

## 고속철도 자갈궤도 및 콘크리트궤도의 수명주기비용 평가

### Evaluation of Life Cycle Costs of Ballasted and Concrete Track of High-Speed Line

장승엽\*†

Seung Yup Jang\*†

**Abstract** This study evaluates the life cycle cost (LCC) of railway track. Main parameters such as the type of track structure, annual traffic volume, axle load, train speed, and proportion of curve sections and engineering structures has been considered. Also, fundamental data for calculating costs also have been presented. Based on the model and data proposed, the LCCs of the ballasted and concrete track of Kyongbu high-speed line has been evaluated and compared. The results show that the proportion of renewal and operational costs is much higher in the ballasted track than in the concrete track, and the annual traffic volume and ballast taming period are most significant factors on the LCC of the ballasted track. On the contrary, it is revealed that the proportion of the initial construction costs in the concrete track is much higher, and the LCC of the concrete track is less sensitive to the traffic volume, train speed, and axle load.

**Keywords** : railway track, ballasted track, concrete track, life-cycle cost (LCC), maintenance

**초 록** 이 연구에서는 궤도의 수명주기비용(life cycle cost, LCC)을 평가하였다. 주요 변수로 궤도구조 형식(자갈궤도 또는 콘크리트궤도), 연간 통행량, 열차속도, 곡선비율, 구조물 비율(교량 및 터널) 등을 고려하였고, 궤도 LCC를 구성하는 각 비용 항목별로 기본 가정과 기초자료 등을 제시하였다. 이를 바탕으로 경부고속철도의 자갈궤도와 콘크리트궤도의 LCC를 평가하여 비교하였다. 평가 결과에 따르면 자갈궤도는 교체 및 운영 비용의 비중이 현저히 높고, 연간 통행량과 자갈 탬핑 주기가 자갈궤도의 LCC에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 반면 콘크리트궤도는 초기 시공비의 비중이 현저히 높았고, 연간 통행량이나 열차속도, 축중 등에 상대적으로 영향을 적게 받는 것으로 나타났다.

**주요어** : 철도 궤도, 자갈궤도, 콘크리트궤도, 수명주기비용(LCC), 유지보수

## 1. 서 론

이 연구에서는 고속철도 자갈궤도와 콘크리트궤도의 궤도의 수명주기비용(life cycle cost, LCC)을 평가하였다. 주요 변수로는 궤도구조 형식(자갈궤도 또는 콘크리트궤도), 연간 통행량, 열차속도, 곡선비율, 구조물 비율(교량 및 터널) 등을 고려하였고, 궤도 LCC를 구성하는 각 비용 항목별로 기본 가정과 기초자료 등을 제시하였다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원 고속철도연구본부(syjang@krri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원 고속철도연구본부

## 2. 궤도 LCC 산정

이 연구에서는 궤도 LCC가 아래와 같이 구성되는 것으로 정의한다.

$$\text{LCC} = \text{초기 시공비}(\text{initial construction cost, IC}) + \text{교체 비용}(\text{renewal cost, RN}) + \text{운영 비용}(\text{operational cost, OP}) \quad (1)$$

여기서, 교체 비용은 궤도의 총 수명 중 발생하는 구성품의 교체 비용을 의미하는 것으로 수명이 경과한 후 해체, 재시공 비용은 고려하지 않는다. 그리고 운영 비용은 다시 유지보수비(maintenance cost, MT)와 리스크 비용(risk cost, RK)으로 나눌 수 있다. 유지보수비는 일정 주기를 가지고 반복적으로 이루어지는 유지보수에 소요되는 비용을 의미하며, 리스크 비용은 불규칙적으로 초기 시공하자나 사고, 천재지변에 의해 발생하는 손상을 복구하는 비용으로 정의한다. 각 비용의 산정방법에 대해서는 문헌(장승엽, 2016)을 참고하도록 한다.

Fig. 1과 Fig. 2는 각각 경부고속철도 자갈궤도와 콘크리트궤도의 60년간의 LCC를 계산한 결과를 보여주고 있다. 콘크리트궤도의 LCC에 비해 자갈궤도의 LCC가 약 27% 가량 더 크게 나타났다. 또 자갈궤도는 교체비용 및 운영비용이 전체 LCC의 약 71%에 달하는 것을 알 수 있다. 반면 콘크리트궤도는 초기 시공비가 약 76.4%로 대부분을 차지한다. 이와 같은 교체 및 운영비용의 차이에 따라 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 약 17년 이후부터 콘크리트궤도의 투입비용이 자갈궤도보다 더 낮아지는 것을 알 수 있다.

Fig. 3은 연간 통과톤수 및 자갈 탬핑 주기에 따른 영향을 보여주고 있다. 자갈 탬핑 주기는 열차 속도와 축중에 민감하게 변화하므로 자갈궤도의 LCC는 열차 속도와 축중의 변화에 따라 상당 수준의 변화하게 된다. 반면 콘크리트궤도의 경우는 열차 속도와 축중이 증가하면 피로 열화에 의한 손상이 증가할 것으로 예상되나 리스크 비용이 전체 LCC에서 차지하는 비중이 약 2.7%에 불과하므로 그 영향은 매우 제한적이다. Fig. 4는 노선 곡선비율 및 교량 구간 비율에 따른 영향을 나타낸다. 노선 곡선비율은 콘크리트궤도의 경우 초기 시공비에도 영향을 미치

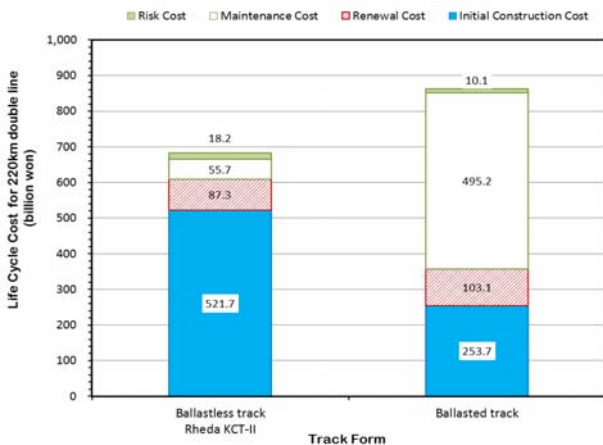


Fig. 1 LCCs of ballasted and concrete track for 60years

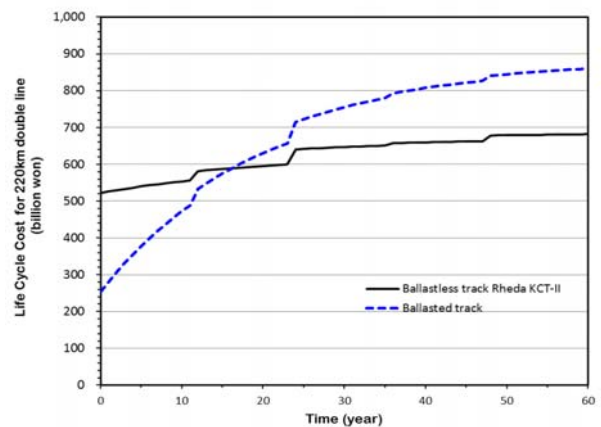


Fig. 2 Variation of annual costs according to elapsed time

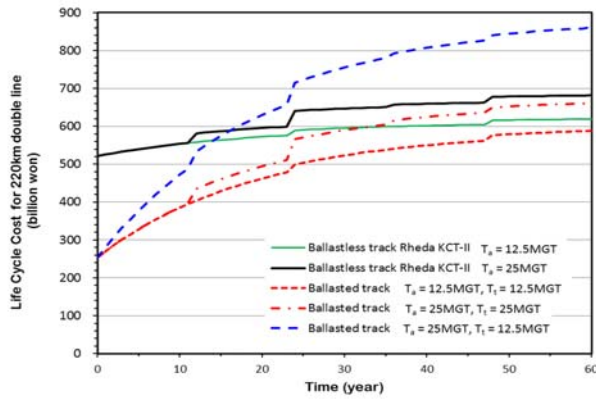


Fig. 1 Effects of annual tonnages and ballast tamping periods on costs according to elapsed time

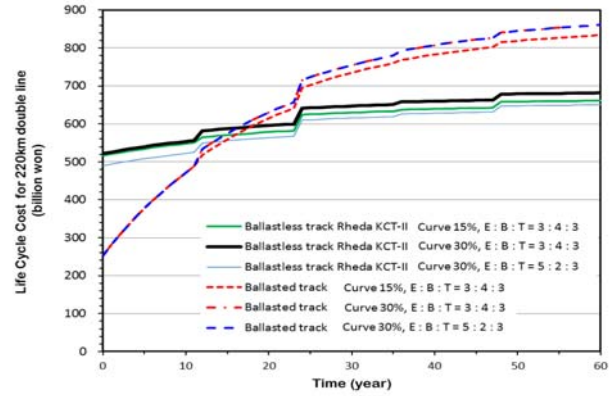


Fig. 4 Effects of proportions of curved and bridge sections on annual cost variation

고, 콘크리트궤도와 자갈궤도 모두 교체 비용과 운영비용에 약간의 영향을 미치지만, 그 영향은 매우 미미한 것으로 나타났다. 반면 자갈궤도와 달리 구간별 초기 시공비의 차이가 큰 콘크리트궤도는 교량구간의 비중이 높을수록 초기 시공비가 높아져 LCC가 증가하였다.

### 3. 결론

이 연구에서는 다양한 설계변수를 고려할 수 있는 LCC 산정 모델을 기초로 고속철도 자갈궤도와 콘크리트궤도의 LCC를 산정하여 비교하였다. 평가 결과에 따르면 자갈궤도는 교체 및 운영 비용의 비중이 현저히 높고, 연간 통행량과 자갈 탬핑 주기가 자갈궤도의 LCC에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타난 반면 콘크리트궤도는 초기 시공비의 비중이 현저히 높았고, 연간 통행량이나 열차속도, 축중 등에 상대적으로 영향을 적게 받는 것으로 나타났다.

이 연구에서 향후 궤도 구조의 결정과 유지보수 의사 결정에서 이러한 LCC 분석이 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 향후 LCC 평가 기초 데이터의 축적과 함께 변수의 불확실성을 보다 합리적으로 고려할 수 있는 추계학적 모델의 적용이 필요할 것으로 판단된다.

### 후 기

이 연구는 국토교통부 미래철도기술개발사업(과제번호: 15RTRP-B065581-01)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] S. Y. Jang (2016) Analysis of life cycle costs of railway track : A case study for ballasted and concrete track for high-speed railway, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 20(2), pp. 110-121.