

레일긴장기의 성능을 고려한 효율적인 장대레일 설정방법

Evaluation of Installation Length of CWR Considering Rail Tenser's Capacity And Track Maintenance

박옥정† 김응록*
Park, Ok-Jeong Kim, Eung-Rok

ABSTRACT

The significant of continuous welded rail (CWR) management is growing because KORAIL has the plan to convert the whole of conventional railway lines into CWRs through continuous activities since constructed the CWR track with 1.8km in Gyeongbu line in 1966.

The CWR recently is needed a efficient management method because it is difficult to manage the CWR by the poor of technic and equipment, limited maintain labor force and shorted the maintain work time of CWR caused by industrialization, greenhouse effect and global warming

In this point, The 70ton Tenser's which is using in the rail site has been analysed with no extra tensor's capacity in case of the under low temperature and exceed the length of 1km as a result of reviewing the CWR-related rules and standards, a series of records of safety accidents, operation obstacles, and the situation of broken rails published by KORAIL, existing rail temperature measurements, and CWR researches.

Therefore avoid the excessive plan of the first set-up section, choice the proper time in the normal temperature that is possible to weld the rail, turning the difference of rail temperature and Installation temperature down is desirable.

국문요약

한국국철은 1966년 경부선에서 1.8km의 장대레일을 부설한 이래, 레일 장대화 개량사업을 지속적으로 확대하고 있으며 최근에 착공하거나 계획 중인 주요본선은 전면 장대화하도록 권장하여 부설지역이 광범위해지고 부설률이 증가함으로써 장대레일 관리가 한층 중요하게 되었다. 그러나 최근에는 산업화, 도시화 과정에서 과다 배출된 이산화탄소 등의 온실효과로 등 지구온난화에 따른 장대레일 작업가능시기 단축, 재설정 등 장대레일 작업의 대폭 증가에 대응하여 제한된 유지보수인력, 낙후된 기술과 장비로 장대레일을 적기에 관리는 매우 힘들어 효율적인 장대레일 관리대책이 요구되고 있다.

이러한 관점에서 전국 주요 간선철도 지역의 기후변화와 장대레일 설정온도, 지점별 대기온도 관련 기상자료, 각종 장대레일 관리기준, 한국국철의 안전사고, 장애기록, 절손현황, 기존의 레일 온도측정치, 장대레일 연구자료 등을 종합 분석하고 레일긴장기 소요성능을 검토한 결과, 철도현장에 주로 사용하고 있는 70Ton급 긴장기는 영하온도대역의 긴장력 및 설정연장 1km 이상의 경우 성능에 여유가 없을 것으로 분석되었다. 따라서 1회 설정구간을 과다하게 계획하지 말고, 기온이 영상으로 올라가 레일용접이 가능한 적정시점을 택하여, 레일온도와 설정온도차를 최대한 줄이는 것이 바람직 할 것으로 판단되었다.

† 정회원, 한국철도기술연구원, 차륜제도연구본부, 책임연구원
E-mail : ojpark@krri.re.kr
TEL : (031)460-5777 FAX : (031)460-5509
* 정회원, 송원대학교, U-건설토목공학과, 교수

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

장대레일은 레일을 용접하여 이음매 충격소음 및 차량진동이 줄어 승차감이 개선되며 열차통과속도 증속과 더불어 안전성, 경제성, 친환경성이 향상되는 획기적인 철도 기술이다. 이러한 장대레일기술은 독일에서 1924년에 길이 320m, 프랑스에서는 1949년 개당 293m길이의 장대레일을 7km 구간에 걸쳐 부설하였고, 아시아에서는 일본에서 1939년에 200m의 장대레일을 부설한 이래, 1953년부터 대부분의 신간선을 1,500m 이상의 장대레일로 부설하고 있다. 한국국철은 1956년 경부선 삼랑진~원동간 100m ARC용접 장척레일을 시작으로 1966년 경부선에서 1.8km의 장대레일을 부설한 이래, 레일장대화 개량사업을 지속적으로 확대하고 있으며 최근에 착공하거나 계획중인 주요본선은 전면 장대화하도록 권장하여 마침내 2004년 개통한 경부고속철도는 전체본선을 이음매없이 연결하는 등으로 2008. 12. 31. 기준 총 3,546km를 장대화하였다. 또한, 광역철도는 2009.9.1 철도건설규칙의 설계속도별 선로등급제를 폐지함으로써 기존 3급선에서 시공기면 부족 등으로 장대화하지 못하던 문제를 해결하여 향후에는 전구간이 장대화가 될 것으로 부설지역이 더 광범위해지고 부설연장도 길어져 장대레일 관리가 한층 중요하게 되었다.

이런 장대레일은 온도변화에 따른 레일신축을 침목체결장치와 도상자갈의 저항력으로 균형을 유지하는 구조이지만 온도변화가 과도하면 줄뜰림 변형이나 레일파단을 야기하므로 장대레일의 안전성 확보를 위하여 레일온도변화관리가 매우 중요하다.

한편 한반도의 기후조건은 최근까지 전세계적인 산업화 과정에서 과다 배출한 이산화탄소 등의 온실효과로 여름이 1개월 정도 길어지고 열대야 일수가 대폭 증가하는 반면, 겨울이 한달 가량 짧아지고 영하일수는 감소하며, 봄여름이 보름정도 일찍 시작되는 등 레일 장출 사고 우려가 높아지고 있지만 현재의 장대레일 설정온도 규정은 양평, 원주, 제천 등 중부내륙지방의 기온이 영하 30℃ 가까이 내려가 지구온난화를 인식하지 못하던 밀레니엄 이전, 이들 지역에 비해 상대적으로 덜 추운 서울, 대구, 부산 등 경부선 일부구간에만 제한적으로 장대레일이 부설되었던 때의 기준을 그대로 적용하고 있다.

또한 현장에서의 장대레일 설정방법을 보면 기후변화를 느끼지 못하던 장대도입 초창기의 레일가열기방법에 의존함으로써 차단시간 등 작업가능시간이 줄고 제한된 유지보수인력과 장비로 대폭 늘어난 장대레일 궤도보수작업을 감당하느라 삼중고를 겪고 있다. 따라서 현재 장대레일 설정온도를 조정하지 않을 경우 봄 여름철의 장출사고 위험도가 증가하게 되므로 설정온도의 상향조정이 필요하며 가열기 등에 의존한 전 근대적 장대레일 관리방법에서 탈피하여 효율적인 장대레일 재설정방법을 찾아야 할 것임을 시사한다. 여기서 장대레일 관리에 가장 중요한 변수인 기온상승 등 기후변화에 적절하고 합리적으로 대응하기 위하여 현행 장대레일 관리현황 및 긴장기 성능 등을 조사하여 효율적인 설정온도 및 적정한 긴장기 용량을 분석하고자 한다.

1.2 연구동향

1980년대부터 철도청 소속 철도기술연구소를 중심으로 도상저항력측정 분석, 레일온도와 대기온도에 관한 연구 및 체결장치성능과 급곡선부의 장대레일 확대적용시의 궤도 안전성 등을 연구해 왔으며, 연구동향을 살펴보면 박옥정(1994)은 장대레일 구간에 도상이완작업 후에는 한시적이라도 안정화 대책이 필요하므로 궤도안정기(D.T.S) 도입을 제안하였고, 온도 변화와 무관한 이상축력이 발생할 수도 있으므로 직접 레일 축력계측에 의한 장대레일관리 필요성을 제기하였으며 레일과단의 우려가 없는 개소에서는 설정온도를 상향조정하여 장출에 대한 안전도를 높이도록 제안하였다.

박옥정 등은 2006년 한국철도공사 재설정 효율화방안 연구에서 해빙기에 집중하여 설정온도가 불안정하고 부정확한 레일가열 설정방식을 지양하고 레일긴장기법과 대기온도법을 병용하여 적정온도대역에서 설정하여 장대레일 안전도를 향상시키고 재설정주기를 연장하여 유지보수 효율화를 기하도록 제안하였다.

2007년 한국철도공사연구소에서는 KTX, 경원선 등의 현장에서 설정온도 평가결과 고속선에서 좌우레일간 1.8℃, 2.2℃의 설정온도 편차를 보이는 개소가 있었고, 경원선에서 10월 말경 심야시간에 중위온도 이하 저온에서 연속적인 침묵교환작업을 시행한 개소에서 설정온도가 16~19℃로 측정되어 재설정이 시급하다고 평가하였다.

또한 한국철도공사에서는 2004년 하절기 기상변화에 대한 고속철도 안전관리 대책을 통하여 혹서기에 철도운행속도를 제한하는 방법으로 궤도의 안전성을 확보하고 있다고 발표하였다.

1.3 연구범위 및 방법

본 연구의 지역적 범위는 우리나라의 기상청의 기상 측정 자료가 제공되고 한국국철 철도망내의 지역 중 장대레일이 부설되었거나 향후 철도개량 및 신선 건설 사업으로 장대레일이 부설될 지역으로써, 인근에 기상관측소가 있고 최소한 30년 이상의 기온자료 입수가 가능한 주요지역으로 한정하였다. 기후변화를 분석하기 위한 시간적 범위는 서울, 부산 등 최초 기상관측소가 설치된 지역은 1905년부터의 기상관측자료까지, 대전, 대구, 양평, 제천, 천안 등 35개 주요지역은 1961년부터 1990년까지와 1971년부터 2000년까지의 30년간 기온변화자료를 분석하였고 수원, 광주, 목포, 청주 등 주요 12개 지역은 2005년부터 2007년까지 3년간 매시간 단위의 기온자료를 분석하였다. 위 연구범위에 포함된 기온자료를 분석하기 위하여 기상청 인터넷 웹 사이트에서 기온 원시자료를 내려 받은 후 제주도, 울릉도, 대관령 등 철도망과 관련이 없는 자료는 버리고 관측밀도를 고려하여 주요 철도역 인근 관측점을 선정하고 각 측정별, 시간별 기온자료를 엑셀프로그램을 이용하여 추출하여 레일온도로 변환이 필요한 자료 중 영하의 온도는 기온자료와 동일하게, 영상의 기온일 경우 기온에 1.11승하여 소수 둘째자리에서 반올림 처리하여 기온분석용 기초자료를 작성하였으며, 해외 철도선진국에서 널리 사용되고 있는 각종 레일긴장기의 사용설명서와 국내의 중소기업청 기업 사업으로 개발 중인 국산형 긴장기의 연구 개발 자료를 입수하여 설정온도 상향 조정 시 예상되는 레일과단에 대한 안전범위, 레일긴장기의 소요 긴장력 및 행정량 등 용량문제를 검토하였다.

2. 본론

2.1 설정온도 상향 시 레일 긴장력 분석

장대레일 재설정 온도를 높이고자 할때 재설정에서 가열기를 통한 재설정은 레일의 온도를 재설정 온도에 맞추면 된다. 이 경우에는 재설정시 기온(대기온도)이 낮은 경우 가열에 어려움이 있고 또한 가열된 후에도 열의 손실이 빠르므로 정밀한 설정온도 작업은 그만큼 어렵게 된다.

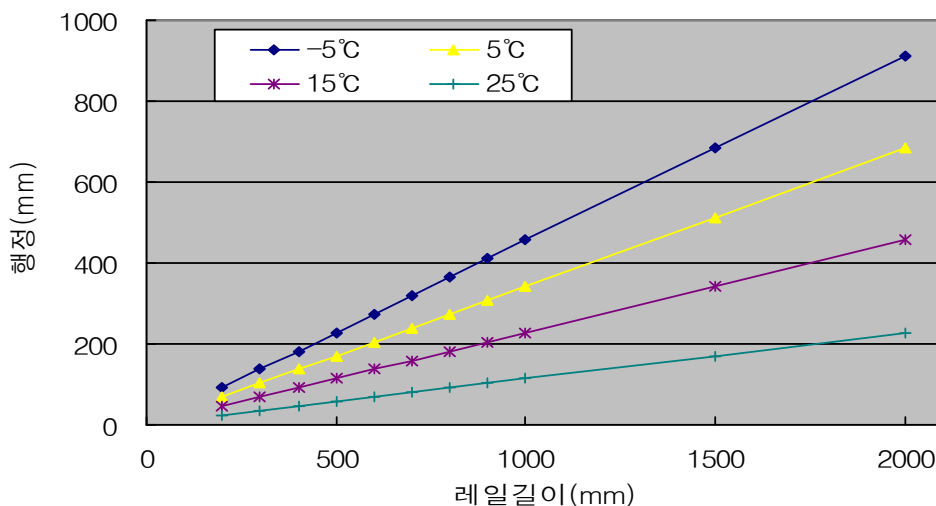
긴장기에 의한 재설정은 레일 온도와 재설정하고자하는 온도차부터 긴장력을 계산한다면 계산 자체는 간단하나 가열기와 마찬가지로 온도차가 큰 만큼 긴장기의 긴장력도 증가되어야 한다.

보통 레일 긴장기의 성능은 레일 당 60ton의 인장력과 약 300mm행정(stroke)으로 구성되어 있다, 그러나 실제 현장 사용에서는 50ton 이상 긴장력을 발휘하기 어렵고 행정도 레일을 잡는 척이 압축력을 발휘하기 위해 일정구간 미끄러져야 되고 레일체결구를 피해야 하는 등 실제 행정의 2/3 이상 사용하기 어려운 문제점이 있음에도 불구하고 향후 보다 정확한 레일 설정온도를 관리하기 위해서는 긴장기의 사용은 필연적이라 할 수 있을 것이다. 따라서 레일 설정온도의 증가는 긴장기의 성능을 개선할 필요가 있을 것이다.

본 연구에서는 설정온도 증가에 따른 긴장기의 요구 성능을 제시하여 설정온도 증가에 따른 과학적인 재설정이 이뤄질 수 있도록 하고자 하며 이를 긴장기 행정과 긴장력으로 나누어 고찰 하고자 한다.

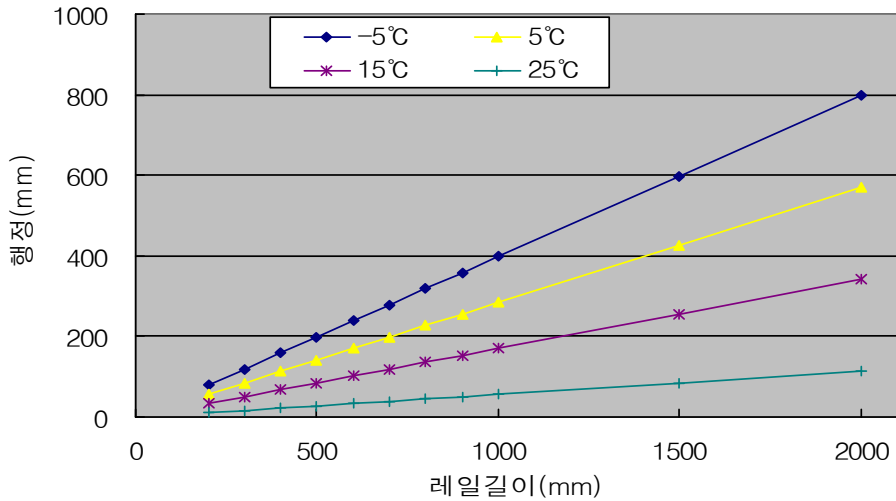
2.2 긴장기의 행정 측면에서의 검토

긴장기의 행정 측면에서의 검토는 긴장량 계산에 필요한 레일의 길이 온도차로부터 간단히 구할 수 있으며 이를 정리한 것이 <그림 2.1>이다.



<그림 2.1> 레일온도별 재설정온도(30°C)에 따른 긴장기 소요행정량

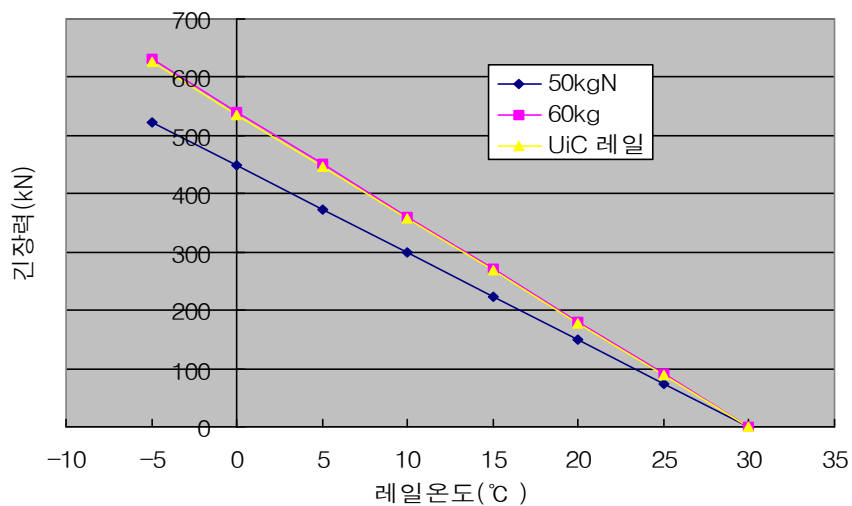
이는 레일설정온도를 각각 30℃와 35℃로 하였을때 레일온도와 재설정 길이에 따른 긴장기의 최소 행정량을 계산한 것이다. 만약 장대레일 재설정길이 1km로 가정한다면 5℃기준으로 최소 행정량은 342mm이므로 여기에 안전 여유량을 100mm로 한다면 442mm 이상을 확보해야 할 것이다.



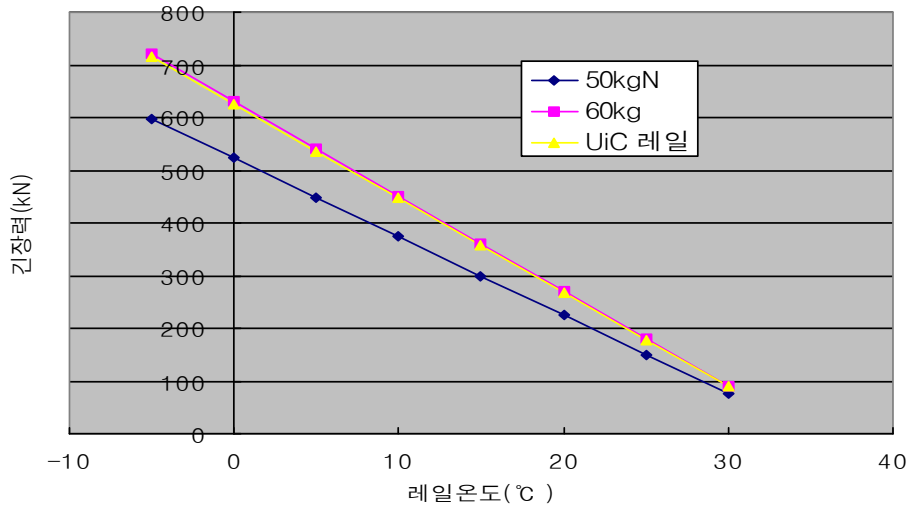
<그림 2.2> 레일온도와 재설정온도(35℃)의 긴장기 소요행정량

2.3 긴장기의 긴장력 측면에서의 검토

긴장기의 긴장력은 재설정 레일 길이와 관계없이 레일설정온도와 재설정하고자 하는 레일의 온도와의 관계이다. 따라서 긴장력 $F = \alpha(t - t_0)EA$ 이다. 이를 나타내면 <그림 2.3>과 같고 재설정온도를 30℃와 35℃로 할 때를 기준으로 레일온도에 따른 소요 긴장력을 레일종별로 산정하였다.



<그림 2.3> 레일온도와 재설정온도(30℃)에 따른 긴장기 소요 긴장력(kN)



<그림 2.4> 레일온도와 재설정온도(35°C)에 따른 긴장기 소요 긴장력(kN)

<그림 2.4>에서 보는 바와 같이 현재 긴장기의 능력을 고려하여 통상 재설정을 5°C 이상에서 실시한다고 가정한다면 설정온도를 30°C로 한 경우에는 60kg(UIC)레일을 제외하고는 가능하다, 그러나 현장에서 최대 긴장력을 사용하기는 어려움으로 이에 대한 대책이 필요하다 할 수 있을 것이다. 설정온도를 35°C로 한 경우에 60kg(UIC)레일에서는 레일온도 5°C 이상에서 제한적으로 사용할 수 있을 것이다.

긴장기를 사용하여 레일 재설정은 실제 현장에서 대부분 0°C 이상에서 작업이 되며 이 이하의 온도에서는 긴장 후 테르미트 용접에서도 품질의 문제가 있으므로 특수한 경우를 제외하고서는 0°C 이하에서 긴장기에 의한 재설정은 지양하는 것이 바람직하다.

이러한 관점에서 고찰한다면 현장에서 적용하기 위해서는 레일온도 5°C를 기준으로 60kg 레일에서 레일설정온도를 35°C로 한다면 이때의 긴장력은 약 540kN이므로 이에 대한 안전율을 20%를 적용시키면 675kN이므로 통상적으로 700kN(약 70ton)으로 현재의 긴장기의 긴장력을 10ton 정도 높이거나 1회 재설정 연장을 긴장기의 성능에 맞게 단축 조정하여야 할 것이다.

2.4 레일 긴장기 국산화 개발

현재, 국내에서 사용하는 재설정 방법은 레일온도가 중위온도 보다 낮을 경우 가열기를 이용하여 레일을 가열하는 방법과 긴장기를 이용하는 방법을 사용하고 있다. 가열기를 이용한 재설정은 프로판가스를 사용하고 있어 가열에 의한 정확한 레일온도를 설정할 수 없고, 열손실이 대단히 크며, 작업연장 및 기상상황 등에 제한을 많이 받고 있어 품질관리에 어려움이 많은 상황이다. 반면, 레일긴장기는 레일을 가열하는 종래의 방법에 비하여 유압으로 레일을 끌어당겨 축력 분포의 균일화를 도모하는 방법으로 시공성과 경제성의 양면에서 레일가열기에 의한 방법 보다 유리하다. 또한, 레일긴장기는 <표 2.1>과 같이 고가의 수입품으로 국산화 개발 시 외화절감 효과 및 국내 철도 관련 중소기업의 기술능력 향상에 도움이 될 것으로 사료된다.

콘크리트 도상 및 일반 자갈도상 등 국내 궤도실정에 맞는 긴장기 개발이 필요하다. 레일 가열기가 2,000kg 정도로 운반이 어렵고, 위험물인 가스취급과 레일가열 시 절연블럭 등 부품의 열화, 가외로 가열기 조작 인원(4명) 소요 등 비 합리적인 부분의 개선이 필요하다.

또 국내에서 제조한 제품은 있으나 주요부품인 유압실린더, 펌프Unit 등을 수입하여 활용하고 있어 국산화 효과가 미미하고, 현장적용시 고장 등 문제를 앓고 있어 제품개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 이런 점을 개선하고자 중소기업지원과제로 영동유압과 엘더스 터엔엘에서 공동으로 개발한 레일 긴장기에 대하여 검토해 보고자 한다.

<표 2.1> 레일긴장기 사양 비교

구 분	RAILTECH (프랑스)	GEISMAR (독일)	(주)PMK (국내 오송)	개발제품
견인력	70톤	70톤	75톤	70톤
인장력	20톤	20톤	20톤	30톤
실린더 스트로크	350mm	380mm	350mm	380mm
최대 부품중량	45kg	53kg	42kg	40kg
총 중량	326kg	300kg	326kg	300kg
적용 궤도구조	자갈도상	자갈도상	자갈도상	콘크리트/ 자갈 도상
로드 보호커버	없음	없음	없음	있음
최대 견인거리	900×2=1800m	900×2=1800m	600×2=1200m	900×2=1800m

<표 2.2> 핸드펌프 유닛 사양 비교

구 분	RAILTECH (프랑스)	GEISMAR (독일)	(주)PMK (국내 오송)	개발제품
펌 프	one-speed 형식	one-speed 형식	one-speed 형식	two-speed 형식
중 량	48kg	42kg	42kg	40kg
최대압력	560bar	560bar	580bar	600bar

이 개발제품은 클램프에 핸들이 부착되어 조립, 이동, 해체 작업이 용이하고, 50/60kg 레일 Type에 구애받지 않고 사용이 가능하며, 콘크리트 도상 및 일반 자갈도상 궤도에 동시 사용 가능한 구조로 제작되었다. 긴장기의 사양에서 해외 제품은 보호커버가 없는 구조로 설계되었으나, 개발품은 긴장기의 사용 빈도에 따른 피스톤 씰 부분의 누유현상을 미연에 방지하기 위하여 보호커버를 적용하여 내구성을 증대시켰다. 핸드펌프는 <표 2.2>와 같이 2단계의 유동을 가지는 two-speed system 구조로 제작하였으며, 개발목표 대비 최대압력을 7% 향상시켜 해외 제품보다 성능 면에서 비교 우위를 가질 수 있도록 개발하였다.

3 결론

기후온난화 및 열섬화 현상에 따라 겨울철 최저기온이 상승하고 봄이 짧아짐에 따라 봄철

에 집중 시행하던 가열법 재설정 가능기간이 제한되고 온도편차가 심한 점을 고려할 때, 재설정가능온도 범위 내에서 작은 긴장력만으로 재설정효과를 거둘 수 있는 레일긴장기에 의한 재설정 방법을 확대 적용할 수 있도록 우리나라 궤도조건에 적합한 레일긴장기 개발 및 보급 확대 방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

우리나라 궤도구조 및 온도조건에서 긴장기의 행정과 긴장력에 대하여 검토한 결과, 장대레일 재설정길이 1km로 가정한다면 5℃기준으로 최소 행정량은 342mm이고 이때의 긴장력은 540kN이다. 여기에 행정과 긴장력의 안전성을 고려한다면 사용 행정량은 450mm, 긴장력은 700kN이 적정한 것으로 판단되었다. 그러나 선로보수 인력의 축소 조정 및 작업이동 거리 증대 등 여러가지 현장상황을 볼 때 긴장기의 경량화, 고성능화가 필요하며 이에 부응하여 2009년 국산 개발제품은 클램프에 핸들이 부착되어 조립, 이동, 해체 작업이 용이하고, 50/60kg 레일형상 및 콘크리트 도상, 일반 자갈도상 궤도에 겸용 가능하며, 2단계 핸드펌프(two-speed system) 구조로 제작하여 긴장력을 7% 향상시켜 해외 제품보다 적용성이 우수할 것으로 판단된다. 그러나 아직 보수현장에 수급되지 않아 당분간 기존 긴장기의 성능에 맞춰 1회 재설정연장을 1km 이내로 줄이거나, 레일온도가 5℃ 이상 상승할 때까지 임시로 이음매판 체결상태로 운행 후 적정 긴장력 범위내의 온도에서 재설정을 시행하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 박옥정(2009) 『기후변화와 유지관리를 고려한 장대레일 설정온도에 관한 연구』, 경기대학교 박사학위논문
2. 박옥정 (2006), 『장대레일 재설정 시행기준 및 유지관리 효율화 방안연구』, 대전:한국철도공사