	6.0

표 4. 각 기준별 최대 열차풍의 속도 규정(m/s)

구분	승강장 내 열차풍의 속도
DB	11
BR/Railtrack	11
London Underground	8
Sweden	8

3.2 일본

1) 철도 기술 기준 성령에 따른 기준

승강장의 폭은 일반 철도의 경우, 보행자 1인의 점유 폭을 0.75m로 하여 2인이 동시에 통행할 수 있는 폭 1.5m를 최소폭으로 하고, 이에 따라 상대식인 경우에는 2배인 3.0m, 섬식인 경우에는 0.5m의 여유를 두어 2m로 하도록 규정하고 있다. 신칸센의 경우, 상대식은 5m이상, 섬식은 9m이상으로 하고 승강장이 곡선의 형태일 경우에는 상대식은 4m이상, 섬식은 5m이상으로 규정하고 있다.

2) 실측값을 이용

자연풍의 영향이 거의 없는 신칸센 아미타역에서 12량, 300m의 차량을 이용하여 차측으로부터의 거리에 따른 열차풍을 열선풍속계로 측정하였다. 이는 그림 1과 같이 나타난다.

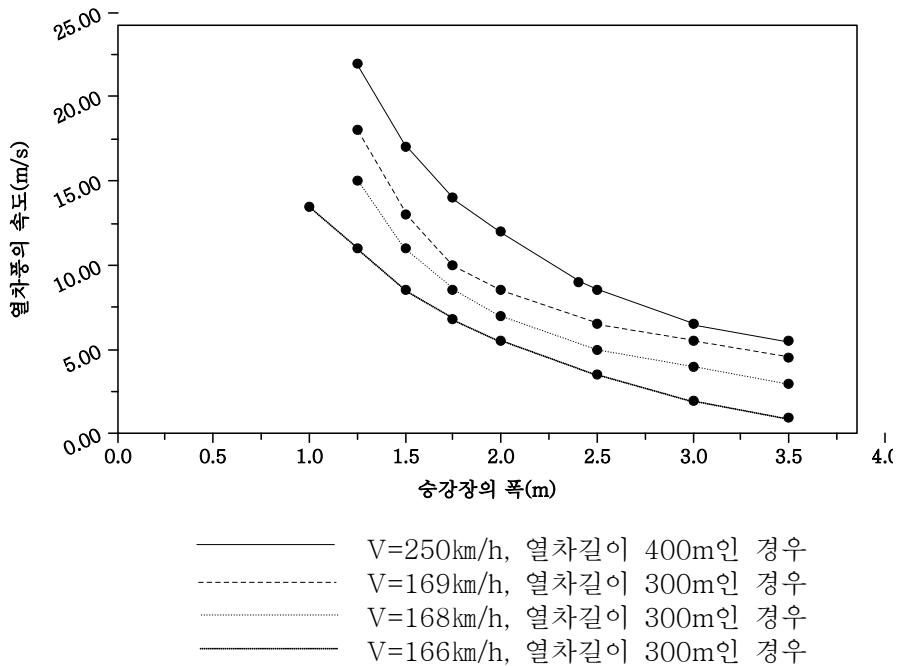


그림 1. 신칸센 아타미역 상승강장에서 실측한 차측으로부터의 거리와 열차풍과의 관계

$$u = \left\{ 1 - \left(\frac{\delta}{y} \right)^n \right\} \quad \text{----- (3)}$$

단, u = 열차풍의 속도(m/s) y = 승강장의 폭(m)

V = 열차의 속도(250km/h) $n = 0.09$

$\delta = a \cdot X \cdot m$ ($a=0.92, m=1/3, X=400m$)

여기에 영국 BR(British Rail)에서 규정하고 있는 승강장 내 열차풍의 속도인 11m/s를 적용할 경우, 승강장의 폭은 약 1.25m로, 이는 영국 Rule Book의 승강장의 최소 폭인 3m와 차이를 보이고 있으나 이는 주변 풍향이나 풍속과 통행에 관련된 여유폭등의 고려가 배제되어 있어 발생하는 것으로 판단된다.

3.3 국내

고속으로 승강장을 통과하는 열차의 경우 한국철도시설공단의 설도설계지침-건축편에 따라 식 (1)과 같이 승강장의 폭을 산정한다. 이때 열차풍을 고려하여 안전폭 2.95m를 가산한다.

$$B = \left(\frac{2}{\pi} \times \frac{P_a}{n \times M \times \rho_1} \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\frac{1}{\rho_1 \times L} \times \frac{P_b}{n} \right) + \left(\frac{1}{\rho_2 \times L} \times \frac{P_b}{n} \right) + B_c \quad \text{----- (1)}$$

단, P_a = 피크시 1열차 승차인원 L = 열차 1량 길이
 P_b = 피크시 1열차 강차인원 ρ_1 = 승강장 군집밀도(3인/m²)
 n = 1열차 차량 개수 ρ_2 = 승강장 보행밀도(0.75인/m²)
 M = 1열차 차량문수 B_c = 장애물 폭

그러나 열차풍의 고려 시, 일괄적인 안전폭의 가산은 승강장 폭을 필요 이상 또는 이하로 설치 할 수 있으므로 열차풍 속도에 따른 승강장 폭에 대한 고려가 요구된다. 해외의 사례를 참조하여 표 5와 같이 승강장 폭을 고려할 수 있다.

표 5. 열차 속도에 따른 승강장의 최소 폭(m)

구분	160km/h 이하	160km/h 초과	250km/h 초과
상대식	2.0	3.0	4.0
섬식	3.5	6.0	7.5

4. 안전선(Yellow Line)

열차풍으로 인해 발생하는 위험을 줄이고 승강장 이용객들의 안전을 위하여 승강장에 안전선을 설치하여야 한다. 영국 Rule Book에서는 승강장 끝단에 밝은 색으로 가늘고 길게 길을 표시하고, 열차 속도가 160km/h 이상으로 통과하는 역에는 승강장의 끝단에서 1m 떨어진 곳에 추가로 안전선을 설치하도록 하고 있다. BR(British Rail)에서도 승강장 끝단에서 1.5m 떨어진 곳에 150mm 두께로 안전선을 설치하도록 규정하고 있다.

그러나 국내의 경우, 승강장 끝단은 밝은 색의 줄로 경계를 표시하고 통과 열차가 있는 경우 안전거리를 이격하도록 하고 있으나 승강장 이용객들의 안전을 고려한 명확한 안전선 설치에 관한 기준이 마련되어 있지 않은 실정이다. 따라서 국내도 열차풍이 우려되는 승강장에서는 끝단에서 1.5m 떨어진 곳에 150mm 두께의 황색 선을 설치함이 바람직 하다.

5. 결론

열차통과 시 발생하는 열차풍에 대한 효과와 이를 승강장 설계에 반영한 방법을 검토하였다. 국내의 고속으로 통과하는 승강장이 증가할 것으로 예상됨에 따라 승강장에서의 열차풍 효과를 고려한 승강장 폭 산정 및 안전선 설치에 관해 제안하였다. 추후 열차풍의 속도와 차량통과 속도의 연관성에 대한 심도있는 연구를 통해 승강장 폭 및 안전선에 대한 설계보완이 요구된다.

참고문헌

1. J. Temple, T. Johnson(2003), "Review of slipstream effects on platforms", Rail

Safety and Standards Board, Issue 1

2. Harvey Shui-Hong Lee(1999), "Assesment of Potential Aerodynamic Effects on Personnel and Equipment in Proximity to Safety of High-Speed Train Operations", U.S Department of Transportation Federal Railroad Administration

3. 철도시설공단(2006), “철도설계지침(건축편)”

4. “철도기술성령”

5. 김기훈 외 (2002년), “열차풍에 의한 지하 전철구간의 기류특성에 관한 실측연구”, 대한건축학회 논문집 제18권 제3호, pp.259-265