

# 하중분산효과를 고려한 고속철도교량 가속도 분석 연구

## A Study on Acceleration on High Speed Railway Bridges Considering Load Distribution Effect

곽종원† · 윤혜진\* · 진원종\* · 조정래\* · 황찬규\*\*

Jong-Won Kwark, Hyejin Yoon, Won-Jong Chin, Jeong-Rae Cho and Chan-Gyu Hwang

### 1. 서 론

고속철도교량은 열차가 주행할 때 일정한 간격의 연속적인 차륜하중의 반복적인 작용에 의한 공진 가능성 때문에 동적안정성에 대한 검토가 필수적이다. 고속철도열차의 동해석은 설계자의 자의적인 판단에 따라 해석결과가 크게 달라질 수 있기 때문에 동해석을 수행하기 위한 가이드라인을 제시할 필요가 있다. 본 논문에서는 적절한 동해석 모델을 선정하기 위한 목적으로 궤도 모델링을 통한 하중분산효과 고려 여부에 따른 가속도 응답을 분석하였다. 열차 하중은 레일을 따라 작용하고, 궤도를 통하여 분산되어 교량에 전달된다. 따라서 교량 본체 모델링에 궤도를 포함하지 않을 경우 열차하중이 상판에 직접 재하 되어 실제보다 과다한 동적응답을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 현재 운용중인 PSC BOX 거터교량을 대상으로 동적해석을 실시하고 하중분산효과 고려 여부에 따른 응답 특성을 분석하였다.

### 2. 고속철도교량의 동적해석

대상 교량은 2@50m의 PSC BOX 거터 형식을 갖는 성동고가다. 대상 교량의 제원은 Table 1, 전경은 Fig 1과 같다. 교량 모델링은 3차원 모델을 적용하였으며, 하중분산효과 고려 여부에 따라 Table 2와 같이 구분하였다. 열차 하중은 20량 편성의 KTX를 적용하였다.

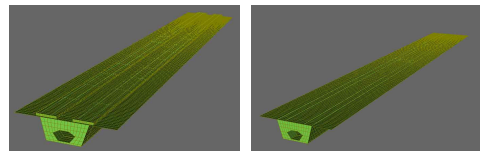


Fig 1. View of Seongdong Viaduct

자유진동해석과 이동하중해석을 실시하였다. 이동하중해석은 철도설계기준(2011)<sup>(1)</sup>에 근거하여 420 km/hr까지 10 km/hr의 간격으로 수행하였다. 속도 0km/hr에 해당하는 정적이동하중해석과 함께 응답에 주요 영향을 미치는 1차 휨모드, 1차 비틀 모드에 대한 공진 및 부공진 속도가 고려하는 속도 범위에 있는 경우 해석에 포함하였다.

Table 2 Model Classification

	Model1 (하중분산효과 고려)	Model2 (하중분산효과 미고려)
궤도 구조 고려 방법	궤도 모델링을 교량 모델링에 포함시켜 고려	궤도 모델링 하지 않고 상판에 부가 질량으로 고려



(a) Model1

(b) Model2

Fig 3. Modelling

Table 1 Characteristics of Seongdong Viaduct

교량명	성동고가	측정구간	S37 (P37~P38)
교량위치	대구시 수성구 성동 100-6	경간장	1@50m
형식	PSC BOX	바닥판높이	350mm
궤도형식	콘크리트궤도	거터높이	3.65m

### 3. 해석 결과

Table 3은 하중분산효과 고려여부에 따른 고유진

동수를 정리한 것이다. 고유진동수는 궤도 구조 고려 여부에 따라 차이를 보였는데, 하중분산효과를 고려한 경우(Model1)가 3.77Hz, 하중분산효과를 고려하지 않은 경우(Model2)가 3.95Hz로 나타났다. 계측 고유진동수가 3.662Hz ~ 3.784Hz임을 고려하였을 때 Model1에 의한 고유진동수가 계측 고유진동수를 잘 반영하는 것으로 판단된다.

**Table 3 Natural Frequency**

모드	Model1		Model2		비고
	고유진동수 (Hz)	공진 대응속도 (km/hr)	고유진동수 (Hz)	공진 대응속도 (km/hr)	
1	3.77	253.86	3.95	266.05	휨(1차 휨모드)
2	5.34	359.41	5.55	373.70	휨(2차 휨모드)
3	7.40	497.87	7.91	532.21	비틀림(1차비틀림모드)
4	8.03	540.27	8.54	575.08	비틀림(2차비틀림모드)
5	9.98	671.81	9.86	663.96	

경간 중앙부 단면의 양 끝(E1, E2), 열차가 지나 는 점(L)에 대하여 Model1, Model2의 가속도 응답 차이를 비교하였다. 이 때 가속도는 교량의 거동에 지배적인 저진동수 성분만을 고려하기 위하여 30Hz로 Low Pass Filtering 한 것이다.

Fig 4, Fig 5의 결과에 따르면 궤도 모델링을 통해 하중이 분산되어 교량에 전달되는 경우가 교량상판에 이동집중하중으로 직접 재하되는 경우보다 가속도 응답이 작게 나타났다. 특히 하중재하점(L)에서 하중분산효과가 가장 크게 나타났다.

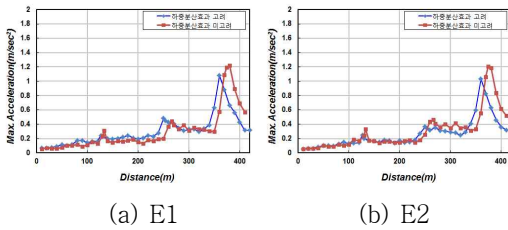


Fig 4. Acceleration(E1, E2)

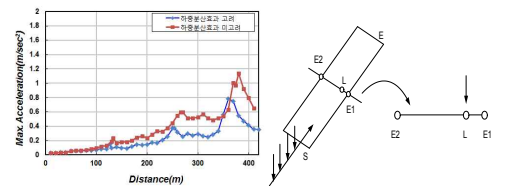


Fig 5. Acceleration(L) Fig 6. Monitoring Point

Table 4는 고려하는 속도 범위내에서 하중분산효과 의 고려여부에 따른 최대 응답의 변화를 정리한 것이다. 성동고가의 가속도 응답은 2차 휨모드에 해당하는 공진속도에서 가장 크게 나타났다. 궤도 고려에 따른 하중분산효과는 하중재하점(L)에서 가장 크게 나타났다.

**Table 4 Max Acceleration**

날개부 (E1)	가속도 [g]	Model 1	1.081
			Model 2
	가속도 감소 비율		0.906
하중 재하점 (L)	가속도 [g]	Model 1	0.784
		Model 2	0.968
	가속도 감소 비율		0.810
날개부 (E2)	가속도 [g]	Model 1	1.032
		Model 2	1.207
	가속도 감소 비율		0.855

#### 4. 결 론

본 논문에서는 PSC BOX 거더교량을 대상으로 동적해석을 실시하고 하중분산효과 고려 여부에 따른 응답 특성을 분석하였다. 궤도 구조의 고려에 따른 하중분산효과는 하중재하점에서 가장 크게 나타났다. 동적해석 시 교량 본체 모델링에 궤도를 포함 하지 않으면 열차하중이 상판에 직접 재하 되어 실제보다 과다한 동적응답을 얻을 수 있으므로 교량에 전달되는 하중의 교량 단면상의 분포상황을 고려하여 동적해석을 수행하는 것이 합리적이라 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업 “초고성능 콘크리트 활용기술 개발”과 한국철도시설공단 “철도건설 경쟁력 확보를 위한 용역” 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- (1) 한국철도시설공단, “철도설계기준(노반편),” 한국철도시설공단, 2011