교량신축부에서의 궤도틀림 저감을 위한 활동체결구 및 침목결속 효과
The Effect of the ZLR and Tied Sleeper to Reduce the Track Irregularity in the Bridge Expansion Joint Zone

강태구* 민경주** 임남형†
Tae-Ku Kang Kyung-Ju Min Nam-Hyoung Lim

ABSTRACT

In recent time, the cause analysis and the reduction of the track irregularity have become the most important issue in the ballasted track on the high-speed railway bridge. This is because that the frequency of the maintenance work at the bridge expansion joint zone is on the rise. The track irregularity on the railway bridge starts at the end of the bridge-deck and spreads along the bridge. Due to the dynamic vibration and the thermal expansion of the bridge, the compaction of the ballast gravel on the bridge expansion joint zone become loose and then the progress of the track irregularity result from the train-induced dynamic impact is accelerating further. Among the several options for reducing the track irregularity on the bridge expansion joint zone, the application and efficiency of the zero longitudinal restraint(ZLR) and tied sleeper are investigated in this paper. Field test construction has been conducted, then the progress of the track irregularity and the frequency of the maintenance work are analyzed before and after the filed test construction. Of the two methods, it is shown that the installation of the ZLR seems to be better than the tied sleeper.

1. 서론

국내 최초로 개통된 고속철도인 경부고속철도 1단계 서울-동대구 구간의 궤도틀림 현황을 분석하기 위하여 2004년부터 20011년까지의 궤도검측결과와 보수작업 이력을 분석하였다. 토공, 교량, 터널 중 궤도틀림이 가장 많이 빈번하게 발생하는 구간은 그림 1과 같이 교량구간이며 그다음은 토공부이고 노반조건이 균일한 터널이 가장 적게 나타나는 것으로 분석되었다. 그러므로 고속선의 선로품질향상 및 궤도틀림에 따른 열차진동 저감을 위해서는 교량구간의 궤도틀림 원인분석과 저감방안에 대한 연구가 요구되고 있다.

본 논문에서는 교량상판 신축부 거동에 따른 도상자갈이완에 대한 저감대책으로 제시되고 있는 활동체결구 설치와 침목 결속에 의한 연속화 방안에 대한 궤도틀림 저감효과를 제시하였다. 언급된 두 가지 방안의 고속선 시험부설 결과를 바탕으로 설치 전·후의 궤도검측결과 및 보수작업주기를 비교・분석하였다.

† 교신저자, 충남대학교, 토목공학과, 부교수
E-mail : nhrim@cnu.ac.kr
* 코레일, 오송고속철도시설사무소, 소장
** ㈜철도안전연구소, 대표이사

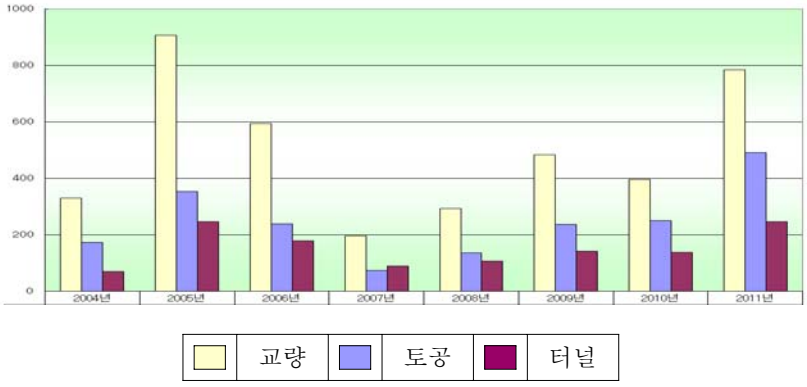

그림 1. 궤도검측결과 보수대상개소 발생현황

2. 궤도틀림 저감 대책

비교적 장기적 대책이며 손쉽게 시행할 수 있는 방법인 그림 2와 같은 종방향 활동체결구 설치와 침목 결속 방법을 궤도틀림이 반복적으로 발생되고 있는 경부고속선 84km100부근 신휴고가에 시험 시공하였다. 그림 3과 같이 T1선로의 교각 P2, P4, P6, P8 및 P10 교량 신축부 직상부에 활동체결구를 각각 5조씩(약 3m) 총 25조 설치하였으며, T2선로의 P4 교량 신축부 직상부에 ㄷ형강을 이용하여 침목을 10m 결속하였다.

(a) 활동체결구 (b) 침목 결속

그림 2. 활동체결구 및 침목결속

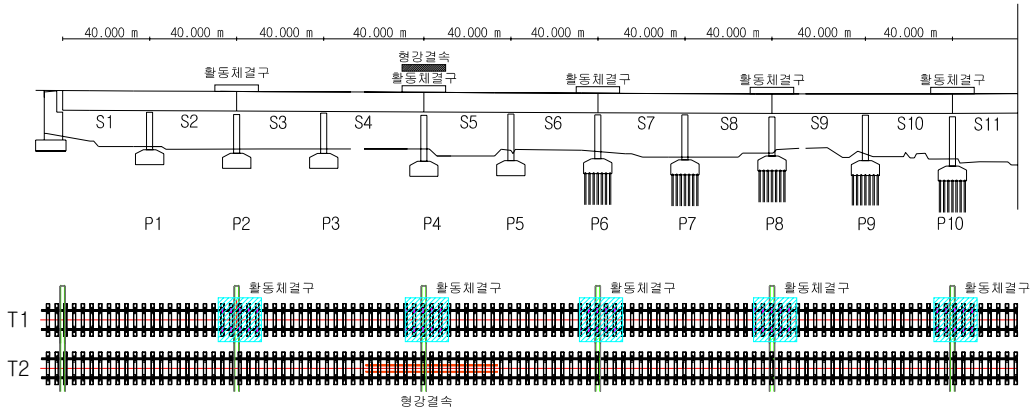

그림 3. 신휴고가교 활동체결구 및 침목결속 시험부설 위치도

3. 궤도틀림 저감 대책 효과 분석

3.1 종방향 활동체결구

궤도틀림이 발생하여 유지보수지침에 의한 보수한도에 이르면 보수작업을 시행하며, 선로의 품질 판단은 일정기간동안 보수작업 빈도가 어떤지를 파악하여 보수작업주기(대상기간 일수를 작업횟수로 나눈값)가 길어질수록 선로상태가 좋아지고 있다고 판단하게 된다. 시험시공한 종방향 활동체결구의 효과를 분석하기 위하여 KORAIL 운영하는 궤도관리의사결정지원시스템(KTMSYS)의 보수 작업 이력을 활용하였다. 활동체결구 설치가 완료된 2008년 9월 15일을 기준으로 전·후 3년간(2005.9.15~2008. 9. 14 및 2008.9.15 ~ 2011. 9.14)의 보수작업 이력에 대하여, 표 1과 같이 교량신축 직상부 10m내에서의 활동체결구와 일반체결구 구간, 영향권인 교량신축 직상부 30m내에서의 활동체결구와 일반체결구 구간 그리고 교량 전체구간 380m내에서의 활동체결구와 일반체결구 구간 등으로 구분하였다.

교량신축 직상부 10m내의 활동체결구가 설치된 약 3m구간의 보수작업횟수는 약 59.9% 감소되었으며 일반체결구가 설치된 약 7m 구간의 보수작업횟수도 약 6.4% 감소되는 효과가 나타났다. 교량신축부 인접구간 및 전체구간별 비교(표 1.의 나, 다)에서도 활동체결구 설치전과 비교할 때, 일반체결구 구간의 보수작업횟수가 직상부 10m 구간의 경우와 같이 감소되는 효과가 있어 종방향 활동체결구 설치로 신축 직상부 뿐 아니라 인접부근까지 효과가 있는 것으로 분석되었다.

표 1. 활동체결구 설치구간 및 전·후 구간 작업이력 분석표

구 분	설치전 3년(a)			설치 후 3년(b)			비 교(b-a)			
	평균 보수작업 주기	최대 보수작업 주기	작업횟수	평균 보수작업 주기	최대 보수작업 주기	작업횟수	평균 보수작업주기 증가량(일)	최대 보수작업주기 증가량(일)	작업횟수 감소량	
									일	%
가, 교량신축 직상부 10m 구간										
활동	39.6	106.6	27.8	111.2	277.0	11.4	71.6	170.4	16.4	59.9
일반	60.0	140.0	18.6	73.0	256.4	17.4	13.0	116.4	1.2	6.4
나, 교량신축 직상부 30m구간										
활동	42.6	110.7	25.7	117.8	294.9	10.6	75.2	184.1	15.1	58.7
일반	58.3	145.0	19.2	82.3	255.1	16.8	24.0	110.1	2.4	12.5
다, 활동체결구 설치 구간(380m) 및 일반구간(380m) 전체										
활동	45.8	122.1	24.3	118.5	312.1	10.6	72.7	190.1	13.7	56.4
일반	53.0	134.6	21.3	78.0	246.4	16.6	25.0	111.9	4.7	22.1

3.2 결속에 의한 침목 연속화

KTMSYS 자료를 이용하여 침목결속이 완료된 2008년 8월 26일을 기준으로 전·후 3년간 (2005.8.27~ 2008. 8. 26 및 2008.8.27 ~2011. 8.26)의 보수작업 이력에 대하여, 표 2와 같이 침목이 결속된 P4 교량신축 직상부 10m구간과 일반침목이 적용된 타 교각 교량신축 직상부 10m구간 그리고 영향권인 P4 교량신축 직상부 30m구간과 일반침목이 적용된 타 교각 교량신축 직상부 30m구간으로 구분하여 비교 분석하였다.

표 2에서 보는바와 같이 침목을 결속한 직상부 10m구간의 작업횟수는 12.5% 감소되었으며 일반체결구 구간에서는 40.4%가 감소되었다. 또한 직상부 30m 구간에서도 보수주기 증가 및 작업횟수 감소 효과는 있으나 일반구간에 비하면 효과가 매우 낮은 것으로 나타났다. 결과적으로 고속선 자갈도상궤도의 선로품질이 향상되는 추세속에서, 침목 연속화 구간의 강성이 증가되어 접속부에서 강성차이가 크게 발생하고 도상자갈의 이완이 발생하여 안정화를 지연시키는 것으로 분석되었다.

표 2. 침목결속개소 및 전후 개소 보수이력 분석표

구 분	설치전 3년(a)			설치 후 3년(b)			비 교(b-a)			
	평균 보수작업 주기	최대 보수작업 주기	작업횟수	평균 보수작업 주기	최대 보수작업 주기	작업횟수	평균 보수작업주기 증가량(일)	최대 보수작업주기 증가량(일)	작업횟수 감소량	
									일	%
가, 교량신축 직상부 10m 구간										
결속	45.0	137.0	24.0	52.0	308.0	21.0	7.0	171.0	3.0	12.5
일반	56.8	199.0	19.3	107.0	390.5	11.5	50.3	191.5	7.8	40.4
나, 교량신축 직상부 30m구간										
결속	47.3	143.0	23.0	71.7	405.7	16.3	24.3	262.7	6.7	29.0
일반	61.3	207.1	18.2	121.3	473.3	9.8	59.9	266.2	8.3	45.6

4. 결론

고속철도 자갈도상궤도에서 발생하고 있는 교량 신축부 궤도틀림을 저감시킬 수 있는 방법으로 제시되고 있는 여러 가지 방안 중, 운행선 구간에서 비교적 간단하게 적용할 수 있는 궤도적 방안인 종방향 활동체결구 설치 방법과 침목결속 방법에 대한 효과를 확인하기 위하여 고속선에서의 장기간 시험부설 결과에 대하여 비교·분석 하였다. 분석 결과, 현재 고속선의 시험 부설된 조건 및 현 선로 상태에서는 체결에 의한 침목 연속화 방식보다 종방향 활동체결구를 설치하는 방안이 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

앞으로 이를 바탕으로 종방향 활동체결구 설치 방안에 대하여 1개 교량 전체 구간에 대한 시험부설 및 추가 검증을 통하여 확대 적용한다면 보다 경제적이고 쉬운 방법으로 반복적으로 발생하고 있는 교량 신축부 궤도틀림을 저감하고 고속철도의 선로품질향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 철도설계편람(궤도편), 한국철도시설공단, 2010.
2. 철도교량 동적안정성 및 동적설계기준에 관한 연구, 한국철도시설공단, 2008.
3. 고속선 노반 및 교량구간 궤도틀림 원인분석 및 저감방안 연구, 한국철도공사, 2008.
4. 민경주, 이성욱, 반걸용, “고속철도교 신축부 지지조건에 따른 동적거동에 관한 연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.1865-1877, 2009.
5. 강태구, “열차하중이 교량상 장대레일 축력에 미치는 영향에 관한 연구”, 서울산업대학교 대학원 석사학위논문, 2003.