

현장 계측 데이터를 이용한 궤도 동적 할증 계수 분포 특성 분석

Distribution of Track Dynamic Amplification Factor Using Field-Measured Data

김기현*, 장승엽*[†], 여인호*Ki Hyun Kim*, Seung Yup Jang*[†], Inho Yeo*

Abstract To take account dynamic effects in the design of track system, the standard train load is multiplied by a dynamic amplification factor, giving a design load. The design guide of KR C 14030 presents an equation for dynamic amplification factor. This equation, however, is borrowed from a European design method. Thus the equation should be carefully examined in relation to the domestic train load trend. In this respect, the present study conducted a field measurement of train axle load for various locations and calculated the distribution characteristics of the dynamic amplification factor. The dynamic amplification factor was defined as the ratio between a dynamic axle load generated from a running train at a high speed and a pseudo-static axle load from a starting train at a low speed.

Keywords : Track system, Standard train load, Dynamic amplification factor

초 록 궤도구조 설계 시 열차 하중의 동적 성분을 고려하기 위하여 표준 정적 하중에 동적 할증 계수를 곱하여 설계 하중을 결정한다. 한국철도시설공단 설계지침(KR C 14030)에서는 설계 대상에 따른 윤중변동 표준편차에 대한 가중치와 궤도 선형 품질에 따라 동적 할증 계수를 산정할 수 있는 식을 제시하고 있으나, 이 산정식은 유럽에서 적용해오던 관계식을 차용한 것으로 국내 열차하중 특성과의 상관성에 대한 조사를 통해 그 적용성을 확인할 필요가 있다. 이를 위해 경부고속철도 2단계 구간에서 장기 계측을 통해 얻은 열차 하중 데이터를 이용하여 동적 할증 계수의 분포를 구하고 그 통계 특성을 분석하였다. 동적 할증 계수는 역사에 정차 후 출발하는 열차에서 측정한 축중과 해당 열차가 토공구간을 일정 속도로 통과할 때의 축중을 사용하여 계산하였다.

주요어 : 궤도구조, 표준 정적 하중, 동적 할증 계수

1. 서 론

열차 하중의 동적 성분을 고려하기 위한 한국철도시설공단 설계지침(KR C 14030)[1]의 동적 할증 계수(dynamic amplification factor, DAF) 산정식은 유럽에서 적용해오던 관계식을 차용한 것이며, 궤도구조 설계 시 그 적용성 확인을 위해 국내 열차하중 특성과의 상관성에 대한 조사할 필요가 있다. 이를 위해 경부고속철도 2단계 구간에서 열차 하중 장기 계측을 통해 얻은 하중 데이터를 이용하여 동적 할증 계수의 분포를 계산하고 설계지침[1]의 동적 할증 계수 산정식과 비교하였다.

[†] 교신저자: 한국철도기술연구원 고속철도연구본부(syjang@krrri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 고속철도연구본부

2. 열차 하중 계측

경부고속선 2단계 구간 콘크리트레도에서 열차 하중을 계측하였다. Fig. 1은 KTX(46축)에 대하여 계측된 속도 및 축중의 분포를 열차 길이에 대하여 나타낸 것이다. 해당 열차는 역사에 정차 후 출발하여(Fig. 1(a)) 약 27.3 km 떨어진 토공부를 지난다(Fig. 1(b)). 열차가 역사를 출발할 때 앞쪽 기관차는 비교적 낮은 속도로 이동하며, 동일 열차가 토공부를 지날 때는 약 300 km/h 정도의 속도로 이동하였다. 최대 축중은 앞쪽 또는 뒷쪽 기관차에서 발생하고 있는데, 이러한 경향은 다른 열차들에서도 마찬가지였다.

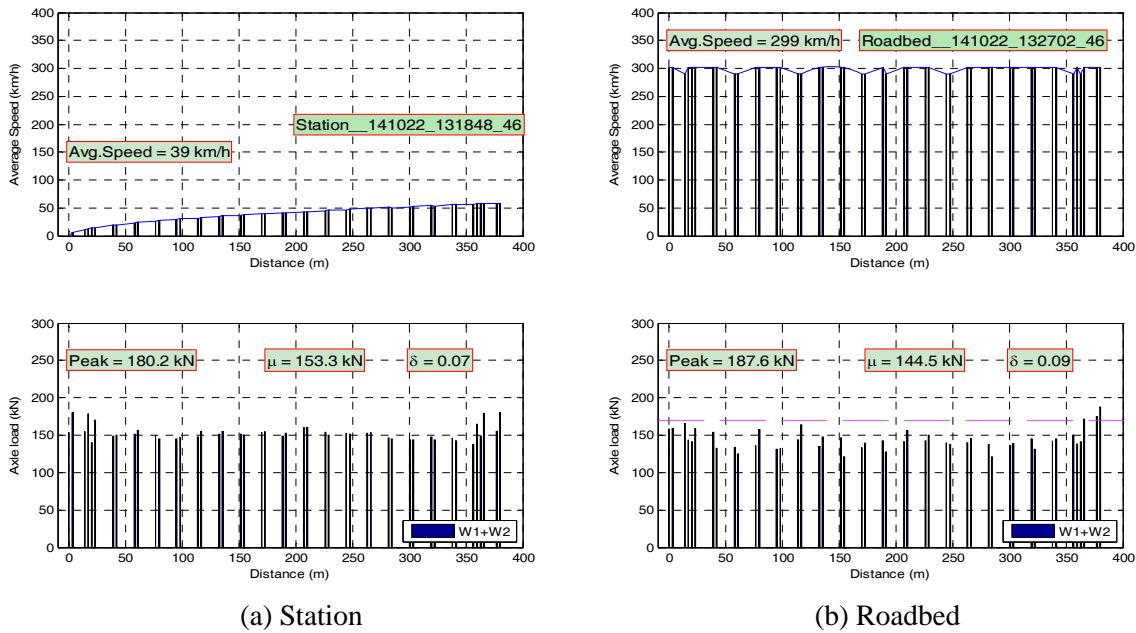


Fig. 1 Measured train axle load

3. 결과 및 분석

DAF 산정을 위해서는 정적하중을 알아야 하는데, 본 연구에서는 열차가 역사를 출발할 때의 앞쪽 기관차 축중을 정적하중으로 보고, 동적 하중에 대한 비율로 동적 할중 계수를 계산하였다.

Fig. 2(a)는 계측 하중으로부터 구한 DAF의 분포를 보인 것이다. 전반적으로 DAF는 낮은 범위에 집중되어 있고 일부 값이 높은 값을 보이고 있다. 설계지침[1]의 DAF 관계식은 정규 분포를 가정하여 윤중변동 표준편차에 대한 가중치를 고려하여 구한 것인데, 본 연구의 결과에 의하면 DAF의 분포(293~300 km/h 구간)는 정규분포(normal distribution, ND)나 대수정규 분포(log-normal distribution, LND)보다는 일반화된 극치분포(generalized extreme value distribution, GEV)에 더 가깝다(Fig. 2(b)). 본 연구에서는 DAF의 분포를 ND, LND, GEV에 적합하는 분포 함수 특성값을 결정한 후, 각 분포별 DAF를 계산하였다. Fig. 2(a)는 GEV로 적합한 경우 계산된 가중치($t=1,2,3$)별 DAF를 함께 도시한 것이고, Fig. 3에서는 설계지침[1]의 DAF 산정식으로 계산한 DAF와 각 분포함수별 DAF를 비교하고 있다. 실측값으로부터 산정한 DAF는 $t=2$

일 때는 DAF 산정식으로 구한 “매우 양호” 한 수준($\phi=0.1$)에서의 DAF 보다 낮았고 분포함수에 따른 차이는 크지 않으나, $t=3$ 일 때는 “매우 양호”한 수준에서의 DAF와 거의 유사한 값을 나타냈으며 GEV로 적합한 경우가 나머지 경우 보다 약간 컸다. 이 결과를 놓고 볼 때 현 설계지침의 DAF 산정식이 적절하게 동적 하중을 고려하고 있다고 판단된다. 다만 이는 현재까지 측정된 제한적인 데이터에 기초한 결과이므로 향후 일반철도 구간을 포함하여 다양한 조건에서 측정된 더 많은 데이터를 이용하여 추가 검증이 필요하다고 판단된다.

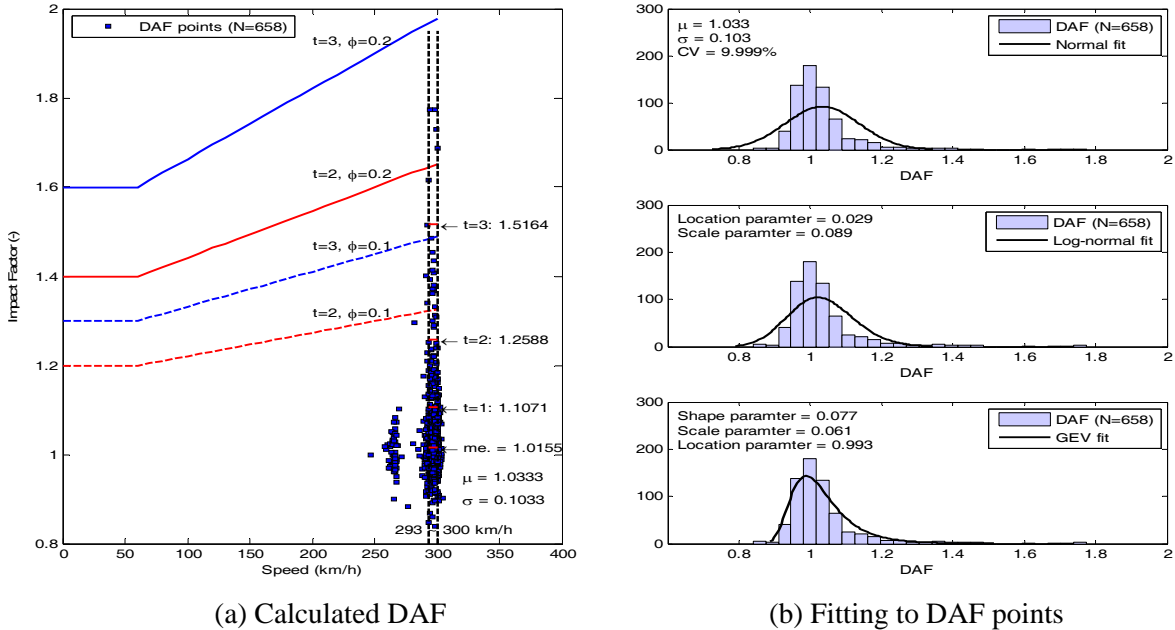


Fig. 2 Calculated dynamic amplification factors and the fitting of distributions to DAF points

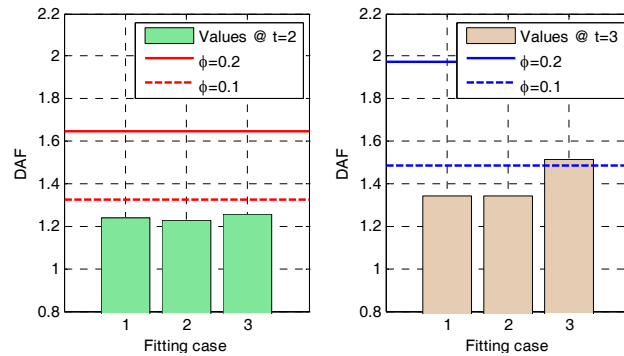


Fig. 3 DAFs for various distribution models (1: ND, 2: LND, 3: GEV)

후 기

본 논문은 국토교통부 철도기술연구사업(과제번호: 15RTRP-B067919-03)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

[1] Korea Rail Network Authority (2014) *Ballasted Track Structure (KR C-14030)*, p. 47.