

철도교(단순교) 현장재하시험에 의한 열차 소음 진동 분석

Analysis of Train Noise and Vibration by Railway Bridge (Simple Bridge) Field Loading Test

1)신준수*†

Jun-su Shin**†

초 록 기존의 재하시험은 야간에 또는 열차가 운행하지 않는 시간에 선로를 차단하고 실험열차를 사용하여 재하실험을 하고 이로부터 내하력을 산정하였다. 그러나 본 연구에서는 운행열차를 이용하여 통과 운중을 측정하고 이로부터 내하력을 산정함으로써 정확한 내하력과 교량동적거동 파악이 가능하였다.

따라서, 좀더 정확한 열차통과시 가진진동수와 구조물 고유진동수의 비에 의한 공진현상을 유추하여 수직변위에 대한 원인분석이 가능하였다. 본 연구에서는 향후 선로 유지 관리에 있어 궤도틀림의 원인과 그 해결책을 찾는 데 도움이 되길 바라며, 교량의 고유진동과 선로 파괴에 있어 최적의 열차 속도와의 관계를 분석하는 방법을 제시한다.

주요어 : 현장재하시험, 진동가속도, 공진

1. 서 론

PSC BOX GIRDER의 상부구조 형식으로 시공되어 있는 오송교 중 단순교 구간인 24경간에서 열차통행 시 소음 및 진동이 과도하게 느껴져 이에 대한 원인 규명 및 구조물 유지관리 시 기초자료로 활용하고자 인접 2경간 연속교 구간(S26~S26)과 연계한 현장재하시험을 실시하였으며, 그 결과를 분석하였다.

2. 현장재하시험

2.1 재하시험 위치

열차통과 시의 교량 상부구조 거동을 계측하기 위해서 24경간 중앙부 1개소, 양측 지점부 4개소(P24 상부 받침주변 2개소, P25 상부 받침주변 2개소), 25경간 중앙부 1개소, 지점측 지점부 2개소(P25 상부 받침주변 2개소) 등 총 8개소의 변위계를 설치하였으며, 24경간 박스 하부에 가속도계 1개소를 설치하였다.

Table 1 측정 게이지 종류

구분	게이지 정보			계측 목적	
	종류	부착 위치	번호		
S24	변위계	중앙부	DT3	1	중앙부 최대 변위 측정
		지점부	DT1, DT2 DT4, DT5	4	지점부 변위 측정
	가속도계	중앙부	Acc1	1	중력방향 진동가속도 측정
S25	변위계	중앙부	DT8	1	중앙부 최대 변위 측정
		지점부	DT6, DT7	2	지점부 변위 측정

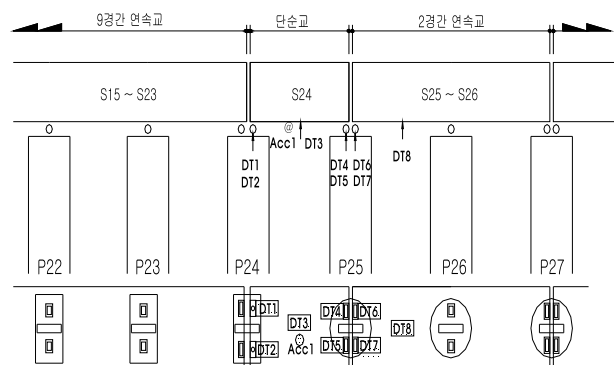


Fig. 1 게이지 설치 위치 현황

1) *† 교신저자 : 한국철도공사 철도교통관제센터

2.1.1 지간 중앙부 수직변위

경간 중앙부의 수직변위는 단순교 구간인 S24의 경우 0.987mm ~ 2.254mm, 2경간 연속구간인 S25의 경우 0.763mm ~ 1.190mm로 측정되었다.

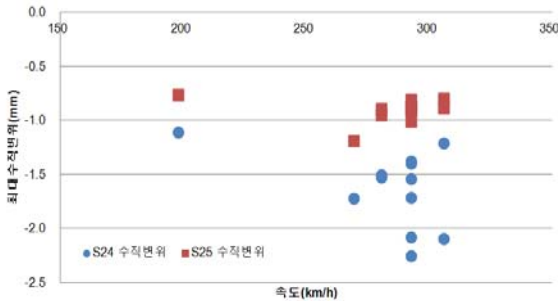


Fig. 2 속도별 경간 중앙부 수직변위 분석

열차 통과 시의 변위 그래프를 열차의 속도 순서대로 나타낸 결과, 열차의 속도 증가에 따라 객차 통과시 변위의 증폭현상이 발생됨을 알 수 있다. 한편, 열차속도가 200km/hr 보다 작게 통과한 열차는 인접 아산역에 정차하기 위해 오송교 지점에서 저속으로 운행된 열차로 판단된다.

2.1.2 지점부 수직변위

열차 주행에 따른 지간 단부의 수직변위를 분석한 결과 단부의 수직변위는 0.3mm 이하로 측정되어 처짐값이 미소한 것으로 분석되었다.

3. 진동가속도 분석

수직가속도는 Low Pass band로 필터링을 수행하였다. 상행의 경우 0.080g ~ 0.384g, 하행의 경우 0.156g ~ 0.470g의 값을 나타내고 있다. 가속도계의 측정위치가 박스거더 하부임을 고려할 때 정확한 비교대상은 아니나, 교량의 상판 수직가속도를 유도상 교량에서 0.35g 이하로 제한하는 규정을 초과하는 값도 3개소에서 조사되었다.

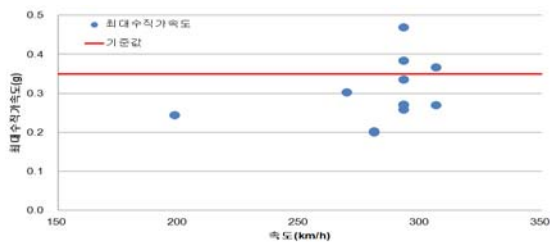


Fig. 3 S24 중앙부 속도별 진동가속도 분석

4. 고유진동수 분석

열차속도 200km/h 이하에서는 열차통과에 따른 가진에 의한 공진이 발생하지 않는 것으로 나타나고 있다. 본 계측시 변위의 증폭현상이 발생하는 열차통과속도는 269.5km/h ~ 297.5km/h로 조사되었으며, 열차의 통과속도가 증가할수록 수직변위 및 수직가속도가 증가하는 경향을 나타내고 있으며 이는 열차통과에 따른 공진의 영향으로 사료된다.

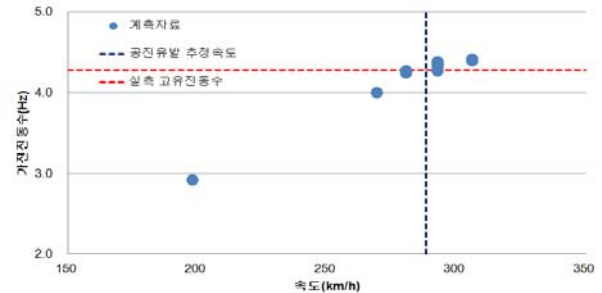


Fig. 4 열차통과속도별 가진진동수(Hz) - 150km/h 이상 계측자료 분석

5. 결론

현재 오송교 S24와 S25에서 총 15회에 걸쳐 상시열차 통과시의 변위 및 가속도를 측정하였다. 그 결과 공진대역을 통과하는 열차의 빈도가 70 ~ 80%로 조사되었으며, 열차통과에 따른 가진진동수가 구조물의 고유진동수와 유사한 영역대에서 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 총 3회의 계측값에서 유도상 교량 상부 수직가속도 기준값을 상회하는 값이 측정되었다.

이러한 현상이 지속될 경우 수직변위 및 상판의 수직가속도가 커져 궤도틀림 등이 발생할 것으로 추정되며, 이에 대한 개선 방안으로는 열차의 속도제한이나 구조물 고유진동수 변경을 위한 조치를 강구하는 것이 고속선 유지관리를 위해 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김석원외4(2004), Analysis on the Characteristics of the Ride Comfort for High Speed Trains on the High Speed Line/conventional Line, 한국소음진동공학회논문집
2. 선로유지관리지침(2015), 한국철도시설공단
3. 선로유지관리기준(2011), 한국철도공사