

USP PC침목 분기기의 경제성(LCC) 분석

Analysis of Economical Feasibility (LCC) of Turnout using USP PC Sleepers

황경종[†], 황광하^{*}, 윤병현^{*}, 이정완^{*}, 장승엽^{**}Kyoeng-Jong Hwang[†], Kwang-Ha Hwang^{*}, Byeong-Hyeon Yoon^{*}, Jeong-Wan Lee^{*}, Seung-Yup Jang^{**}

초 록 국내의 60kg PCT 분기기는 주요 본선과 부분 선에 약 4천여 틀이 설치되어 사용되고 있다. 분기기는 구조상 레일 단면변화 구간인 포인트와 고정 크로싱을 통과하기 때문에 진동과 충격력이 크게 발생하여 부품 절손과 자갈세립화가 빠르게 진행된다. 또한 장침목의 경우 직선 또는 분기선 측 차량주행 시 한쪽에 하중이 집중되어 비대칭 처짐이 발생하므로 통행이 잦은 쪽에 고저틀림이 증가하게 된다. 이러한 분기기의 구조적 특성상 선형정정 작업, 탬핑, 밀착조정 등에 많은 유지보수가 필요하여 자갈도상용 분기기의 “유지보수저감 방안에 관한 연구”는 국내·외 철도 시설 종사자들의 주요 화두가 되어 왔다. 유럽 오스트리아, 독일의 경우는 1980년대부터 이러한 문제 해결을 위해 지속적인 연구를 진행하여 왔으며, 많은 실패를 통해 현재는 유지보수력을 대폭 감소시키는 USP 분기기를 개발 완료하여 빠르게 확대 적용하고 있다. 이에 현재 유럽 철도선진국에서 가장 주목받고 있는 최신 분기기 기술인 USP PC침목 분기기를 국내에 도입 적용하기 위하여, KR성능검증 인증('18.02) 후, 경부선 본선('19.03, 군포역)에 분기기(#12)를 시범부설하여 현재 모니터링 중에 있다. 본 논문은 국내에 USP분기기를 적용 시 발생하는 경제적 효과를 LCC관점에서 분석하여 국내 적용 필요성을 제시코자 한다.

주요어 : USP(Under Sleeper Pad), LCC(생애주기비용), 자갈세립화, 분기기, 선형틀림, 유지보수비

1. 서 론

국내에 PC침목 분기기를 적용한 것은 2005년 도로써 현재까지 15년간 지속적으로 확대 적용되어 본선과 부분선에 약 4천여 틀이 적용되었다. 분기 각도에 따라 #8 (26.3m), #10(31.8m), #12(37.9m), #15(47.2m)로 분류된다. 분기기는 구조상 레일 단면변화 구간인 포인트와 고정 크로싱을 통과하기 때문에 진동과 충격력이 크게 발생하여 부품절손과 자갈세립화가 빠르게 진행된다. 또한 장침목의 경우 직선 또는 분기선측 차량주행 시 한쪽에 하중이 집중되어 비대칭 처짐이 발생하므로 통행이 잦은 쪽의 고저틀림이 증가하게 된다. 이러한 분기기의 구조적 특성상

선형정정 작업, 탬핑, 밀착 조정 등의 잦은 유지보수가 필요하다. 근래에 주행속도 향상과 운행량 증가로 선로의 부담력이 증가하여 더 잦은 유지보수 작업이 필요한 실정이다.

분기기는 PC침목간격이 불균일할 뿐만 아니라, 여러 레일이 교차되는 복잡한 구조로 인해 정밀한 세팅이 필요하고, 탈선과 밀접한 관련이 있어 보수작업에 주의를 기울여야 한다. 자갈도상 분기기의 경우는 지속적인 유지보수비가 투입되고, 사용 수명 경과 시 교체에 따른 갱환비용이 추가로 발생하게 된다.

이러한 자갈도상용 분기기의 “유지보수저감 방안에 관한 연구”는 국내·외 철도 시설 종사자들의 주요 화두가 되어 왔다. 유럽 오스트리아, 독일의 경우는 1980년대부터 이러한 문제 해결을 위해 지속적인 연구를 진행해 왔으며, 많은 실패를 통해 현재는 유지보수력을 감소시키는 USP분기기를 개발하여 일반구간 및 분기기에 빠르게 확대 적용하고 있다. 오스트리아 철도 ÖBB에서는 Regelwerk 07.03.01 규정을 제정하여

[†] 교신저자: 삼표레일웨이(주) 기술연구소
(hkj365@sampyoenc.com)

^{*} 삼표레일웨이(주) 기술연구소

^{**} 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과

60E1레일 적용처, 1천만톤/년 이상 통과톤수를 가지는 선로, 속도 160 km/h 이상 선로 조건 중 1가지 항목에 해당할 경우 USP PC침목을 적용 하도록 규정하고 있다.

이에 현재 유럽 철도선진국에서 가장 주목받고 있는 최신 분기기 기술인 USP PC침목을 적용한 분기기를 국내에 기술도입하고, '18년 2월 KR성능검증 완료 후 '19년 3월 군포역에 #12 분기기 1틀을 시범부설하여 현재 모니터링 중에 있다. 본 논문에서는 USP PC침목 분기기를 국내에 적용 시 운영사의 경제적 효과를 분석하였다.



Fig 1. Sample construction of USP Turnout

2. 본 론

2.1 USP 제작 및 설계

USP PC침목은 침목 양생 전에 돌기가 있는 USP를 부착 후 양생과 함께 침목에 고결시키는 방식이다. 분기침목에는 침목의 길이와 폭, 레도상부 강성을 고려하여 정적강성이 다른 3종의 패드를 5가지 조합으로 부착한다.

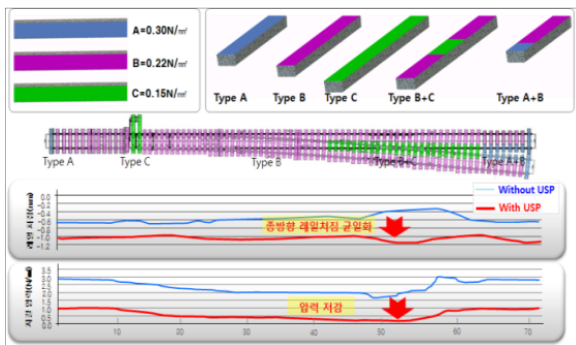


Fig 2. Effect of USP PC Sleeper

2.2 USP 분기기 적용 효과

USP PC침목 적용 시 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

○ 자갈과 침목의 접촉 면적 증대

3%에서 35%로 접촉 면적이 10배 증가하여 저면 압력이 감소함으로써 자갈수명 증대와 레도 안정화에 크게 기여함.

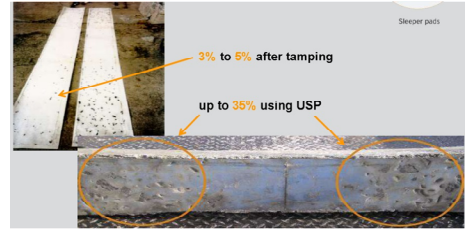


Fig 3. USP Contact area with ballast

○ 선형틀림 감소

침목 하부의 불균일한 집중 압력을 75~90% 정도로 저감(기존 대비 30% 수준)시킴으로써, 침목의 비대칭 불균일 침하를 감소시켜 자갈 세립화를 방지하고 장기 침하를 방지함.

○ 탬핑 작업 감소(약 2배 효과)

일반 PC침목은 2~3년에 1회 탬핑을 하였으나, USP PC침목은 5.5년에 1회를 시행하였다. 이를 통해 유지보수비 절감과 작업자의 위험 작업 감소 효과를 보임.

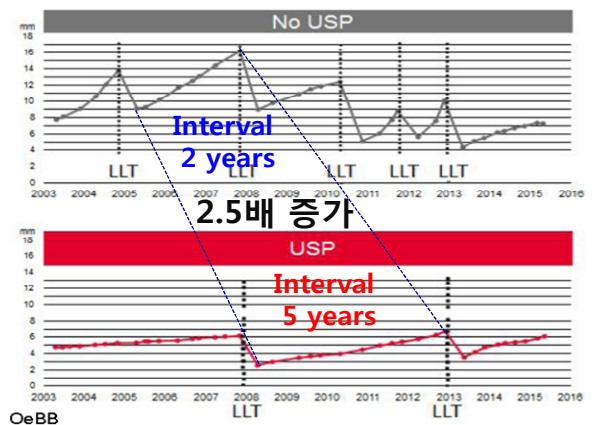


Fig 4. Reduced Tamping interval

○ 소음, 진동 감소

열차소음 대역인 20~150Hz에서 최대 16dB[A] (74→58) 감소함

2.3 국내 적용 시 USP 분기기 경제성 분석(LCC)

국내에 USP PC침목 분기기 적용 시 경제적 효과를 분석하기 위하여 국내 분기기의 가격, 유지보수조건 등을 면밀히 분석하여 LCC(Life Cycle Cost, 생애주기비용)분석을 수행하였다.[2]

○ LCC 분석 시나리오

분석 시나리오는 첫 번째, 신설구간에 PC침목 분기기와 USP PC침목 분기기를 적용하는 경우와, 두 번째로는 운행선상에서 갱환 시 기존 분기기를 PC침목 분기기로 갱환, USP PC침목 분기기로 개량하는 경우로 구성하였다. 구성요소는 초기시공비용, 텀레일 등 부품 교체비용, 정기점검 등 규칙적으로 이루어지는 유지보수비용, 불규칙적으로 발생하는 보수비용으로 항목을 구성하였고, 연간 통과톤수는 3천만톤으로 가정하여 분석하였다.

○ LCC 분석 결과

국철 본선 기준인 3천만톤/년 구간에 대해 상세 분석한 결과 신설구간과 기존선 갱환구간 모두 USP분기기로 변경하여 적용 시 각각 27.7%, 27.3% LCC가 감소하는 것으로 나타났다. 초기비용은 USP분기기가 높으나, 2년경과 후에는 증가한 초기 투자비가 회수되어 경제적 역전 포인트가 발생하는 것으로 나타났고, 이후 수명기간 동안 비용절감 효과가 지속되어 누적 경제 효과는 약 27.5%가 발생하는 것으로 나타났다.

3. 결론

KR 철도시설 성능검증을 완료한 USP PC침목 분기기는 기존 PC침목 대비 자갈과 침목의 접촉 면적 증대를 통한 자갈세립화 방지, 탬핑 횟수 감소에 따른 작업주기 증가 등 유지보수비 절감에 매우 효과적인 것으로 확인되었다. 본 논문에서는 이러한 효과를 LCC 산정을 통해 경제적 관점에서 분석하였다. 분석 결과 신설선이나 갱환선 모두에서 USP분기기를 적용 시에는 약 27.5%의 경제적 비용절감 효과가 발생하였다. 증가한 초기 비용 상승분은 2년경과 후에 완전히 회수되는 것으로 나타났다. 보수주기 증가에 따른 차량 서행 감소, 소음 및 진동저감 등으로 인해 추가로 발생하는 편익효과를 적용

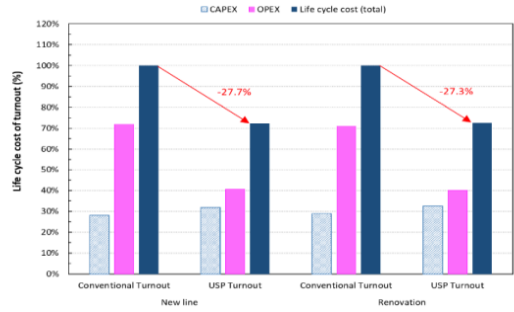


Fig 5. Result of LCC analysis

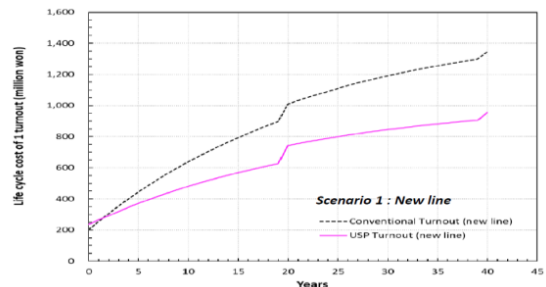


Fig 6. Increase of LCC with time in new line

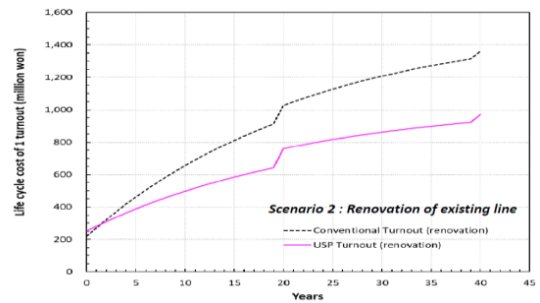


Fig 7. Increase of LCC with time in renovation line

시에는 경제적 효과가 더 클 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 윤병현 외 3명, 자갈도상용 USP분기기 기술 개발, 한국철도학회 추계학술발표대회논문집, 2018. 10, pp. 447-449.
- [2] 장승엽 외, USP 분기기의 경제성(LCC) 분석 보고서, 한국철도학회, 2019. 09.
- [3] BS EN 16730:2016, Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers with under sleeper pads, European Committee for Standardization.
- [4] ÖBB Regulation on turnouts_USP 07.03.01 Regelwerk, Chapter 5.2.
- [5] IRS 677131 - Under Sleeper Pads (USP) Recommendations for Use.