

활동체결장치가 설치된 교량상판 신축이음부에서의
궤도고저틀림에 미치는 영향
**Track Longitudinal Irregularities
at Bridge Deck Expansion Joint with ZLR(Zero Longitudinal Restraint)**

엄종우* 김시철* 김인재**
Eom, Jong-Woo Kim, Si-Chul Kim, In Jae

ABSTRACT

In designing the high-speed railroad track, it is important to utilize appropriate track components to maintain uniform stiffness and ensure track alignment within the tolerance set for that system. In this regard, continuous welded rails (CWRs) were introduced to the Korean railways. Yet the installation of CWRs can result in an adverse impact due to the track/structure interaction on bridge sections yielding variations in the stiffness at the expansion joints. It may also impose additional axial force, generate excessive stress or deflection on track, and loosen the ballast at the ends as a bridge deck contracts or expands owing to a thermally-induced dynamic response. The risk is even greater in a long bridge deck, resulting in track longitudinal irregularities, deteriorating passenger's comfort, and increasing maintenance efforts. This study evaluates the performance of ZLR and their impact on track longitudinal irregularities through the track measuring results on a test section installed the ZLR in order to minimize the thermally-induced responses and the maintenance efforts for the high speed railway bridges.

1. 서 론

국내 최초로 고속철도에는 모든 교량에 장대레일을 설치하였다. 그러나 교량상에 장대레일을 설치하면 온도의 변화에 따라 교량상판이 신축하기 때문에 궤도에 축력이 더해져서 과도한 응력과 변위가 발생됨과 신축이음부에서의 궤도자갈이 이완되는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 영향은 교량의 길이가 길수록 크며 궤도자갈이 이완을 가중시키고 결국 궤도고저틀림에 영향을 미쳐 승차감을 악화시키며, 궤도 유지보수의 노력도 증가 된다. 고속철도에서는 이러한 현상을 최소화하기 위하여 신축이음부의 도상강성을 보강하는 방안으로 2003년 3월 고속철도 시험선구간이었던 오송교에 종방향 활동체결장치 설치와 도상고결제 살포를 시험 시공하였다.

본 연구에서는 상업운행이 개시된 2004년 4월 이후 고속철도구간에서 신축이음부에서의 궤도틀림을 최소화 하기 위하여 시험시공을 실시한 종방향 활동체결장치 적용구간과 도상고결제 살포구간에 대하여 궤도고저 틀림 진행과정에 대해 궤도검측결과를 바탕으로 도출하였다.

* 한국철도시설공단 시설관리팀 과장, 비회원

E-mail : naru76@hanmail.net

TEL : (042)607-3984 FAX : (042)607-3779

** 한국철도시설공단 경부고속철도PM팀 부장, 공학박사, 정회원

2. 종방향 활동체결장치의 설치 및 도상고결제 살포

교량과 같이 하부구조물이 충분한 강성을 갖는 선로 상에서는 교각이나 교대의 침하가 발생하지 않는 한 궤도의 변형이 발생되면 일반적으로 온도변화에 따른 교량상판의 길이변화로 궤도에서는 침목 저부의 도상자갈이 이완되어 침목과 자갈이 분리되는 뜬 침목(Pumping)현상이 나타나 궤도틀림 발생한다.

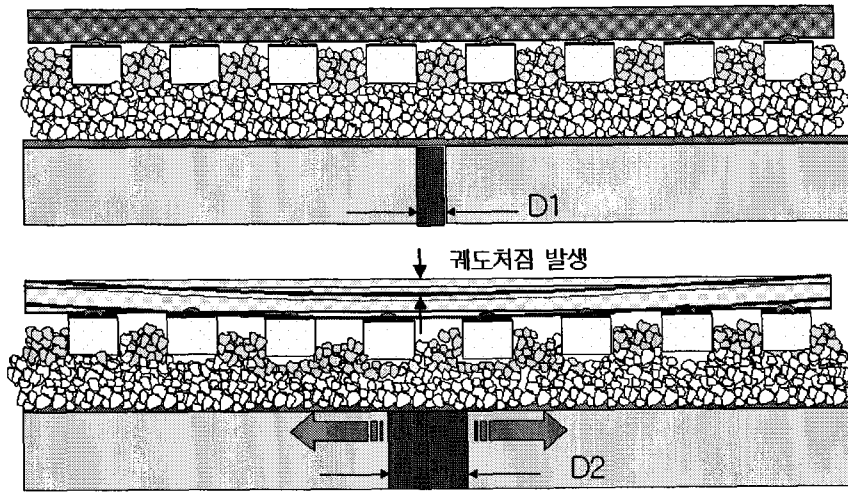


그림1. 교량신축작용과 궤도고저틀림

이러한 현상을 최소화 하기 위하여 설치한 종방향활동체결장치는 종방향 활동 기능을 갖도록 하는 방안으로서 기본 개념은 체결장치를 체결하여도 레일 종방향으로는 전혀 힘이 전달되지 않으며 레일의 상 방향 활동, 전도에만 저항토록 하는 방안이며 도상고결제 살포는 자갈도상 구조를 접합하는 것으로 자갈의 침강거동을 줄이기 위한 방법으로 도상생력화기법중 하나이다. 레일온도상승에 따른 장출 방지가 필요한 곳뿐만 아니라 터널내부, 터널진출입구, 자갈비산이 우려되는 구간, 도상 횡저항력을 필요로 하는 곡선부, 역내의 플랫폼 전후, 도상의 무너짐 방지용, 콘크리트 구조물과 토공 연결부 등에 다양한 용도로 사용될 수 있다.

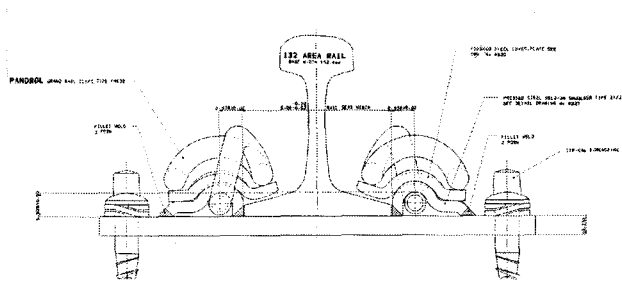


그림2. 종방향 활동체결장치 단면도

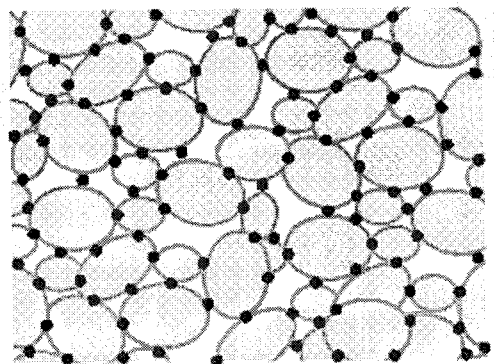


그림3. 도상입자간의 점착기능

3. 현장개요

교량상판 신축이음부에서의 궤도틀림 최소화를 위한 시험시공으로 고속선 오송교(상선) 126km944 - 127km706구간 신축이음부 11개소에 교량상부 구조물 신축부 전후 5m구간에 대하여 활동체결장치를 체결하였으며, 상·하선 126km 784부근 동일구간에 도상고결제를 폭 9m, 길이 12m, 깊이 200mm으로 살포하였다. 살포구간은 교량상판 신축이음부으로부터 전, 후 각각6m(총 연장 12m)구간에 대하여 침목저부로부터 15cm 하방의 자갈두께 20cm을 고결시켰다.

표 1. 활동체결장치 설치 개소

구분	위치		연장 (m)	구분	위치		연장 (m)
	시점	종점			시점	종점	
1	126km942	126km948	6	7	127km422	127km428	6
2	127km022	127km028	6	8	127km502	127km508	6
3	127km102	127km108	6	9	127km582	127km658	6
4	127km182	127km188	6	10	127km663	127km668	5
5	127km262	127km268	6	11	127km702	127km710	8
6	127km342	127km347	5				

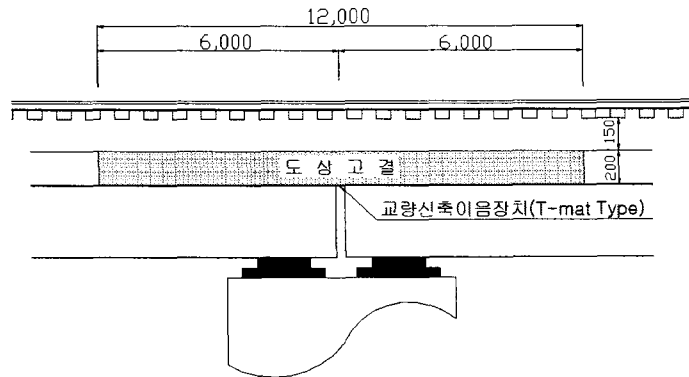


그림4. 도상고결재 시험시공 개요도

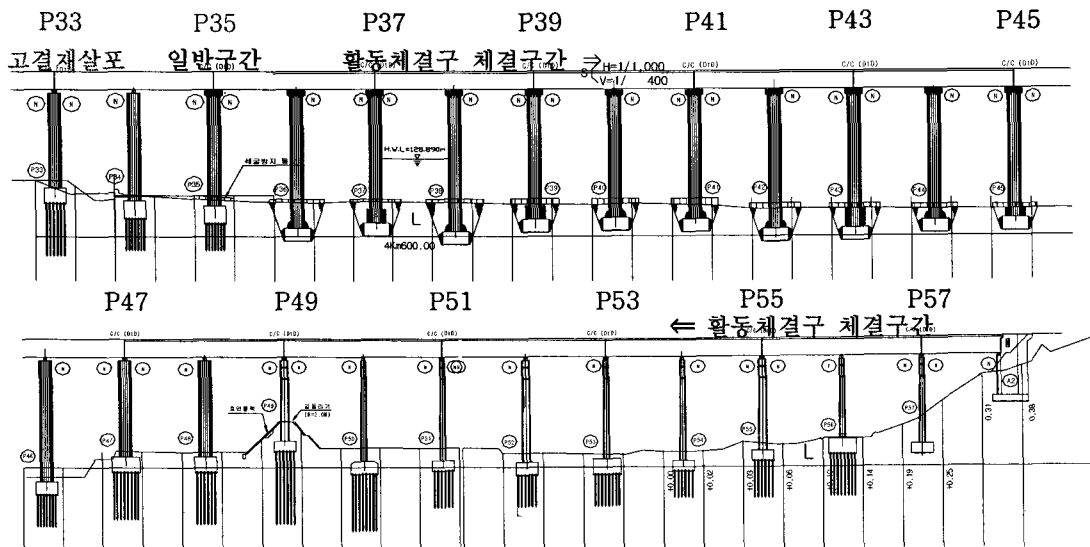


그림5. 오송교 종단면도

4. 궤도검측결과 및 분석

위 현장에 대한 궤도검측그래프를 살펴보면 교량 신축이음부에서 궤도틀림이 매우크게 나타나며, 종방향 활동체결장치를 설치한 상선에 비해 하선의 궤도틀림은 신축이음부가 위치한 80m 또는 75m 마다 주기적으로 나타나는 것을 알 수 있다.

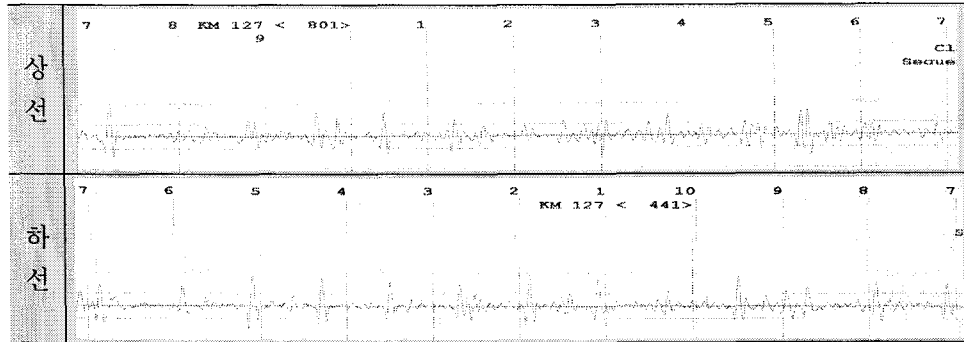


그림6. 오송교부근 궤도검측그래프

고속철도의 상업운행이 개시된 2004년 4월 이후부터 2007년 7월까지 신축이음부의 궤도검측결과와 평균값은 표2와 같다. 우선 종방향 활동체결장치가 설치되지 않은 오송교 하선의 궤도검측결과를 살펴보면 해빙기 유지보수 작업을 수행하기 전 동절기 기간 동안 고저틀림이 매우 크게 나타나며 동절기 이외의 기간에서도 틀림이 서서히 증가됨을 알 수 있다. 그러므로 궤도선형이 교량상판의 길이 변화에 영향을 받으나 온도의 상승과 하강에 대하여 정량적인 연관관계는 없으며 온도의 상승과 하강에 관계없이 신축이음부상의 궤도틀림은 조금씩 진행되고 있음을 알 수 있다. 이를 통해 도상의 이완은 교량상판의 거동으로 발생하나 온도의 상승으로 교량상판이 늘어나고 동시에 도상이 압밀되는 현상은 발생하지 않음을 알 수 있다. 즉 온도가 하강할 때 발생된 도상의 이완은 온도가 상승하더라도 교량상판과 같이 원상태로 복원되지 않고 도상이완이 계속 진행됨을 알 수 있다. 반면 종방향 활동체결장치가 설치된 상선의 경우 하선의 궤도틀림변화와는 다르게 온도의 상승과 하강에 관계없이 신축이음부상의 궤도틀림은 지속적으로 진행되고 있음을 알 수 있으며, 도상고결제 살포구간은 고결제의 살포직후의 궤도틀림량은 다른 개소보다 낮았으나, 그해 동절기부터 궤도틀림량이 현저히 높게 나오는 것을 알 수 있다.

표 2. 오송교 신축이음부 궤도틀림평균

측정일	일반구간 (하선, P35~57)	활동체결장치 (상선, P35~57)	고결제살포 (상·하선, P33)
'04.04	0.77	0.78	0.65
'04.06	0.99	1.02	0.75
'04.09	1.32	0.91	0.65
'04.12	2.28	0.87	2.15
'05.03	2.08	0.86	2.85
'05.06	1.53	1.03	2.30
'05.09	1.75	1.10	2.85
'05.11	2.23	1.22	3.05
'06.03	2.66	1.26	3.55
'06.06	2.14	1.76	3.20
'06.09	2.35	2.22	3.25
'06.12	2.90	2.18	3.60
'07.03	2.90	2.55	3.20
'07.06	2.65	2.22	2.10

아래 그림7에서 나타나는 바와 같이 해당구간의 궤도틀림량의 변화를 비교하여 살펴보면 활동체결장치의 설치는 선로개통 초기에 궤도틀림량을 감소시키는데 효과가 있으나, 최근에 와서는 일반구간(하선)과 비슷한 값을 나타내고 있다. 이유는 열차통과톤수가 증가되고 유지보수시 자갈다짐 등으로 자갈마모에 따른 압밀화로 탄성을 소실하여 궤도틀림량이 다시 많아지는 것으로 판단되며, 도상고결재 살포구간에서는 일시적인 궤도틀림량 감소 효과가 있었지만 오히려 일반구간 및 활동체결장치 설치구간 보다 궤도틀림량이 증가되었다. 고결재 살포 시공시 도상의 자갈을 제대로 층다짐 하지 못하고 일괄적으로 작업이 이뤄져 도상자갈이 불안정해 나타난 것으로 판단된다. 그러나 그림7에서 알 수 있듯이 활동체결장치 설치 및 도상고결재 살포는 개통초기 선로안정화에 단기적인 효과가 있는 것을 알 수 있다.

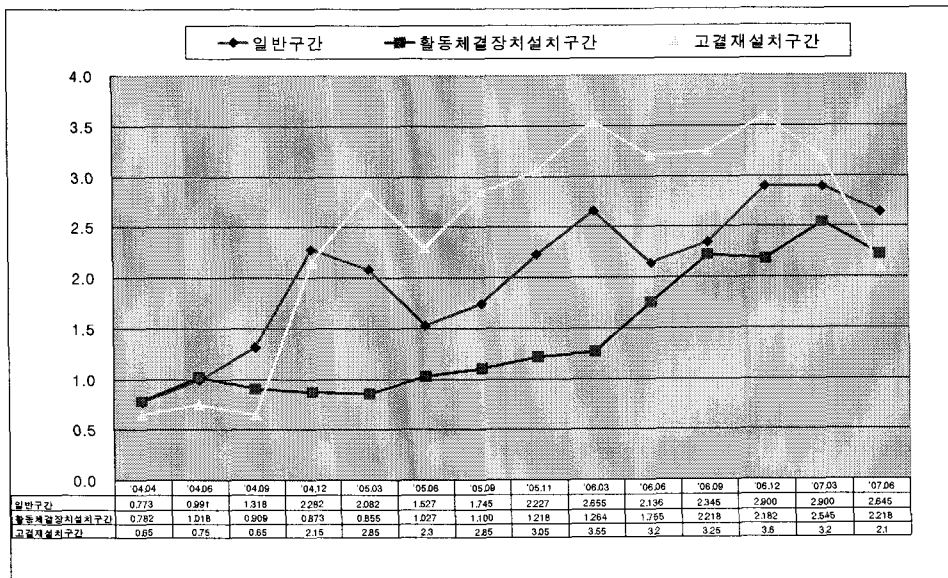


그림7. 신축이음부 궤도틀림평균

5. 결 론

앞서 검토한 바와 같이 종방향 활동체결장치를 설치한 신축이음부에서의 궤도틀림은 온도의 상승과 하강에 따른 영향은 거의 없는 것으로 나타났으며, 궤도틀림량도 현저히 감소하였다. 그러나 상업운행이 시작된지 3년 남짓 지난 현재 궤도틀림량은 일반구간과 비슷한 결과가 나타나 장기적인 대책으로는 적절한 방안이라고 보기 어렵다. 도상고결재의 살포구간은 선로개통 초기 궤도틀림량은 현저히 감소시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 열차 통과톤수가 증가되면서 일반구간 및 종방향활동체결장치 설치구간보다 궤도틀림이 높게 나타났다. 최근에 도상고결재 살포구간에서 궤도틀림량이 현저히 감소되는 현상이 나타나는 것은 시간이 지남에 따라 열차통과톤수의 증가로 자연다짐이 이뤄져 도상자갈이 안정화 된 현상으로 선로안정화에 대한 장기적인 대책으로 지속적인 궤도틀림의 변화추이를 관찰할 필요가 있다. 본 검토는 궤도점검결과를 토대로 검토한 자료로 향후 교량상판에서의 신축이음매부 궤도틀림 최소화를 위한 더욱 다양하고 장기적인 검토와 연구가 필요하겠다.

참고문헌

1. 강기동 (2005년), “고속철도 교량 바닥판의 온도신축작용이 궤도처짐에 미치는 영향과 대책에 관한 연구”, 한국강구조학회 논문집, pp.673-679
2. 강기동 (2003년), “교량상판의 온도신축작용이 궤도고저틀림에 미치는 영향”, 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp.4,210-4,213
3. 이덕영 (2003년), “종방향 활동체결구를 사용한 당산철교 장대레일화 사례”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.379-384