

## 일반철도 활하중 여유도 통계분석

## Margin Statistical Analysis of General Railway Live Load

김희성\*<sup>†</sup>, 정주승\*, 정길환\*, 김기현\*\*, 백인열\*Heeseong Kim\*<sup>†</sup>, Juseung Jeong\*, Kilhwan Jeong\*, Ki Hyun Kim\*\*, Inyeol Paik\*

**Abstract** To calibrate live load factor for railway bridge design criteria within reasonable level, the margin of safety is calculated by comparing the section force of KRL2012 and the estimated maximum values by statistical analysis of the measured WIM data. The maximum section force per span length is estimated by using the influence line of the beam and applying the statistical estimation method to the train configuration. KRL2012 was determined to secure the target margin of 30~40% in terms of the positive moment. This is confirmed again by statistical analysis in this study and the margin is further analyzed by statistical estimation method. The reasonable level of live load factor satisfying the target reliability index of the railway bridge is to be calculated by determining statistical characteristics.

**Keywords** : Live load, Margin, Load factor, Section force, Train configuration

**초 록** 철도교설계기준에 대한 합리적인 수준의 활하중계수 보정을 위하여, 일반철도를 대상으로 설계활하중인 KRL2012의 단면력효과와 실측 WIM데이터를 통계분석하여 구한 추정값을 비교하고 여유도를 계산한다. 보의 영향선을 이용하여 단면력효과를 계산하고, 통계적 추정을 적용하기 위하여 시간별 최대 단면력효과를 주는 열차구성을 정리하여 구한다. KRL2012는 최대 정모멘트효과를 기준으로 30~40%의 여유도를 목표로 하고 있으므로, 이를 통계분석을 통하여 확인하고 통계적 추정을 통한 여유도를 검토한다. 이 연구는 열차하중의 여유도를 계산하고, 통계특성을 결정하여 철도교의 목표신뢰도 지수를 만족시키는 합리적인 수준의 활하중계수를 찾아내기 위한 기반을 마련한다.

**주요어** : 활하중, 여유도, 하중계수, 단면력효과, 열차구성

## 1. 서 론

이 연구는 합리적인 활하중계수 보정을 위한 선행연구로서, 장항선의 천안역과 중앙선의 도담역에서 수집한 일반철도의 실측 활하중 데이터를 보의 영향선을 적용하여 단면력효과를 계산하고, 통계적으로 추정한다. 실운행하중의 단면력효과와 추정값을 설계활하중의 단면력효과와 비교하여, 실제 운행열차들이 가지고 있는 단면력효과의 여유도를 분석한다.

† 교신저자: 가천대학교 공과대학 토목환경공학과(kimheesungg@naver.com)

\* 한국대학교 가천대학교 공과대학 토목환경공학과

\*\* 철도기술연구원 첨단인프라연구팀

## 2. 본 론

### 2.1 통계적 추정

계측데이터를 단순보의 영향선에 적용하여 정모멘트와 전단력을 계산하고, 2경간 연속보의 영향선에 적용하여 부모멘트를 계산한다. 계산한 단면력효과를 검별확률지를 이용한 추정방법(Method1), 극치분포의 최빈값을 이용한 추정방법(Method2), 극치분포형태의 불변성(Method3)을 이용한 추정방법을 적용하여 통계적 추정한다. Method2는 정규분포를 이루는 모집단에서 데이터를 추출할 때 최대값의 분포는 극치분포에 접근한다는 이론이다. 하지만 계측데이터에서 다양한 차종이 나타나기 때문에, 차종별로 분포가 다르게 나타나서 모집단이 정규분포를 이루지 않는다. 이를 해결하기 위하여, 시간별 최대 단면력효과를 주는 열차구성 데이터를 추출하고 AD-Test를 수행하여 추출한 데이터가 정규분포를 나타내는지 확인한다. Method3은 정규분포를 이루는 모집단에서 일별 최대값이 극치분포를 구성하고, 데이터수가 변하여도 극치분포의 형태는 변하지 않는다는 이론이다. Method2에서 추출한 데이터 중에서 일별 최대 데이터를 추출하고 AD-Test를 통하여 데이터의 분포가 극치분포인지 확인한다. Table 1은 정모멘트에서 단면력효과별 최대 추정값을 나타낸다.

**Table 1** Section force by span length

	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m
Positive Moment (kN·m)	1,499	2,914	4,552	6,995	9,247	12,741	16,006	19,882	24,540
Negative moment (kN·m)	-1,292	-2,569	-4,362	-6,250	-8,560	-11,898	-15,248	-19,110	-23,228
Shear Force (kN)	631	799	916	1,167	1,300	1,566	1,638	1,764	2,013

### 2.2 여유도 분석

여유도는 단면력효과가 설계활하중인 KRL2012의 단면력효과에 비하여 가지고 있는 여유를 계산한 값이다. Table 2는 정모멘트효과에서 실운행하중의 단면력효과와 계측 최대값 및 추정값의 여유도를 나타내었다. 실운행하중은 KRL2012를 결정할 때 정의한 디젤기관차2량과 코일수송차량 열차편성의 공칭하중이다. 실운행하중은 30~40%의 여유도를 확보하도록 하였으며[3], 통계적 추정값은 15~25%의 여유도를 확보하고 있음을 알 수 있다.

**Table 2** Margin of moment

	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m
Service train maximum (%)	31	34	35	38	38	37	37	36	35
Weight maximum (%)	23	27	32	30	30	30	29	28	28
Estimated maximum (%)	15	18	22	19	23	19	20	20	19

### 3. 결 론

철도교설계기준에 한계상태설계법을 도입하기 위하여 합리적인 수준의 하중계수 보정을 위한 활하중 여유도분석을 수행하였다. 이를 바탕으로, 활하중의 통계특성을 결정하여 목표 신뢰도지수를 만족하는 하중계수를 계산한다.

### 참고문헌

- [1] KRNA (2013) Design Criteria for Railroad (Road bed), Korea Rail Network Authority.
- [2] S. Park, I. Paik (2015) Analysis of Design Live Load of Railway Bridge Through Statistical Analysis of WIM Data for High-speed Rail Computational Structural Engineering Institute of Korea, 28(6), pp. 589-597.
- [3] S. Kim, H. Kim, M. Lee (2010) A Deterministic Investigation for Establishing Design Load of Railway Bridges, Journal of the Korean Society for Railway, 13(3), pp. 290-297.