

선로설비의 모니터링과 선로보수 계획의 고품질화



ㅣ 서 사 범 ㅣ
(주)서현기술단 부사장
공학박사/철도기술사

I. 머리말

안전하고 쾌적하게 수송할 수 있는 궤도 상태를 적은 경비로 효율적으로 유지하는 것은 철도에서 큰 과제의 하나이다. 특히 고령화, 저출산과 함께 노동력을 확보하기 곤란한 시대가 도래함에 따라 이 과제해결의 중요성이 더욱 커지고 있다. 한편으로, 보선에 관한 여러 가지의 기술은 착실하게 진보되고 있으며 그 성과 중에는 이 과제해결의 열쇠로 되는 것이 있다. 예를 들어, 궤도변위(궤도틀림) 관리는 측정기술의 진보에 따라 전자(電子)적 데이터를 이용한 검측지의 기록은 물론이며, 착안하고 싶은 파장의 궤도변위를 자유로 선택할 수 있는 외에 축상(엑셀 박스) 가속도 등과 같은 새로운 유형의 측정 데이터의 입수도 가능하게 되어 상태감시보전(condition monitoring maintenance, monitored maintenance)의 기초로 되는 모니터링의 환경도 갖추어지고 있다.

선로, 토목구조물 등의 지상설비를 유지보수하기 위하여 필요불가결한 것은 대상설비를 적절하게 검사하고 진단하여 필요한 수선을 시의적절(timely)하게 수행하는 것이다. 선로의 비틀어짐(軌道變位) 등을 효율적으로 모니터링하기 위하여 차량으로 자동 검측하는 외에 보수용차 유형의 측정차, 손으로 밀면서 간이하게 측정하는 장치 등이 개발되어 실용화되고 있다.

이와 같은 각종 데이터를 적절하게 처리하여 궤도변위나 재료의 상태를 파악함으로써 육안을 기본으로 한 종래

의 검사일부를 보완하고 대응할 뿐만 아니라 더욱 높은 품질의 보수 계획을 작성할 수 있는 가능성도 높아지고 있다.

본고에서는 선로설비 모니터링의 현상을 소개하고 효율적인 유지보수를 목표로 하는 장래의 방향성에 관하여 기술한다. 또한, 궤도상태 데이터를 유효하게 활용하는 보수 계획의 고품질화에 대한 검토사례를 소개한다.

II. 최근의 선로 모니터링 장치

레일, 침목, 도상을 중심으로 한 선로설비를 유지보수하기 위하여 근년에 보수총량의 감축을 목표로 한 선로구조의 도입이나 효율적으로 검사하기 위한 측정기기의 개발이 이루어져 왔다. 지금까지 ① 설비 강화, ② 검사의 장치화, ③ 작업의 기계화, ④ OA(시스템)화 등이 이루어져 왔으며, 화상처리 등의 최신 검사기술을 활용한 장치의 개발 등이 이루어져오고 있다. 최근에는 선로 모니터링 기술을 더욱 발전시켜 효율적으로 실무에 활용하여오고 있다. 이 장에서는 최근의 선로 모니터링 사례를 소개한다.

1. 선로 비틀어짐 모니터링

(궤도검측차를 이용한 선로상태 감시)

궤도검측차에 수록되는 데이터는 철도사업자마다 약간의 차이가 있기는 하나, ‘궤도검측 데이터’와 선로상태를 감시하는 ‘화상’의 두 가지로 대별된다.

궤도검측 데이터는 궤도변위(궤도틀림)의 대표 5항목,

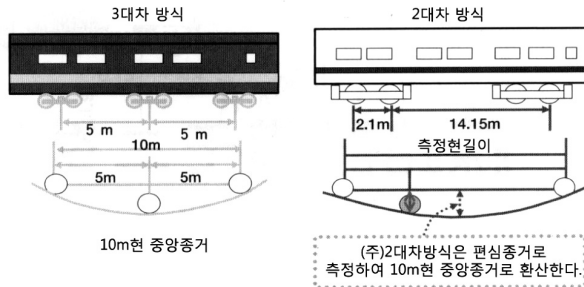


그림 1. 궤도변위 측정원리

즉 ① 고저변위(레일길이 방향의 상하변위), ② 방향변위(레일길이 방향의 좌우변위), ③ 수평변위(좌우레일의 높이차), ④ 궤간변위(좌우레일의 간격), ⑤ 평면성변위(일정구간에서 수평의 변화량) 등 외에 열차동요가속도나 액셀박스(軸床)에서의 진동가속도를 차상에서 출력하고 설비관리 시스템에 입력하여 관리하고 있다.

궤도변위의 측정원리는 종래의 검측차가 3 대차에서 측정차륜을 레일에 닿게 하여 측정하는 방법임에 비하여 최근의 궤도검측차에서는 2 대차를 이용한 레이저광 측정방식의 비접촉방식을 채용하고 있는 외에 여러 가지 파장의 궤도변위 응답을 좋게 하기 위하여 편심중거 방식을 이용하고 있다(그림 1).

또한 고속선로에서는 고속대역에서의 승차감을 배려하여 10m 현에서의 중앙중거를 배수 길이로 연산하여 장파장의 30m 현 등으로 환산하여 30m 현 등의 궤도변위로서 관리하고 있는 외에 시스템처리를 함으로써 열차의 주행에 따라

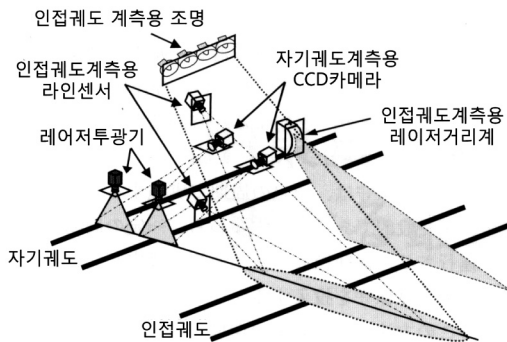


그림 2. 궤도중심간격 측정장치(TDM)의 개요도

전체적으로 조금 비뚤어진 선로를 원래대로 고치기 위하여 1일 정도의 작업량을 가미한 선로복원 이동량을 산출하는 기능도 장비하고 있으며 궤도정비에 이용하고 있다.

일본에서는 최근에 궤도검측차에 궤도중심 간격측정 장치(TDM)를 탑재함으로써 인접하는 궤도 2선의 간격을 측정하고 있다. 측정원리는 궤도검측차가 주행하는 궤도와 인접하는 궤도의 좌우레일에서의 2차원 좌표 상의 위치를 차상에서 연속 계측하여 산출하고 있다. 레이저 슬릿(slot) 광을 투광한 레일을 2대의 CCD카메라로 촬영하고 인접 궤도의 레일은 라인센서 카메라로 촬영하고 있다(그림 2).

또한, 선로상태 감시화상이란 운전대에 카메라를 설치하여 선로전체를 감시하는 전방화상 외에 차량의 전면 카메라를 설치하여 촬영 후의 방위나 포커스를 바꾸는 장치 등이 있다.

2. 레일의 비파괴검사 모니터링(레일탐상차)

열차의 반복 주행과 경년 등에 따라 육안으로는 발견할 수 없는 레일내부의 미세한 흠집의 상황을 파악하기 위하여 초음파 레일탐상차를 도입하고 있다. 일반선로의 경우에는 궤도·도로방식(도로와 궤도 양쪽을 주행할 수 있는)의 레일탐상차도 도입하여 기동성을 높이고 있는 경우도 있다.

3. 분기기의 화상처리 모니터링(분기기 검사장치)

분기기에는 텅레일과 기본레일의 밀착상태 형상이나 선두부분의 마모상태가 안전에 직접 영향을 미치는 특수한 개소가 있기 때문에 특히 설비상태의 관리에 주의할 필요가 있다. 일본에서는 분기기의 궤도변위 상태에 대하여는 카메라로, 또한 부재의 마모상태에 대하여는 레이저광으로 모니터링을 하는 분기기검사 장치를 개발하여 10년 전부터 도입하고 있다. 이에 따라 종래에 정점(定點)으로 판정하고 있던 분기기의 궤도변위를 연속적으로 측정할 수 있는 외에 정밀도가 높은 모니터링이 가능하게 되었다. 더욱이, 보수투입의 기준치 등도 자동 판정이 가능하기 때문에 분기기 관리레벨이 비약적으로 향상되고 있다.



Ⅲ. 향후의 선로 모니터링 장치

1. 최신기술을 이용한 모니터링의 새로운 전개

(1) 선로재료 상태의 모니터링

선로는 열차하중을 직접 받는 점에서 레일과 침목을 고정하는 레일체결장치 등의 재료에 대하여는 체결 등의 상태에 이상이 없는지 특별한 관리가 필요하며 그 때문에 일정한 주기로 재료상태를 점검하고 있다. 지금까지 선로를 구성하는 ‘재료’의 설치상태 모니터링에 대하여는 실사가 곤란하였지만 작금의 기술 진보와 관리능력의 향상에 따라 가능하게 되고 있으며 실현을 위한 검토가 이루어지고 있다.

레일체결장치나 이음매판을 카메라로 촬영하여 그 화상에서 불량상태를 자동 판별할 수 있는 장치를 검토개발 중이다. 연속적으로 자동 판별하기 위해서는 차량에서의 모니터링이 유효하며, 라인센서를 이용해 연속적으로 레일 주변을 촬영하여 재료의 사진화상(2차원 화상)을 취득하는 ‘농담(濃淡)화상 촬영장치’와 레이저 슬릿 프로젝터와 프로파일 카메라를 조합하여 광(光)절단 계측으로 단면형상을 연속적으로 고속 수록하여 레일 주변의 표고정보(3차원 화상)를 수록하는 ‘거리화상 촬영장치’를 병용함으로써 재료상태의 양부를 판정하는 것이며, 도보로 상태를 확인하고 있는 현행 재료검사의 노력경감에 이어질 수 있도록 검토가 진행되고 있다.

(2) 선로 변위측정의 현(弦) 방식(관성 중앙중거 방식을 이용한 모니터링)

선로의 변위 측정은 사장(糸張)식에서 레이저 방식으로 진보되어 왔지만 기본적으로 궤도변위를 직접 측정하는 방식이 주류로 되어 있다. 그러나 작금에 차량의 바닥 아래 등에 설치한 가속도 센서의 값을 2중 적분하여 변위로 변환하는 기술(관성방식)이 유럽 등에서 주류로 되어 있으며, 일본에서는 관성방식에 중앙중거법의 연산을 조합한 관성 중앙중거 방식도 도입되고 있다.

이 장치는 궤도변위를 직접 측정하는 방법과 비교하여 일장일단이 있기는 하나 바닥아래에 센서를 붙일 뿐이며 큰 설비를 필요로 하지 않기 때문에 측정유닛의 콤팩트화

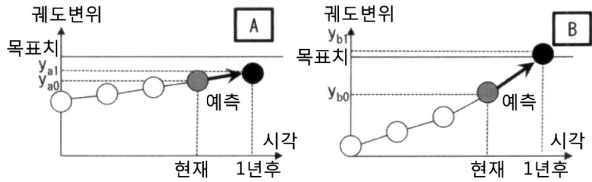
가 도모되고 있다. 또한, 고속운전에 유리한 점이 있기 때문에 고속선로에서의 적용을 포함하여 검토되고 있다. 이에 따라 현재 채용되고 있는 30m 현 중앙중거와 비교하여 더욱더 장파장 변위 데이터를 비교적 오차가 적게 취득할 수 있기 때문에 mm 단위의 정밀도를 필요로 하는 고속선로의 정비에 유효하다고 생각된다.

2. GPS 등 범용기술의 고도화, 저가격화에 따른 모니터링의 전개

최근에는 GPS 기술이 발달하여 정밀도가 좋은 위치정보의 모니터링을 저렴하게 실시할 수 있게 되었다. 선로의 위치정보와 링크시키는 등 고도화된 범용기술을 응용함으로써 간단하게 모니터링을 할 수 있기 때문에 용도도 많다고 생각된다. 그 외에 센서나 IP기술도 범용품으로 저렴한 가격으로 취득할 수 있으므로 지금까지 상시(常時) 모니터링을 할 수 없었던, 예를 들어 분기기 레일의 거동 등에 대한 모니터링이 가능하게 될지도 모른다.

3. 고빈도 모니터링에 따른 ‘시간기준’에서 ‘상태감시’의 유지보수로

지금까지의 보수는 일정한 주기로 실시하는 ‘시간기준 보전(Time Based Maintenance, TBM)’이 일반적이었다. 즉, 일정한 주기로 궤도검측차를 운행시켜 보수투입의 기준치 등을 설정하고 이것을 초과한 경우는 보수를 투입하는 방식이다. 그렇지만, 이 방법으로는 설비의 환경조건 차이에 따른 특정개소의 설비고장으로 이어지는 급격한 전개를 망라할 수 없는 가능성이 있는 외에 망라하려고 하는 나머지 기준을 엄하게 설정하면 진전이 늦은 개소에 불필요한 보수투입을 할 가능성도 있다. 그 때문에 전술의 모니터링 장치의 콤팩트化, 저가격화가 진행되어 고빈도로, 또는 중요설비는 상시 모니터링을 함으로써 보다 시의적절(timely)한 ‘상태감시보전(condition monitoring maintenance, monitored maintenance) 또는 상태기준보전(Condition Based Maintenance, CBM, 일정주기보전)’이 가능하게 된다. 모니터링에 관한 비용과 보수투입의 밸런스를 고려하는 이상적인 상태감시보전의 ‘해(解)가 필요하다.



	A	비교	B	보수	목표치 초과에 따른 사후보수의 발생확률
현재(최근 값)		>		A	대(大)
1년 후(예측치)		<		B	소(小)

그림 3. 예측의 유무에 따른 보수우선도의 차이

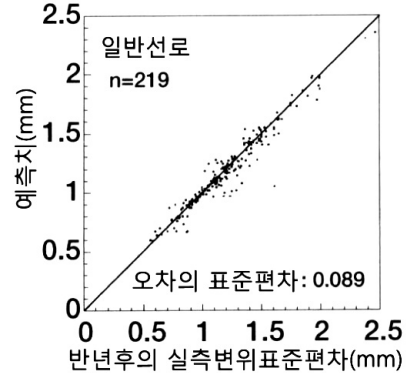


그림 4. 고저변위의 예측 정밀도

IV. 궤도변위 추이의 예측에 따른 보수 계획의 고품질화

1. 예측에 기초한 보수의 의미

궤도변위(궤도틀림)에 대한 종래의 보수에서는 담당자가 최근의 궤도검측 데이터를 확인하여 목표치와의 관계에서 보수의 개소나 시기를 결정하는 경우가 많았다. 그렇지만, 궤도변위는 정기적으로 측정하는 것이므로 최근의 값뿐만 아니라 과거부터의 추이에 관한 경향을 평가하여 보수개소 등을 검토하여야 한다. 특히, 적절하게 관리되고 있는 궤도에서는 변위가 목표치를 초과하는 경우가 적으며, '가까운 장래에 변위가 목표치를 초과할 가능성이 높은 개소'를 찾아내어 예방적으로 보수하는 쪽이 사후보수(돌발보수)의 발생을 억제할 수 있으므로 효율적이다.

예를 들어, 그림 3에 나타난 A와 B 개소의 경우에 최근 값(현재)을 기준으로 보수개소를 선택하면 A가 선택되지만, 궤도변위가 빠른 B의 쪽이 1년 후에 목표치를 초과할 가능성이 높은 점에서 B를 우선적으로 보수하여야 한다.

2. 예측방법과 응용사례

궤도변위의 예측방법에는 이전부터 여러 가지 방법이 제안되고 있지만 정밀도가 높고 또한 조작성이 높은 것은 지수 평활방법을 이용한 예측방법이다. 이 예측방법은 과거의 변위(틀림)나 진행에 가중치를 붙여 예측하는 방법이

며, 보수 후의 자료가 적은 경우에도 고정밀도로 예측할 수가 있고 이상치의 혼입에 대한 영향을 받기 어렵다. 반년 후의 고저변위(면 틀림) 표준편차의 예측치와 실측치의 비교사례(그림 4)에서 예측 정밀도는 충분히 높다.

이상과 같은 예측결과를 궤도보수 계획의 작성에 응용한 사례로서 궤도변위보수 계획시스템을 이용한 계획의 작성이 열거된다. 이 시스템은 100m 로트의 궤도변위 표준편차 등의 이력 데이터를 읽어 들여 궤도변위의 추이를 예측한다. 그 다음에 궤도변위가 악화될 가능성이 높은 구간을 보수개소로서 선정하고 작업상의 제약을 고려하면서 보수시기를 할당한다. 이 시스템은 이미 일본의 일부 철도에서 실용화되고 있다.

V. 적절한 궤도변위 보수방법의 선택에 따른 계획의 고품질화

1. MTT보수와 TT보수의 선택

궤도변위의 보수에는 MTT(Multiple Tie Tamper)를 이용한 보수와 TT(Tie Tamper)를 이용한 보수가 있다. MTT를 이용한 보수는 대형장비를 이용한 보수이며, 연속적인 궤도변위의 보수에 적합하지만, 선로 상을 회송할 필요가 있기 때문에 기동성은 낮다. 한편, TT를 이용한 보수는 사람이 침목 1개씩을 보수하는 것이며, 국부적인 궤도변위 밖에 보수할 수 없지만 기동성이 뛰어나다.

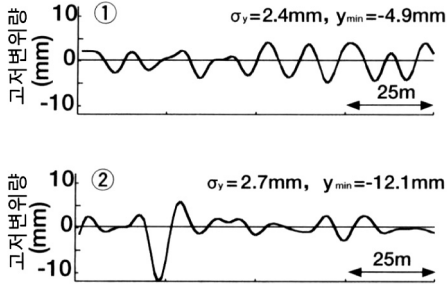


그림 5. 표준편차는 가깝지만 파형의 특징이 다른 변위

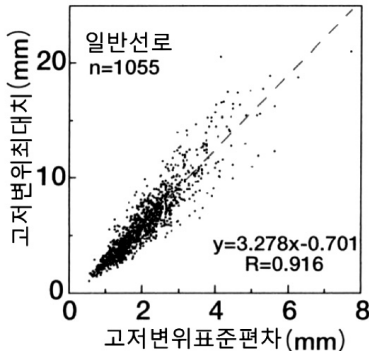


그림 6. 고저변위 표준편차와 최대치

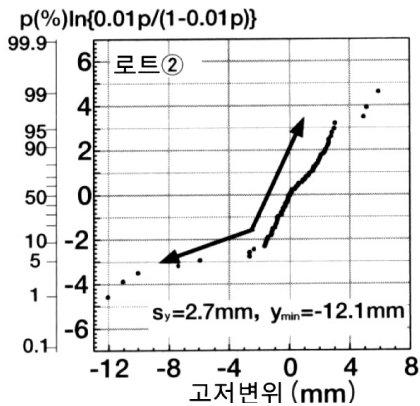


그림 7. 로지스틱 확률지에의 타점 결과

고속선로 등에서는 이들의 연속적인 궤도변위와 국부적인 궤도변위의 중간적인 범위의 궤도변위에 대해서는 중간범위 기계(예를 들어, EMV93, unimat junior)를 이용한다. 또한, 특정화된 국부변위에는 Unimat Sprinter를 이용하거나 경부고속철도처럼 싱글형 국부변위 정정시스템 Win-

ALC를 STT(Switch Tie Tamper), 또는 MTT에 설치하여 정정할 수 있다. 요컨대, 궤도변위 보수작업연장을 감안하고 이들의 특징을 고려한 보수방법의 선택이 매우 중요하다.

2. 선택방법과 응용사례

어떤 선구에서 궤도변위의 표준편차는 비슷하지만 파형의 특징이 크게 다른 로트의 예를 그림 5에 나타낸다. 로트 ①은 궤도변위가 연속적으로 크기 때문에 MTT를 이용한 보수가 유효하지만, 로트 ②는 궤도변위가 국소적으로 크기 때문에 TT를 이용한 보수로도 충분히 개선할 가능성이 있으며 오히려 더 효과적이다. 또한, 그림 6에 나타낸 것처럼 궤도변위의 최대치는 평균적으로는 표준편차의 약 3배이지만 로트 ②에서는 이것을 상회한다. 따라서 이와 같은 로트를 TT보수 개소로서 선택한다. 다만, 본 선택방법의 경우에 국소적인 변위가 2~3개소 존재하는 로트도 선택될 가능성이 높다. 그래서 일반적으로 궤도변위는 로지스틱 분포에의 적합성이 높은 점을 고려하여 각 로트의 궤도변위 데이터(1m 샘플링 값)를 로지스틱 확률지로 타점하면 로트 ②에서는 그림 7과 같은 꺾은 선이 나타난다. 이와 같은 꺾은 선은 로트 ①에서는 나타나지 않는다. 따라서 본 분포에 대한 적합성의 평가도 아울러서 행하여 TT를 이용한 보수 개소도 선택한다.

본 선택방법도 전술의 궤도변위보수 계획시스템에 도입되고 있으며 MTT를 이용한 보수 계획 스케줄로서 또한 TT를 이용한 보수 계획과 일람(一覽)으로 출력한다. 여기서 서로 이웃하는 로트가 TT를 이용한 보수 후보개소로 된 경우에는 MTT를 이용한 보수로 연속적으로 보수하는 쪽이 적당할 가능성이 높은 취지도 출력한다.

Ⅵ. 재료보수 계획의 고품질화

그림 8에 나타낸 것처럼 레일이나 도상이 열화되면 궤도변위(궤도틀림) 진행의 증가나 궤도변위 보수효과의 저하 등으로 궤도보수가 다빈도화(多頻度化)될 가능성이 높다. 이 다빈도화에 대한 재료열화의 영향이 큰 개소에 대하여는 재료보수에 따라 장기적인 총 보수비용을 저감시킬 가

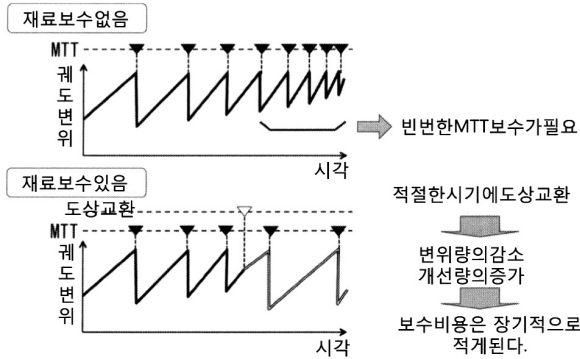


그림 8. 재료보수 적정화의 평가

능성이 높은 점에서 그 개소의 선택과 보수주기의 결정이 중요하다.

1. 시스템을 이용한 재료보수 개소의 선택

전술의 궤도변위보수 계획시스템을 사용하고 있는 선구에서는 매 년도의 계획을 축적함으로써 빈번한 보수를 요하고 있는 로트를 선택할 수 있다. 이러한 개소는 상태에 따라 재료보수를 검토하여야 한다.

지금까지 이 시스템으로 작성되고 있는 선구의 보수 계획(5년분, 반년도분씩 작성)을 조사한 경우에 전체로트의 약 5%에 대해 8회 이상의 보수가 계획되고 실제로는 평균 7~8회의 보수가 이루어지고 있었다. 이들의 로트는 다른 로트에 비하여 궤도변위 진행이 평균적으로 약 2배 크며(그림 9), 몇 개인가의 로트에서는 레일이나 도상의 상태

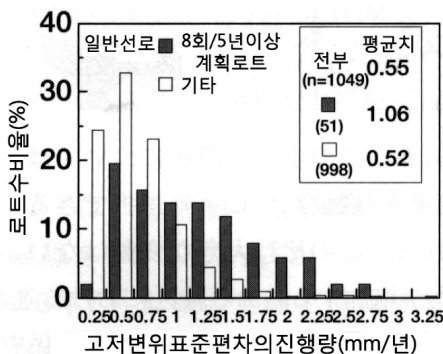


그림 9. 궤도변위 진행의 비교

가 불량하였다. 이와 같이 과거의 계획을 축적하여 대비함으로써 재료보수의 검토개소를 선택할 수 있다.

2. 재료상태의 평가결과에 의거한 보수개소의 선택

(1) 다빈도 궤도변위 보수개소의 선택방법

로트의 궤도변위와 진행의 관계(수년간의 각 검측시 평균치)에 대한 예를 그림 10에 나타낸다. 이 궤도변위와 목표치 간의 차이를 진행량으로 나눈 값은 랜덤하게 선택한 시각에서 궤도변위가 목표치에 도달하기까지의 평균기간(mean time)을 나타내고 있으며 이것을 M값으로 나타낸다. 그림 10에는 M값이 1~6(년)으로 되는 궤도변위, 진행의 조합을 점선으로 나타낸다(목표치 6 mm). 여기서 이와 같은 궤도 상태를 실현하는데 요한 궤도변위 보수량(MTT + TT)을 $N(\text{km}/\text{평가기간})$ 으로 하면, M/N 비는 Output/Input의 관계에 있으며, 궤도변위 보수의 효율성을 나타내고 있다. 즉, M/N 비가 작은 개소에서는 궤도변위 보수량에 비해 궤도상태가 나쁘다. 따라서 M/N 비를 재료보수 검토개소의 선택지표로 할 수 있다.

(2) 레일상태 영향의 평가방법

상기의 (1)항에서 선택된 로트에 대하여 레일요철 량과의 상관성이 높은 축상(엑셀 박스) 가속도(파장 0.05~0.2m)의 표준편차와 최대치의 관계를 그림 11에 나타낸다. 여기서 축상 가속도가 큰 로트 A~D의 상태를 조사한 결과, A~C에서는 곡선 안쪽레일의 파상마모가 있고, D에서는 용접부위

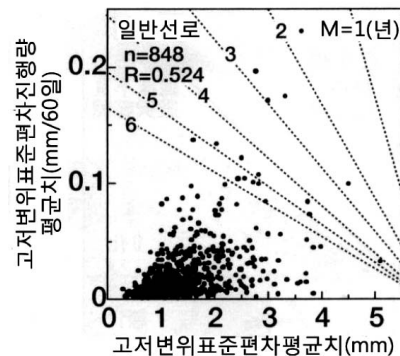


그림 10. 궤도변위와 진행

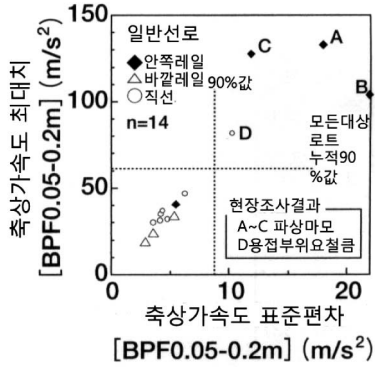


그림 11. 레일상태 평가

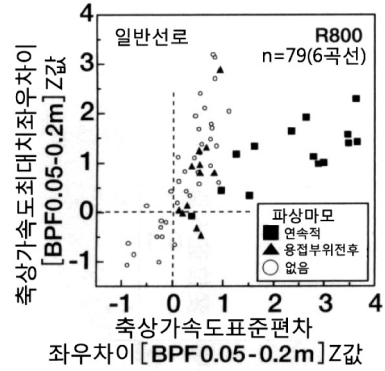


그림 12. 레일상태 열화요인

에 큰 요철이 확인되었다. 따라서 이들의 개소에서는 레일 상태가 궤도변위 진행의 증대에 영향을 주고 있을 가능성이 있는 점에서 레일보수의 검토개소로서 선택할 수 있다.

레일요철의 형태에는 파상마모나 용접부위 부근에서의 요철, 흠집 등이 고려된다. 반경 800 m의 곡선에서 축상(엑셀박스) 가속도의 표준편차와 최대치의 각 Z값(= 측정치 - 평균치/표준편차)의 좌우차이를 그림 12에 나타낸다. 연속적인 파상마모가 있는 개소에서는 표준편차의 좌우차이가 크며, 흠집이나 큰 레일요철이 국소적으로 존재하는 개소에서는 최대치의 좌우차이가 큰 경향이 있다.

이상의 방법으로 레일보수의 검토개소를 선택하고 또한 요철 형태를 추정하여 보수방법(교환, 연삭)을 제안할 수 있다.

(3) 도상상태 영향의 평가방법

(가) 궤도변위 데이터에 의거한 평가

MTT를 이용한 보수 전의 궤도변위와 개선량의 관계를 그림 13에 나타낸다. 보수 전의 변위가 크어도 불구하고 개선량이 작은 로트에 대하여는 도상상태 등의 불량요인의 하나라고 생각된다. 그러므로 개선량의 실측치(보수 전 변위가 2.0 mm 이상)가 그림 중의 회귀직선으로 얻어지는 추정치보다 작은 개소를 도상보수의 검토개소로서 선택할 수 있다.

또한 MTT를 이용한 보수 전후의 변위진행을 그림 14에 나타낸다. 보수에 따라 궤도상태가 호전되면 진행이 감소된다고 생각되지만, 보수 후의 쪽이 큰 개소가 존재한다. 그러므로 보수 전의 진행이 큰 개소(평균+표준편차 이상

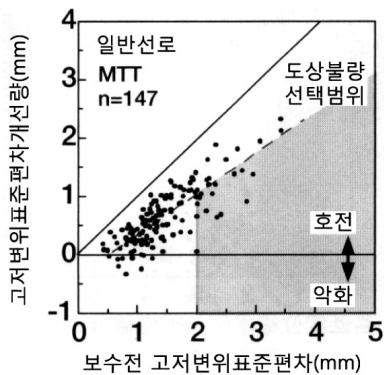


그림 13. MTT보수에 따른 개선량

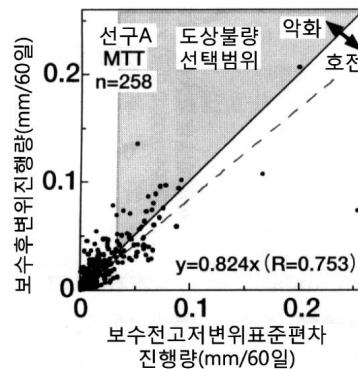


그림 14. MTT보수 전후의 궤도변위 진행

표 1. 고저검측 차이가 1mm 이상으로 되는 조건

불량구간 연장	고정축거(예를 들어, 2.1m) 이상
지지 스프링계수 변화	1/4 이상
	지지 스프링의 변화가 급격

의 진행 개소) 중에 보수 후의 진행 쪽이 큰 로트를 도상보수의 검토개소로서 선택할 수 있다.

(나) 궤도지지 스프링 상태의 변화에 의거한 평가

도상열화에 따른 궤도지지 스프링계수의 변화개소를 2대차 궤도검측차로 검측하면 궤도에 대한 율하중의 작용상태가 다르기 때문에 궤도검측차의 1-2-4축과 1-3-4축으로 측정된 고저변위의 각 검측차 간에 차이(고저검측 차이)가 생긴다. 이 고저검측 차이가 1mm 이상으로 되는 고저검측 차이의 발생조건을 궤도 부담력의 해석모델로 구하였다(표 1). 이 조건이 도상불량으로 생긴 경우에는 이 지표로 궤도보수의 검토개소를 선택할 수 있다. 또한, 이와 같은 개소에서는 축상 가속도도 증가되는 점에서 지표로서 이용되는 것이 고려된다.

3. 궤도변위급진 감시개소의 선택

궤도변위는 재료의 열화에 따라 급격하게 증가(급진)되는 경우가 있다. 이와 같은 개소에 대해서는 궤도변위진행/변위비(진행/변위비)로 선택할 수 있다. 진행이 거의 일정하다면 이 비에 큰 변화가 없지만 급진개소에서는 이 비가 증가된다. 진행/변위 비(최근 값)를 산출하여 전술의 M/N 비와의 관계를 구한 예를 그림 15에 나타낸다. 진행/변위 비가 큰 로트 E에서는 최근으로 되어 궤도변위 진행이 증

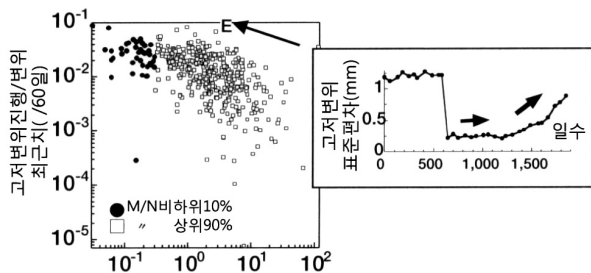


그림 15. M/N비와 진행/변위비

가되는 경향을 확인할 수 있다. 즉, 이와 같은 개소에서는 궤도변위의 급진에 주의할 필요가 있다.

VII. 철도시스템의 향후 유지관리에 관한 연구 개발

1. 예방보전의 고도화

(1) 성능을 고려한 유지관리의 체계화

최근에 철도시스템의 설계는 성능규정형의 체계로 이행되고 있는 중이다. 이 체계 하에서는 내구성을 어떻게 만족시키는가가 중요한 과제이다. 내구성은 하중작용이나 환경작용에 따른 성능의 저하에 대하여 저항하는 능력으로 정의된다. 지금까지 설계나 제작, 시공과는 별도로 시행되고 있던 유지관리를 내구성과 관련지어 그것을 만족시킨다고 하는 관점에서 설계로부터 교환에 이르는 라이프 스펠 전체에 걸치는 시나리오 중에 도입하는 것이 중요하다. 수명이 긴 설비에서는 특히 중요하다.

(2) IT기술을 이용한 검사의 자동화, 생력화 및 상태감시

설비의 점검, 진단으로부터 대책에 이르는 장기에 걸치는 유지관리에서는 팽대한 양의 정보가 얻어진다. 따라서 효율적으로 유지관리하기 위해서는 그 정보를 어떻게 활용하는가가 극히 중요하다. 또한, 연장이 길고 수량이 많은 설비의 점검에는 많은 요원과 높은 기술력이 요구되고 그 한 편으로 효율화가 요구된다.

이와 같은 배경 하에서 유지관리의 시스템화에 대한 요망은 대단히 크다. 그 때문에 데이터베이스의 구축이나 모니터링시스템 등, 시스템화의 시도가 활발히 진행되고 있다. 그 중의 모니터링기술은 연구단계인 것도 많고 실제의 유지관리에 도입하기에는 아직 시간이 걸리는 것도 있다. 그러나 장래적으로는 모니터링시스템이 유지관리의 한 방법으로서 유망하다.

모니터링시스템을 구축하려고 하는 경우에 여러 가지 시스템이 고려되지만, 그 목적을 명확하게 하는 것이 중요하다. 예를 들어 설비를 관리하는 측에서 요청되는 모니터링

시스템으로서는 일반적으로 다음과 같은 것이 고려된다.

- 정기점검의 생력화를 목적으로 한 모니터링 시스템
- 이상을 발생 직후에 파악하는 것을 목적으로 한 모니터링 시스템
- 중요 설비, 부재의 상태감시 시스템

더욱이, 모니터링에 관하여 “모니터링은 그 자체 프로젝트이어서는 안 되고 그 자체를 목적화하여서는 안 된다”고 하는 지적도 있다. 상기의 지적은 모니터링기술에 지나치게 의지하는 것의 경중이며, 확실한 모니터링을 가능하게 하는 사용방법을 권장하는 것이다. 그러나 가까운 장래에 팽대한 설비의 축적과 노후화가 진행되어 갈 것이므로 모니터링기술은 장래의 발전이 강하게 요망되고 있는 기술이다. 또한, 이 기술을 지원하는 IT기술은 경이적인 진보를 계속하고 있고 그 진보와 함께 모니터링기술도 크게 발전될 것이다. 모니터링기술에 대한 연구개발과 실용화는 대단히 중요하다고 생각된다.

2. 효율적인 보수·교환계획 책정방법

철도시스템은 다양하고 팽대한 설비로 구성되어 있으며, 경년화가 진행된 설비도 많다. 이와 같은 철도설비의 유지관리에서는 한정된 경비를 효율적으로 충당하여 보수나 보강 혹은 교환을 하기 위한 유지관리기법의 구축이 중요하다. 예를 들어, 설비를 자산으로서 평가·관리하는 자산관리(asset management)나 리스크 매니지먼트 기법의 이용이 검토되고 있다.

3. 한산한 선구용 저비용 기술의 개발

지금까지의 유지관리에 관련된 기술개발은 의외로 한산

(閑散)선구의 유지관리를 의식하지 않았다고 생각된다. 비용저감으로 이어지는 기술을 개발하면 한산한 선구에서도 사용된다고 하는 막연한 의식밖에 없었던 것은 아닐까? 그러나 한산한 선구는 원래 새로운 기술을 도입할 만큼의 여유가 적다. 이것을 고려하면 안전을 담보하면서 어디까지 유지관리를 줄이는가라고 하는 철저한 효율화를 목표로 한 유지관리기법의 연구개발이 필요하다고 생각된다.

VIII. 맺음말

철도의 유지관리는 다양하고 팽대한 설비를 관리하는 것에 특징이 있다. 철도의 안전이나 철도경영의 효율화에 직결되는 유지관리의 중요성이 점점 높아지고 있으며, 또한 철도의 경영환경이 점차로 엄해지는 환경 하에서 유지관리의 효율화에 대한 기대가 높아지고 있다. 유지관리의 실무 또는 연구개발을 진행하기 위하여 중요한 것은 현장을 잘 보고 잘 아는 것이라고 생각된다.

궤도보수 계획의 품질을 영속적으로 유지, 향상하는 것은 대부분의 철도에서 중요한 과제이다. 이를 위해서는 팽대한 측정 데이터에서 유효한 정보를 추출하는 방법의 확립이 불가결하다. 따라서 궤도 상태를 나타내는 각종 데이터를 유효하게 처리하여 품질이 높은 보수 계획을 작성하는 것이 중요하다. 또한, 선로설비의 모니터링 기술은 현재 눈부시게 발달하고 있으며, 우리의 실정에 맞는 기술을 적극 도입하고 발전시켜야 한다. ☺