

인천공항철도 영종대교 강직체결장치 성능평가 A Evaluation of Rail-fastening on IREX, Young Jong Grandbridge

*박 옥 정¹

*O. J. Park(ojpark@krri.re.kr)¹

¹한국철도기술연구원

Key words : Rail-fastening system, Rail Axial Force, Rail Clamping, Rail Expansion Joint, Steel Girder

1. 서론

최근 우리나라에서 동계올림픽 개최가 확정되고 동북아허브공항으로써 급증하는 인천공항 이용객의 서울역 환승불편 등을 해소하고자 KTX 열차의 인천공항 직결 운행계획을 추진하고 있다.

인천공항철도는 당초 비교적 경량이고 중저속인 도시철도전용선으로 건설되었고 영종도를 잇는 영종대교는 장경간 현수교로 설계되어 풍압, 동절기와 하절기의 온도변화에 따른 과도한 교량 변위 문제 등 많은 제약사항으로 통과속도를 100km/h이하로 제한하고 있어 이 구간에서 KTX운행을 고려한 속도단계별 주행안정성 평가 및 증속에 대응한 궤도 시설물 보강방안이 요청된다.

특히 주행하는 철도차량과 교량구조물 사이에서 차륜을 직접 지지하는 체결장치가 통상적 궤도 구조가 아닌 강직결방식으로 시공되어 고속철도 기준에 의한 성능 평가와 적절한 보강방안 검토가 필요하다.

2. 성능평가 기준 및 평가시험환경

인천공항철도는 “공항철도 자재시방서”에 따라 설계 및 시공되었고, 경부고속선은 고속철도체결장치 성능시방서에 따라 종방향저항력, 레일 두부횡변위 허용한도 등 주요한 성능 기준을 평가한 것을 참조하고 각종 궤도용품이 개통후 상당기간이 경과된 점을 감안하여 중고품과 보수 예비품(신품)으로 교량거더와 동일한 강판 상부에 실물 체결장치를 조립하여 평가용 시료를 제작하였다.

본 시험은 한국철도기술연구원의 레일체결장치 전용시험동 실내에서 상온조건을 충족하고 시료온도가 50℃를 넘지 않도록 환경조건을 유지하였다.

3. 성능 평가 시험

3.1 주요평가시험 항목

시험항목은 KTX 증속운행시 중요한 검토사항인 레일두부횡변위시험, 정동적 수직 스프링 계수, 종방향 저항력에 대하여 실시하였다.

3.2 종방향 저항력

1). 시험방법

Fig.1과 같이 체결장치를 정반에 고정시킨 후 레일의 종방향 변위를 측정할 수 있도록 변위계를 설치하고, 7.5kN/min의 속도로 종방향력을 가하고 레일의 밀림이 발생하여 하중이 급격히 감소하면, 계속해서 하중과 변위를 2분 동안 측정한다. 시험은 총 4번 반복하되 체결장치를 해체하거나 조정하지 않도록 하며, 각 하중 재하 주기 사이의 간격은 3분이 되도록 한다. 4번의 결과 중 첫 번째 시험 결과는 버리고 나머지 세 번의 결과를 평균하여 계산한다.

종방향 저항력은 총 변위량 에서 하중을 0으로 감소시킨 후 관찰된 영구적 잔여 변위량을 뺀 값이 하중-변위 곡선의 하중 축과 만나는 지점이다



Fig.1 Rail longitudinal Force Testing

2). 시험결과

예비품(신품)과 중고품의 종방향 저항력은 각

각 Table 1, Table 2와 같다.

Table 1 Rail Longitudinal Force of spare-part rail-pad

| 시험편 | D ₁ (mm) | D ₂ (mm) | D ₃ (mm) | F (kN) |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| 반복하중시험편 | 0.829 | 0.672 | 0.157 | 5.607 |

Table 2 Rail Longitudinal Force of Used rail-pad

| 시험편 | D ₁ (mm) | D ₂ (mm) | D ₃ (mm) | F (kN) |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| 반복하중시험편 | 0.879 | 0.697 | 0.182 | 5.600 |

3.2 정적 수직스프링계수 비교 평가

1). 시험개요

강직체결장치 조합체에서 진동감쇠는 주로 레일패드에서 이루어지며 선형조정을 위해 레일패드하부에 충진하는 가변패드가 다소간 완충역할을 하게 된다. 조합체 수직스프링계수는 가변패드의 시공두께에 좌우되므로 경년변화시험은 의미가 없으나 레일패드는 동질품으로 제작되며 경년경화도 분석이 필요하므로 중고품과 재고품의 비교시험을 한다.

2). 시험방법

체결장치 조합체를 정반에 고정하고 변위 측정기(LVDT)를 설치한 후 해당 위치에서 0점 세팅을 하고, 하중재하 속도 50 kN/min을 적용하여 0 ~ 85kN 하중을 재하하고, 하중 제거 후 5분 동안 대기후 하중재하 단계에서 4지점의 수직 변위를 측정하고 하중-변위 그래프를 작성한다.

시험은 총 4번 반복하되, 4번의 결과 중 첫 번째 시험 결과는 버리고 나머지 세 번의 결과를 평균하여 계산한다.

3). 시험결과

예비품(신품)과 중고품의 수직스프링계수는 Table 3과 같다.

Table 3 Spring-rate of Spare-part & Used rail-pad

| 시험편 | d _{min} (mm) | F _{min} (kN) | d _{max} (mm) | F _{max} (kN) | K _{st} (kN/mm) |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 중고품 | 0.172 | 5.177 | 1.667 | 79.993 | 50.061 |
| 재고품 | 0.171 | 5.177 | 1.665 | 79.978 | 50.084 |

3.3 반복하중 시험

1). 시험방법

반복하중 시험의 최대하중과 하중 작용선은 동적수직스프링계수 시험결과(Kdyn = 211.86 kN/mm)에 해당하는 최대 하중 및 재하 각도로 Fig.2와 같이 실제 차륜접촉 형태로 300만회 가진하여 부품상태 및 레일두부형변위를 평가한다.



Fig.2 Rail fastener Fatigue Testing

2). 시험결과

5만회 반복하중 가진 후 체결장치 구성품의 균열/마모 등 훼손은 없었으나 레일 두부 최대 형변위가 5.375 mm, 5.192 mm 등 반복하중 시험 중 기준치인 4mm를 훨씬 초과하는 과도한 변위가 발생함에 따라 시험장비 파손 등 안전상 문제로 가진시험은 중단하였다.

4. 결론

이 시험을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1). 체결장치 종방향 저항력은 재고품이 5.7kN, 중고품이 5.6kN로 고속철도의 장대레일 부동구간 성능요구기준인 9kN에 훨씬 미달하며, 축중이 가벼운 전동차 전용 도시철도 기준 7kN에도 미치지 못하여 REJ의 과도 신축 및 부동구간의 레일복진에 대한 보강방안이 요구된다.

2) 반복하중 재하시 최대 레일두부 형변위 측정 결과 최대 6.67mm를 보이므로써 인천공항철도 및 고속철도 성능요구한도인 4mm를 훨씬 초과하여 과도한 선형틀림, 열차충격진동에 따른 운중감소 등 주행안전성 저해가 우려되므로 체결장치의 횡방향저항력 보강이 요구된다.

참고문헌

1. 박옥정, "KTX 운행을 위한 공항철도 영종대교 체결장치 시험평가 보고서 " 한국철도기술연구원, 4-16, 2012.