

무도상 판형교 레일 장대화에 따른 궤도 유지관리 비교연구

A comparison study for the track maintenance system

for the non-ballast steel plate bridge

남보현*

장태철**

우용근**

민경주***

Nam, Bo-Hyun

Jang, Tae-Cheol

Woo, Yong-Keun

Min, Kyung-Ju

ABSTRACT

Form the application of long rail system the non-ballast steel plate bridges, fatigue strength increase and rail noise reduction can be expected. This is mainly form the reduction of the rail impact at the rail joint locations which already made to behave together from welds. In the high speed rail, application of long rail system is essential because without long rail system, the required serviceability level can not be achieved. But even with this long rail systems, the thermal expansion from the girder can not be absorbed in the normal bearing systems, and these expansion cause between girder and rail. Also unexpected rail buckling and fracture through rail thermal tension may happen. It was found through numerical analysis and field measurement that these problems can be avoided by semi-fixed bearing system.

In this study, the benefits of non-ballast plate bridge through long rail system, especially at the point of girder stability, girder stiffness increase and bearing maintenance will be reviewed.

1. 서론

무도상 판형교의 레일 장대화는 레일이음매를 용접하여 일체화시켜 이곳에서 발생하는 열차의 충격을 없앴으로서 궤도의 유지관리는 물론 거더의 충격과 진동을 감소시킴으로서 거더의 피로 수명 연장과 열차의 소음감소 등의 효과가 있다. 또한 궁극적으로 궤도를 안정시켜 교량 상에서 승차감과 주행안정성을 증진시켜 열차속도향상에도 기여하게 된다. 그러나 기존의 교량받침의 경제조건으로는 무도상 판형교량은 레일에 거더의 온도신축의 영향이 크게 전달됨으로 교량상 궤도의 안정성을 저하시키고 레일과 거더의 상대변위의 증가로 레일 패드의 마모와 레일체결구의 이완 등으로 유지관리 노력이 증가되게 된다. 특히 온도상승에 따른 레일의 온도 압축력 증가에 따른 궤도의 좌굴 위험성과 온도강하에 따른 레일의 온도 인장력 증가에 따른 레일의 절손 위험성이 증가되게 된다. 거더의 온도신축과 레일의 탄성적 저항에 따른 교량받침의 종방향력 증가는 열차의 수직 충격과 함께 보자리의 손상도 크게 증가되게 된다. 무도상 판형교의 레일 장대화에 따른 이러한 문제점을 반고정형받침을 사용함으로써 해결할 수 있음을 수치해석 및 현장부설과 계측 등을 통하여 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 무도상 판형교의 레일 장대화에 따른 궤도의 안정성 향상, 거더의 강성 증가 등과 더불어 궤도 및 교량받침의 유지관리 노력의 감소 등 경제적 측면에서의 효과를 분석하고자 한다.

* (주)철도안전연구소, 정회원 E-mail : bingo72@lycos.co.kr TEL : (02)412-1100 FAX : (02)412-5662

** 한국철도공사 대구지사 시설팀, 정회원

** 한국철도공사 부산지사 시설팀, 정회원

*** 코레일트랙(주), 정회원

2. 국내 철도판형교량 현황

2.1 철도판형교량 현황

2005년 철도공사 통계자료에 의하면 전국에 총 2,699개의 교량이 분포되어 있고, 이들 중 PC교가 1,134개(약 42%)로 가장 많이 부설되어 있으며, 다음으로는 판형교량이 880개(약 32.6%)로 부설되어 있다. 이는 2000년 철도공사 통계자료와 비교해 보면 철도판형교량은 1,192개에서 880개로 5년 동안 312개가 개량 또는 사용중지가 된 것으로 사료된다.

또한, 철도판형교는 63개 선로에 전반적으로 분포되어 있으며, 그림 2와 같이 경부선 및 경전선에 80개, 영동선에 75개 등이 분포되어 있다.

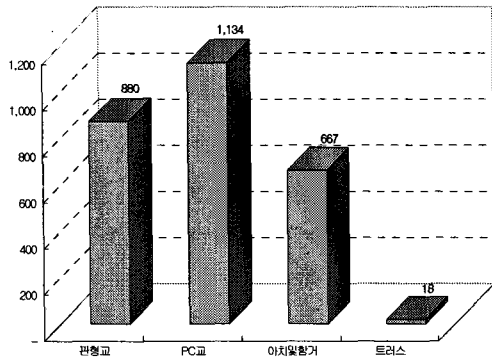


그림 1. 구조형식별 철도교 분포 현황

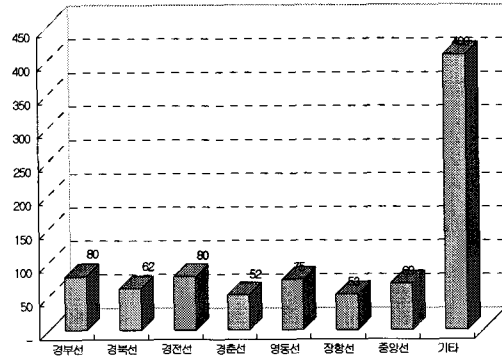


그림 2. 선로별 판형교 분포 현황

2.2 철도판형교량 문제점

판형교량에 설치되어 있는 교량받침은 주로 재래식 선반침 또는 면받침이다. 이들은 교량받침의 초기형태로 주로 상부의 수직하중을 교량 하부구조에 전달해 주는 기능을 하며 최소의 구속조건 즉 횡방향 구속과 교량의 안정성 확보를 위한 고정단 및 가동단의 기능은 가지고 있으나 부반력에 대한 제어 기능이 없다. 때문에 가끔 홍수시 판형교 거더의 유실은 부반력 제어의 부재에서 오는 경우가 대부분이다.

판형교량은 상부구조의 전체 하중이 5ton~30ton 정도로 경량구조이나 상재 활하중인 열차하중은 132ton으로 10배 정도의 하중이 통과하며 열차의 충격과 진동을 수반하게 되어 판형교량의 거동은 아주 복잡하게 되고 이에 따른 교량받침의 손상과 보자리의 신속한 손상으로 잦은 보자리 보수로 인하여 유지관리에 많은 어려움을 겪고 있다. 그림 3은 판형교에서 발생하는 일반적인 손상을 나타낸 것이며, 그림 4는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 거북등슈에 강판을 덧대고 앵커로 밀림을 방지하기 위해 고정한 것을 나타낸 것이다.

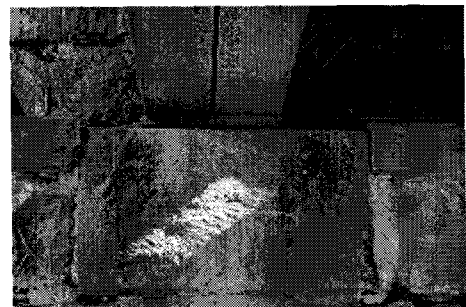


그림 3. 충격에 의한 보자리 침하



그림 4. 기존 교량받침 보강현황

2.3 철도판형교량 궤도상 문제점

판형교량에 레일 장대화를 실시하면 2.2절에서 기술한 문제점 외에도 기존 교량받침은 다음과 같

은 문제점을 수반하게 된다. 레일 장대화는 순수한 레일의 온도변화에 따른 레일당 최대 축력이 $\pm 60\text{ton}$ 에서 크게는 $\pm 80\text{ton}$ 을 상회하게 된다. 기존의 교량받침은 이러한 축력에 거더의 온도신축으로 인하여 레일에 발생시키는 추가 축력이 약 $\pm 5\text{ton} \sim \pm 30\text{ton}$ 정도를 발생시켜 레일의 축력을 크게 증가시키게 된다. 이는 판형교 거더의 길이와 경간 수 등에 따라 다르게 나타나고, 교량길이가 긴 판형교량에서는 더욱 문제를 발생시키게 되며, 레일과 침목의 체결 상태 및 침목과 거더의 고정 상태에 따라서는 이보다 훨씬 큰 응력을 발생시킬 수도 있다. 이는 궤도의 좌굴 위험성을 증가시켜 교량의 안정성을 저하시키게 되어 열차의 안전운행을 위협하게 되며, 레일패드, 레일 체결구 등 궤도재료의 손상을 촉진시키게 된다.

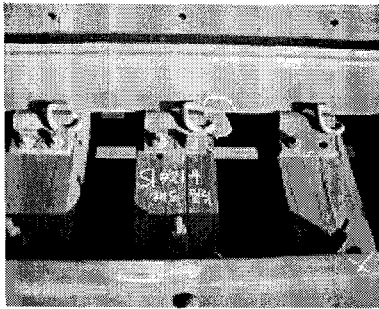


그림 5. 패드붙랏

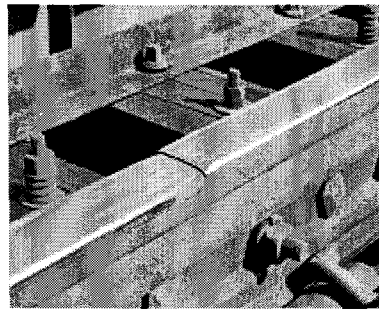


그림 6. 레일단차

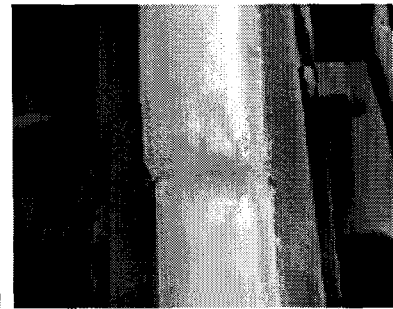


그림 7. 레일 유간 붙랏

이러한 거더에 의한 축력의 증가는 교량받침에서는 종방향 반력으로 작용되게 된다. 레일 장대화가 되지 않았을 때 이들 종방향력은 아주 미소하여 설계상 무시하여도 되나 장대화후에는 종방향력 외에도 열차의 제동하중, 시동하중 및 기관차의 견인력 등과 함께 종방향력으로 작용되게 되어 교량받침의 안전성을 저해시키게 된다. 더욱이 위의 종방향력에 열차의 수직하중은 교량받침 저판에 편심하중으로 작용되어 응력 집중으로 인한 교량받침의 손상이 신속하게 진행되게 된다. 이는 판형교의 레일장대화 된 교량에서, 열차가 운행되지 않는 교량의 교량받침은 손상이 되지 않은 반면 열차 운행 빈도가 높은 교량받침의 손상이 신속하게 진행된 사례에서 쉽게 알 수 있다.

교량받침에 전해진 종하중은 교각 또는 교대를 통하여 지반으로 전달되어 교각에 편심하중이 작용되게 된다. 현재의 철도 교량은 장대레일의 종하중을 고려하여 설계하고 있으나 판형교량의 대부분은 공용연수가 50년이 넘어 장대레일 종하중을 설계에 반영하지 않아 교각의 안전성에도 문제를 발생시킬 수 있을 것이다. 특히 교대 배면의 노반과 교량의 강성차로 인한 열차 충격으로 노반의 지지력이 손상되어 이곳에서 열차의 진동이 크게 나타나고 있음을 고려한다면 교대에 발생되는 종방향 하중은 교대 배면의 유지관리와 열차의 주행안전성과 승차감을 더욱 저하시키게 될 것이다.

특히 판형교량상 레일 장대화는 온도상승에 따른 레일 축력의 증가로 궤도의 횡 좌굴은 물론 상향력도 발생될 수 있으나 현재의 판형교량 교량받침은 이에 대한 저항력이 아주 취약한 구조이다. 이는 축력이 크게 발생되는 지점부에서 레일이 절손될 경우 거더의 들림과 횡방향 편심력으로 인한 거더의 이탈 가능성도 있으며 이 경우 교량 낙교 등의 대형사고로 이어질 수 있으므로 현재는 소음, 진동, 교량의 내하력 감소 및 이에 따른 유지보수 등의 비용에도 불구하고 교량상 레일장대화의 추진을 주저하고 있는 실정이다.

3. 축력저감받침 적용에 따른 성능평가



그림 8. 경부선 청도강교량 레일장대화

경부선 청도강교량은 2002년 레일장대화 실시 설계를 수행한 후 2003년 하선에 우선 레일 장대화를 수행한 교량이다. 2003년 당시 일반 교량 받침을 사용하여 레일 장대화를 수행하였었으며, 기존 교량받침으로 장대레일에 따른 궤도 문제 및 구조물 영향에 대한 문제점을 이 문제는 만 2년도 안되어 기존 교량받침의 기능을 상실할 정도의 교량 및 궤도에 문제점을 수반하였다. 이러한 문제점으로 인해 2005년 축력저감받침을 사용하여 전면적으로 상, 하선의 교좌장치를 교체하였으며, 2006년에 상선에까지 레일 장대화를 수행하였다. 따라서, 국내 최초의 100m 이상의 판형교량에 레일 장대화를 수행한 교량이 되었다.

경부선 청도강교량에 대해서는 이미 2001년도 ‘청도강교량 정밀안전진단’과 2002년도 ‘레일 장대화 시공에 따른 장대레일 계측’에서 궤도 및 교량에 대한 안전성에 대해 교량받침의 안정성을 제외한 대부분의 경우에 대하여 레일 장대화에 큰 영향이 없는 것으로 조사되었다.

본 계측은 2005년 청도강교량에 축력저감받침을 부설한 이후 교량 및 궤도의 상태를 평가하기 위하여 본사에서 주기적으로 계측을 수행하고 있으며, 계측은 일반적으로 장대레일 축력과 거더의 온도신축 및 축력저감받침의 동적거동에 대하여 계측 및 측정을 수행하고 있다.

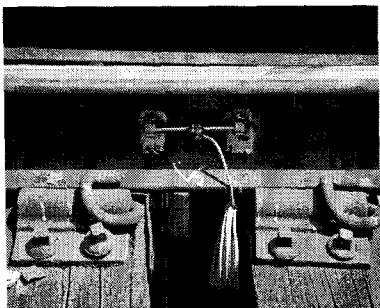


그림 9. 진동현식 변형률계

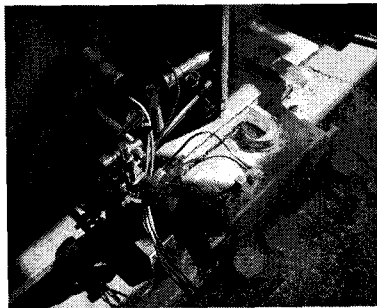


그림 10. 교량받침 동측정

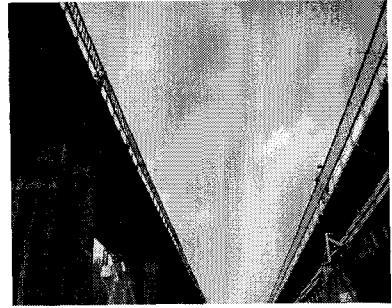
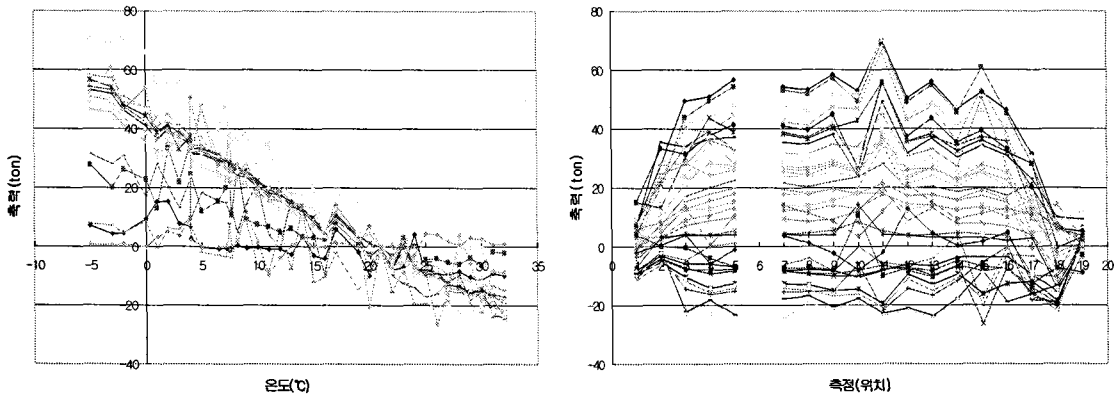


그림 11. 소음 측정

장대레일 축력은 도상 8개소, 교량 15개소 등 총 23개소를 설치하여 측정하였으나, 이중 2개소는 계측을 시작한 후 용접부가 탈락되어 계측이 불가능하여 결과를 산출하기에 다소 무리가 있어 제외시켰다.

그림 12는 청도강교량 현장계측에 의한 최종 장대레일축력측정결과이다. 계측의 특성상 1회 계측에 소요되는 시간이 약 30분정도이며, 도상과 교량상의 레일온도의 차이와 변화 등으로 표현이 곤란하였으므로 여기서의 온도는 기온을 기준으로 나타내었다. 레일신축이 설치된 시종점부에는 이론적으로는 레일 축력이 나타나지 않을 것이나 실제 계측에서는 -4.8ton~7.5ton으로 계측되었다. 이는 신축부로부터 약 3m 간격을 두었으므로 이곳의 체결력에 기인할 수도 있을 것이나 경험적

으로는 계측오차와 신축부의 마찰 등의 영향도 받았을 것으로 사료된다.



<그림 12. 청도강교량 축력 측정>

대체적으로 거더의 중간 측정보다는 교량거더 신축부에서 축력이 높게 나타나고 있는 현상을 보이고 있으나 이론치 보다는 상당히 낮은 축력이 나타나고 있음을 보여준다. 축력이 낮게 나타나는 것은 궤도 및 교량의 안전성 측면에서 유리한 것이므로 크게 문제되지는 않을 것으로 사료된다.

이러한 현상의 원인은 레일 패드의 마모, 교량의 거더 신축이 침목고정장치 및 레일체결구를 통하여 전달의 불확실성 등에 기인하는 것으로 판단되며, 특히 열차운행선 상에서 측정시간과 온도의 변화 등 측정조건의 불리함으로 인한 오차도 크게 나타나고 있을 것으로 판단된다. 본 계측의 정확도 또는 신뢰도가 다소 낮을 수 있으나 축력저감받침의 효과는 나타나고 있음을 알 수 있다.

거더의 온도 신축은 이론적 온도신축과는 다소 차이를 보이고 있으나 이는 측정상의 오차, 온도 측정의 정확성, 거더의 온도차이 등 여러 조건에 따라서 다르게 나타날 수 있다. 그러나 대체로 이론신축과 유사하게 나타났다.

거더 지점부의 동적거동을 파악하기 위하여 거더의 지점부에 LVDT와 가속도계를 설치하고 운행열차에 대하여 계측을 실시하였다.

거더 지점부의 최대 동적처짐은 수직처짐 0.65mm 종방향처짐 0.45mm 횡방향처짐 0.15mm로 나타났다. 이들처짐은 기존 교량받침에 비하여 절대치에서 크게 감소되었으며, 특히 기존 교량받침에서와 다르게 열차의 주행에 따른 거동이 이동되는 하중에 따라 명료하게 나타나고 있다. 또한, 거더 지점부의 최대 가속도를 측정한 결과 교량받침에서의 최대가속도는 거더의 최대 가속도보다 약 1/10 정도로 계측되었으며, 이는 일반 판형교량 기준받침에 비하여 가속도의 전달이 크게 저감됨을 확인할 수 있었다.

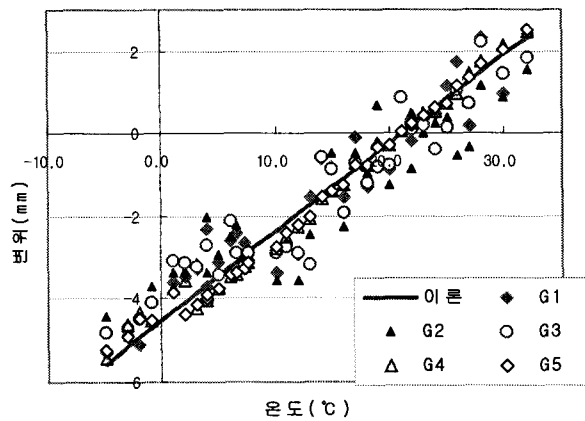


그림 13. 대기온도와 거더신축

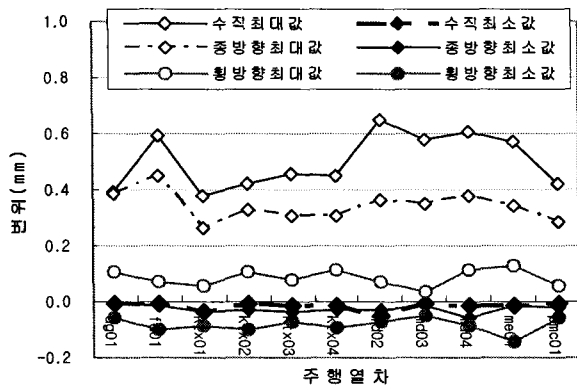


그림 14. 교량받침 최대변위

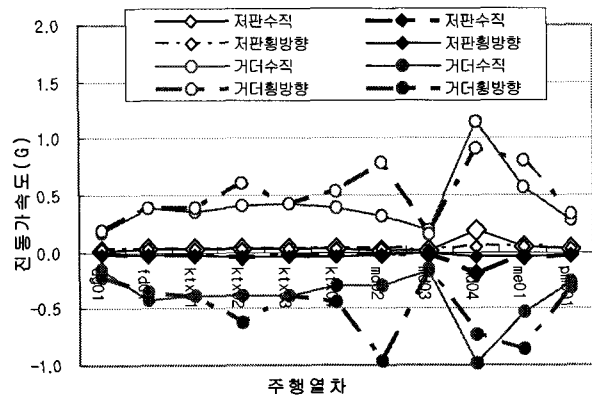


그림 15. 교량받침 최대가속도

위와 같이 청도강교량에 대한 계측을 통하여 축력저감받침의 성능효과를 입증하였다. 아래 그림 16은 청도강교량의 레일장대화 전/후를 비교한 것이다. 교량 처짐은 청도강교량 하선의 거더 3, 4 번에 대한 처짐으로 기존 교량받침으로 장대레일을 부설 한 후 결과를 비교한 것이며, 소음측정은 축력저감받침이 설치된 청도강교량과 유사한 경부선에 위치한 유천강교량을 비교한 것이다. 여기서 유천강교량은 기존 교량받침을 사용하고 있으며, 레일 장대화가 수행되지 않은 개소이다.

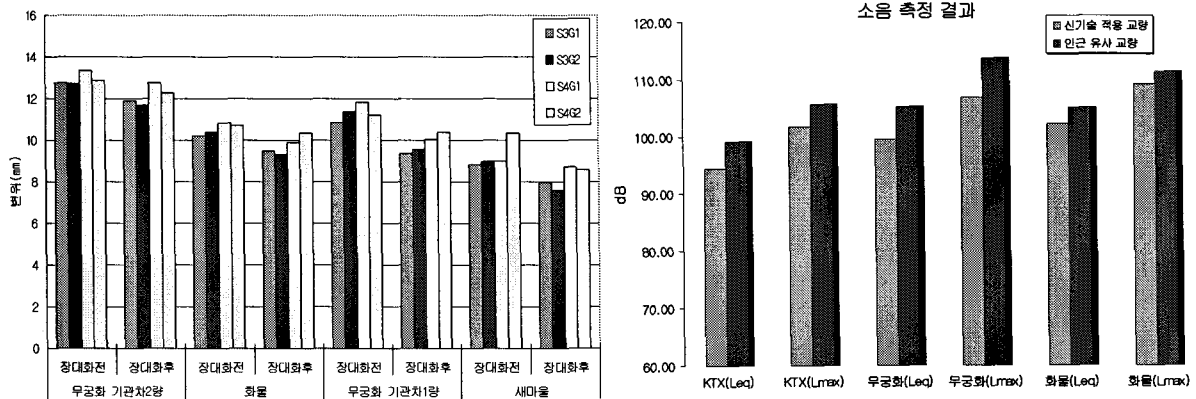


그림 16. 청도강교량 레일장대화 전/후 상태 비교

현재 축력저감받침은 2002년 경전선 저불강2교에 부설한 이후 총 6개 교량에 설치 시공되었으며, 경부선 2개 교량에 현재 설치중에 있다. 여기서, 경부선 청도강교량 및 칠성천교량에 레일 장대화를 수행하였다.

4. 국내 철도판형교량 유지관리

4.1 궤도유지관리 현황

본 연구에서는 경부선 청도강교량과 칠성천교량에 대하여 유지관리 현황 자료를 한국철도공사 대구지사 및 부산지사의 도움으로 2개 교량에 대한 유지관리 현황을 조사·분석하였다.

경부선 청도강교량에 대하여 2005년부터 2007년까지 수행한 궤도 점검 및 유지관리 자료를 근거로 축력저감받침 적용 전·후에 대한 궤도 유지관리에 대하여 비교 분석하였다.

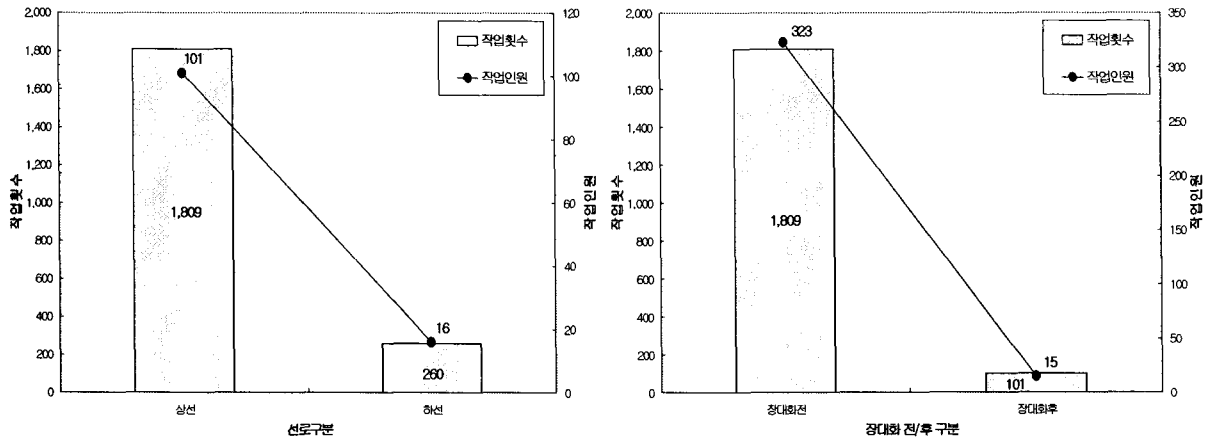


그림 17. 경부선 청도강교량 유지관리 현황

청도강교량 하선은 축력저감받침을 교체하기 전에 장대레일이 부설되어 있었으며, 상선은 2006년 9월에 장대레일을 부설하였다. 위 비교는 단순 비교로서 유지관리에 대한 상대적인 수치로 절대적 가치는 높지 않을 것으로 판단하고 있다. 이러한 점을 감안한다하더라도 궤도의 유지보수 수량, 인원 등 모든 면에서 레일 장대화 교량인 하선은 상선에 비해 1/7 수준이다. 이는 무도상 판형교량의 레일 장대화가 얼마나 궤도의 유지보수에 효율을 기할 수 있는가를 나타내는 것이라고 할 수 있을 것이다.

표 1은 청도강교 상선에 레일 장대화 시공 전과 시공후의 궤도유지보수 자료를 비교한 것이다. 청도강교 상선에 레일 장대화 시공후 유지보수 기간이 짧음으로 단순 비교의 의미는 감소될 것이나 청도강교 상선의 레일장대화 시공 전·후 유지보수 비교는 결과에서 나타나는 것과 같이 수량에서는 약 10%, 유지보수 인원에서는 25% 정도 유지보수 노력이 저감되는 것을 알 수 있다. 경험적으로 추정한다면 상선도 하선과 유사한 수준으로 궤도 유지 보수 노력이 저감될 수 있을 것으로 판단하고 있다.

다만, 여기서 유의할 점은 궤도의 유지보수는 유지보수 당시 재료의 공용년도, 유지보수 관리책임자의 궤도유지보수에 대한 의지 등이 많이 좌우하고 있음을 고려하여야 할 것이다. 열차의 주행에 따른 소음 특히, 레일 이음매에서 충격소음이 발생되지 않음으로 소음이 다른 판형교량에 비하여 크게 감소하였으며, 이는 교량이나 궤도에 충격에너지를 발생하지 않기에 이들에 대한 유지보수가 감소될 것이라는 것은 당연한 결과라 할 수 있

표 1. 경부선 청도강교량 레일장대화 전/후 비교

선로구분	수량	인원			레일상태
		직원	인부	계	
상선	1,809	82	19	101	장척레일(A)
하선	260	13	3	16	장대레일(B)
보수비율(%)	14.3	15.9	15.8	15.8	A/B×100

레일상태	유지보수기간	수량	인원			비고
			직원	인부	계	
장대화전	05.01~06.08 (20개월)	1,809	82	19	101	보수비율은 수량, 인원 및 보수기간 대비로 하여 장대화후 대 장대화전의 비율임
장대화후	07.01~07.04 (4개월)	323	10	5	15	
보수비율(%)		89.3	61.0	131.6	74.3	

참고 : 상선레일장대부설은 2006년 9월에 시행하였으며 장대레일 부설 직후인 10월에서 12월까지의 교량상 장대레일 안정기간으로 궤도 정정, 궤도재료 교환 등이 집중되는 기간으로 궤도 부설 후 특별 보수기간으로 판단됨으로 비교에서는 제외함

표 2. 경부선 칠성천교량 레일장대화 전/후 비교

년도	장대화 전	장대화 후		
	2004	2005	2006	2007
작업량	1,809	300	330	24.5
작업인원	260	35.8	31.8	3

레일상태	유지보수기간	수량	인원	비고
장대화전	04.01~04.12 (12개월)	1,373	175	보수비율은 수량, 인원 및 보수기간 대비로 하여 장대화후 대 장대화전의 비율임
장대화후	05.01~07.05 (29개월)	654.5	70.6	
보수비율(%)		19.7	16.7	

다.

경부선 칠성천교량은 2004년 신기술을 적용하여 현재 사용중에 있다. 본 비교 대상 년도는 2004년부터 2007년 5월까지로 경부선 칠성천교량에 대한 유지관리 및 궤도, 도상 보수 이력을 정리한 자료로써 한국철도공사 부산지사의 자료 협조를 받았다.

그림 18에서 나타나는 것과 같이 2004년도 총 작업량은 1,373회 175명이 투입되어 궤도 유지관리를 수행하던 개소가 2005년도 300회 35.8인, 2006년도 330회 31.8인이 투입되어 2005년부터는 유지관리 수행횟수 및 투입인원이 감소되는 것을 명확히 알아볼 수 있다.

이 수치를 인건비로 산정해 본다면 상대적으로 유지관리 질감효과를 평가할 수 있을 것이다. 한국 엔지니어링진흥협회에서 제공하는 2006년도 엔지니어링업체 임금실태조사 결과에서 건설 기술자 중급을 기준(146,066원)으로 유지관리비를 산정해 볼 경우 2004년 175인에 대한 인건비는 약 2,550만원, 2005년 약 510만원, 2006년 450만원으로 2004년도 인건비를 기준으로 연간 약 2,000만원 정도를 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

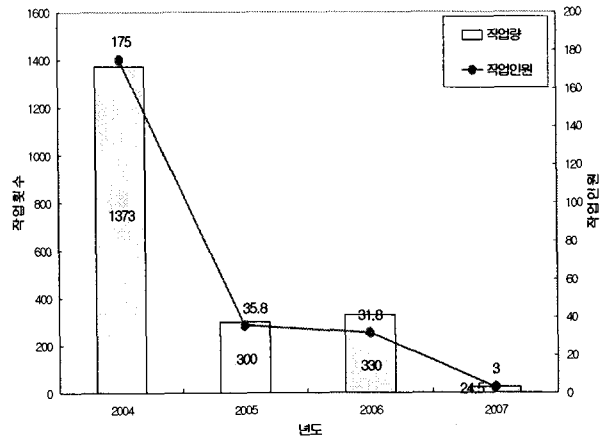


그림 18. 경부선 칠성천교량 유지관리 현황

4.2 향후 철도판형교상 레일장대화 예측

위에서 나타는 결과로 유추해 본 결과 유지관리의 노력이 저감된 가장 큰 이유는 철도 교량상 레일 장대화로 볼 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 한국철도공사 통계자료를 토대로 향후 레일장대화를 추정해 보았다. 통계자료에서 조사된 2005년 자료를 토대로 현재 전국에 총 2,699개의 교량이 분포되어 있고, 철도판형교량은 약 1/3가량(32.6%, 880개소)을 차지하고 있다. 2005년 100m 이상 경부선 청도강교량에 축력저감받침을 부설하여 레일 장대화를 수행한 결과를 토대로 향후 100m 이상 철도판형 교량상 레일 장대화를 가능하게 하였으므로 철도설계기준(철도교편)에서 제시하는 장대레일을 설치하지 못하는 위험 개소 중 판형교구간은 제외되어도 될 것으로 판단된다.

한국철도공사 통계자료를 토대로 1990년부터 2005년까지의 자료를 조사하였으며, 2005년 기준으로 레일은 총 7,871,719m가 부설되었었다. 이 중 장대레일은 3,020개소 3,145,014m로써 전체 레일부설 중 39.95%를 차지하고 있다.

그림 19는 1990년 이후 2005년까지 전체 레일 부

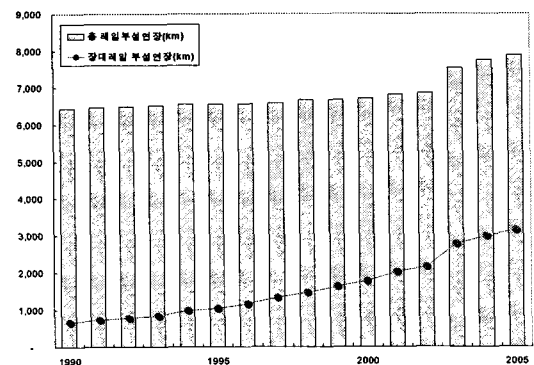


그림 19. 장대레일 부설현황

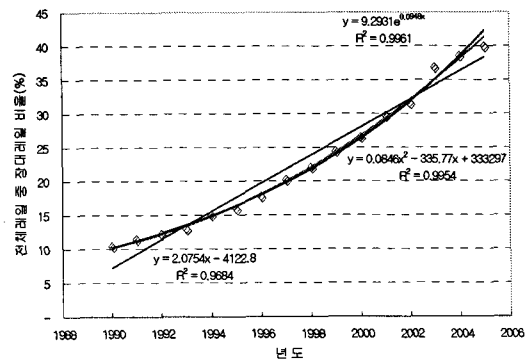


그림 20. 장대레일 부설연장으로 예측한 회귀식

설 연장과 장대레일 부설연장을 비교하여 나타낸 것으로 1990년과 2000년을 비교해보면 1990년에는 레일의 총 연장 6,434,621m로 장대레일이 부설된 개소는 총 745개소 670,556m가 설치 운행되었으며, 2000년에는 레일의 총 연장 6,706,343m로 장대레일이 부설된 개소는 총 1,975개소 1,778,068m가 설치 운행되었다. 이와 같은 통계 자료에서도 나타나는 것과 같이 최근 들어 철도 궤도분야에서 장대레일이 차지하는 비율이 급격히 증가되고 있음을 나타내고 있다.

그림 21에서 나타나는 것과 같이 전체 레일부설 연장 중 장대레일의 비율은 1990년 10.42% 이후 2005년 39.95%로 해마다 증가하고 있음을 알 수 있으며 위 예측식을 근거로 산정해 본다면 2010년에는 전체 레일 연장 중 최소 48.75%에서 최대 68.04%가 장대레일이 부설되는 것으로 나타나고 있다.

따라서, 2005년 현재 철도관형교는 880개 교량에 총 레일 길이는 50,874m이다. 따라서, 2010년까지 최소 48.75%의 장대레일이 부설된다고 볼 경우(이 경우, 도상구간과 교량구간 및 터널구간 등을 같은 확률로 부설한다고 가정하였음.) 이 추세를 철도관형교량 레일 장대화에 적용시킨다면 429개 교량, 24,801m의 구간에 레일 장대화가 가능할 것으로 판단된다.

4.3 철도관형교량 레일 장대화 시공에 따른 유지관리 저감 예측

본 연구에서 경부선 청도강교량 및 칠성천교량에 대한 자료로서 예측을 수행하였다. 880개 철도 관형교량에서 2개 교량에 대한 자료로 향후 예측을 수행하는 것이 크게 의미는 없는 것으로 판단되지만 현재 단경간 관형교량을 제외한 관형교량상 장대레일이 부설된 철도교량이 미비하다는 것을 고려하여야 할 것이다.

경부선 청도강교량은 상, 하선에 모두 레일장대화가 수행되었으나, 상선의 경우 2006년 9월에 장대레일이 부설되었으므로 본 비교에서는 제외하였다. 따라서, 청도강교량 하선 98.36m, 칠성천교량 39.22m를 기준으로 청도강교량은 상선 장척레일구간과 하선 장대레일 구간을 상선이 장대레일 부설되기 전까지의 자료를 비교하였으며, 칠성천교량 구간은 표 2를 기준으로 하여 장대레일 부설구간과 장대레일 미부설구간의 유지관리 작업량 및 인원투입을 교량 10m를 기준으로 유추하여 보았다.

표 3과 표 4를 기준으로 향후 2010년까지 관형교량 429개, 24,801m의 구간에 레일 장대화를 수행할 수 있다면 철도관형교량 구간의 작업량은 평균 약 82.95%, 작업인원은 평균 약 83.73% 저감되는 효과를 볼 수 있을 것이다.

2006년도 엔지니어링업체 임금실태조사 결과에서 건설 기술자 중급을 기준(146,066원)으로 유지관리비를 산정해 볼 경우 레일장대화가 수행되지 않은 교량구간에서의 10m 당 유지관리 인건비는 1년기준 1.662명(242,762원)이며, 레일장대화가 수행된 교량구간에서의 10m 당 유지관리 인건비는 1년기준 0.271명(39,584원)으로 나타났다.

표 6과 같은 결과를 토대로 향후 2010년까지 24,801m의 관형교량상 레일을 장대화할 수 있다면

표 3. 교량별 1년 기준 유지관리 비교

	청도강교		칠성천교	
	작업량	인원	작업량	인원
장대화전	1,373.0	175.0	1,085.4	60.6
장대화후	270.8	29.2	156.0	9.6

표 4. 관형교량 10m 당 유지관리 비교(1년기준)

	청도강교		칠성천교	
	작업량	인원	작업량	인원
장대화전	13.959	1.779	27.675	1.545
장대화후	2.753	0.297	3.978	0.245
저감율	80.27	83.31	85.63	84.16

표 5. 연간 관형교 유지관리비 비교(10m당)

	인원	인건비(원)	비교
장대화전	1.662	242,762	
장대화후	0.271	39,584	

궤도부분에 대해 연간 유지관리에 투입되는 인건비만으로 약 5억원의 절감을 예상해 볼 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결론

경부선 청도강교량을 대상으로 레일장대화 전후를 비교하고 축력저감받침을 부설한 후 주기적인 계측을 수행한 결과 기존 교량받침보다 성능이 우수한 것을 확인할 수 있었다. 향후 철도 판형교량상에 장대레일을 부설하는 것이 궤도 및 구조물의 안전성이 확보될 수 있을 것으로 판단된다.

경부선 칠성천교량 및 청도강교량의 유지보수 자료를 토대로 판형교량의 레일장대화 수량을 예측하였으며, 이를 토대로 장대레일 부설 전후의 유지관리비 저감효과를 산정한 결과 판형교량상 레일장대화를 수행한다면 유지관리비 저감효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구의 수행과정에서 궤도유지보수 현황 및 현장지원해 주신 한국철도공사 대구지사 및 부산 지사에 깊은 감사를 드리며, 철도경험을 바탕으로 기술지원과 조언을 해준 신정부건설에 감사드립니다.

참고문헌

1. 민경주 외(2002.12), 경부고속철도 기존선 활용에 따른 판형교 장대부설 및 장대레일 관리방안 연구, 한국철도공사
2. (재)한국철도기술공사(2003.2), 경부선 청도강교(하) 외 5개교량 장대레일설계 보고서, 한국철도공사 대구지사
3. 민경주, 심현우, 안용득(2005.4), 무도상교량 장대레일 부설에 따른 계측 및 평가, 철도학회학술발표회
4. 민경주, 반결용, 남보현(2005.5), 무도상교량 특성을 고려한 장대화방안 연구, 철도학회학술발표회
5. 민경주, 반결용, 유현중(2007.5), 판형교 레일 장대화에 따른 성능개선, 철도학회학술발표회
6. 철도안전연구소, 두산중공업(2004.11), 건설신기술 제437호 지정서, 건설교통부
7. 한국철도공사(2004), 철도설계기준(철도교편), 한국철도공사