

# 긴장력 조절이 가능한 PSC철도교량의 동적성능에 관한 연구

## Dynamic Performance of PSC Girder Railway Bridge with Detensionable & Retensionable Prestressing

방춘석\*      정원석\*      김현민\*\*      이종관\*\*\*  
Bang, Choon Seok   Jung, Won Seok   Kim, Hyun Min   Lee, Jong Kwan

---

### ABSTRACT

Recently, there has been growing recognition of new-type bridges in the railway bridge engineering community in Korea. The new technology gives a more flexible possibility in terms of longer span and lower height of the girder. Under this circumstance, many new-type bridges are expected to be constructed and replaced existent railway bridges. Among aforementioned bridges, this study investigates the dynamic performance of a detensionable & retensionable prestressed concrete (DRPC) girder bridge. The basic concept of the DRPC is based on the conventional prestressed concrete girder bridge but is able to control prestressing force by introducing the secondary prestressing. A full scale DRPC specimen was constructed and modal tests were conducted to obtain the natural frequency and damping ratio of the specimen. Numerical analyses are the carried out at different constant speeds based on the measured dynamic properties. The results show that the dynamic response of DRPC bridge is well within the dynamic ranges specified in the specifications.

---

### 1. 서론

현재 기존에 시공되어 있는 철도교량은 경간 18m 이하의 판형교가 46%를 차지하고 있으며, RC-슬래브교 및 T-Beam 교 같은 일반콘크리트와 PC-Beam과 같은 프리스트레스 콘크리트 형식의 교량이 30% 이상을 차지하고 있다. 그러나 토목설계 및 시공기술의 발달과 더불어 교량의 장경간화는 경제성 및 공학적 효율성과 더불어 현재 세계적인 추세이며, 국내 철도교량 분야에도 기존선의 교체 및 신선구간에는 25m 지간 이상의 다양한 교량형식이 도입되고 있는 실정이다. 기존의 PSC-Beam 교량은 1960년대 국내에 처음 도입된 이래 뛰어난 시공성과 경제성으로 경간 30m 이하의 철도교 및 도로교에 매우 광범위하게 적용되었다. 그러나 자중이 크고 형고가 높기 때문에 경간 30m 이상일 경우에는 형고와 자중의 증가로 인해 매우 비효율적이 되어 사용에 많은 제약이 따른다. 이에 대하여 다양한 형태의 신형식 교량에 대한 연구가 진행되고 있으며, 도로교 및 철도교에 적용되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 새로운 기법으로 개발된 DR(Detensionable & Retensionable) PSC 철도교량에 대한 동적 성능검토를 하고자 한다. DR PSC 철도교량은 프리스트레스 콘크리트 형식의 일환으로 2차 긴장재의 긴장력을 조절할 수 있는 거더교량이다. 이는 긴장력 조절이 가능하여 설치 및 교체 단계별로 필요한 긴장력을 추가 및 제거함으로써 형고 저감이 가능한 경제적인 신개념의 교량이라고 할 수 있다. 또한 바닥판과의 합성과정 시공에서 반단면 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 적용하여 시공성, 안전성 및 품질이 우수한 특성을 지니고 있다. 연속보로 시공하는 경우에는 돌출부를 거더 상부에 설치하여 긴장재의 편심량을 크게함으로써 동일한 형고에서 부모멘트를 감소시킬 수 있는 특징을 갖고 있다.

---

\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

\*\* 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원

\*\*\* (주)한맥기술 상무이사, 정회원

장경간 경량화를 추구한 신형식 교량들은 상대적으로 유연한 구조이므로 충격계수 및 처짐 등 사용성 측면에서 취약할 수 있으므로, 동적거동에 대한 검토가 필수적이다. 특히 철도교량에서는 도로교와는 달리 지속적으로 반복되는 고속 중량의 열차하중의 특성으로 동적응답과 피로현상 및 공진 가능성에 대한 검토가 반드시 필요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 DR PSC 거더교를 철도분야에 적용하기 위해 최적단면 검토 및 선정단면에 대한 동적 수치해석을 통하여 국내 및 국외의 동적성능 기준과의 부합여부를 검증하고자 한다.

## 2. 철도교의 동적설계기준

### 2.1 충격계수

철도설계기준(철도교편)(2004년)에 따르면 충격계수는 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트교의 경우, 다음과 같은 값을 사용하도록 규정되어 있다.

$$L \leq 18m : i (\%) = 45 - L^2 / 45$$

$$L > 18m : i (\%) = 24 + 240 / (L - 0.6)$$

또한, 강교 및 강합성의 경우, 다음과 같이 규정되어 있다.

$$L \leq 24m : i = 50 - L^2 / 48$$

$$L > 24m : i = 180 / (L - 9) + 26$$

실제 철도교량의 경우 다양한 종류의 열차 및 각 열차의 축간격에 의해 설계속도 내에서 공진의 발생가능성이 크며, 이와 같은 공진 발생 시 시방기준 상의 충격계수를 충분히 상회할 수 있으며, 감쇠비에 따라서 매우 커질 수 있다. 반면, 이러한 공진에 의한 매우 큰 값의 충격계수를 설계에 반영하게 되면 교량은 매우 비현실적이고 비경제적인 단면의 과다설계로 귀결될 수 있으므로 주의하여야 한다. 이와 같은 경우에는 단순히 충격계수 검토가 아닌, 발생 응력, 처짐, 가속도 등 다양한 정량적인 값에 대하여 구조적으로 충분한 안정성을 확보하고 있는지 검토하여 전체 교량 구조물의 안전성을 평가하여 합리적인 설계를 도출하여야 한다.

### 2.2 고유진동수

UIC 776-1에서는 첫 번째 휨 고유진동수가 다음과 같은 허용범위를 벗어날 경우에는 종합적인 동적 검토를 수행하도록 되어 있다.

$$1st \text{ 고유진동수 상한치} : n_0 = 94.76 \times L^{-0.748}$$

$$1st \text{ 고유진동수 하한치} : n_0 = 80/L \quad L = 4.0 \sim 20.0m$$

$$23.58 \times L^{-0.592} \quad L = 20.0 \sim 100.0m$$

여기서 L은 경간길이이다.

이와 같은 내용은 국내에도 철도설계기준(철도교편)이 2004년에 개정되면서 동일하게 수록되었다. 그러나 일본의 경우 최근 장경간/경량화 된 신형식 교량들이 지속적으로 개발되면서 이 기준의 하한치를 만족시키지 못하는 경우가 발생하는 것에 대하여 이와 같은 규정에 반드시 제한받지 않고 구조물 전체의 안전성 및 사용성 등을 다각도에서 검토하여 경제적, 구조적으로 효율적인 구조를 적용하고 있는 추세이다.

### 2.3 Deck 연직가속도

국내 고속철도의 규정인 BRDM(Systra, 1995)에 따르면, 220km/h 이상의 속도에서는 deck 연직가속도를 필수적으로 검토하여야 하고, 이때에 0.35g 이내가 되어야 한다고 규정하고 있다. 또한, 프랑스 규정에 따르면 다음과 같이 deck 연직가속도를 제한하고 있으며 이에 대한 검토는 220km/h 이상으로 주행하는 선로에 대하여 실열차하중의 단선재하에 의한 동적해석으로 수행하도록 명시되어있다.

- 유도상 궤도 : 0.35g
- 무도상 궤도 : 0.5g

### 2.4 단부꺾임각(End Rotation)

UIC 774-3에 의하면, 연직하중에 의한 단부꺾임각은 궤도/교량 상호작용 거동을 만족시키기 위한 중요한 인자로서 deck 상부 끝단에서의 변위를 제한함으로써 도상의 안전성을 유지하도록 규정하고 있다. 장대레일상에서 온도변화, 시동/제동하중, 및 연직하중에 의한 deck 상부 끝단과 성토부 그리고 연속하는 두 deck 상부사이의 거리의 합이 단부꺾임각의 최대허용치가 된다.

프랑스 기준(Channel Tunnel Rail Link Technical Design Standards)에 의하면, 복선교의 경우 단부꺾임각의 한계치는 다음과 같다.

- 기준 [a]

- 단부의 꺾임각이 인접 성토구간에 접해있는 경우

$$\theta_{\max}(\text{rad}) \leq 3.5 \times 10^{-3}$$

- 꺾임각이 연속된 2개의 상판사이에 있는 경우

$$(\theta_1 + \theta_2)_{\max}(\text{rad}) \leq 5.0 \times 10^{-3}$$

220km/h의 속도를 초과하는 경우에 대해서는 기준 [a]에 다음과 같은 기준 [b]를 추가 적용하여 실 열차하중에 의하여 단부꺾임각을 검토하여야 한다.

- 기준 [b]

$$\theta_{\max}(\text{rad}) \leq 2.0 \times 10^{-3}/h(\text{m})$$

여기서, h(m)는 레일면과 교좌장치 중심(교량 베어링 종류에 따라 다름)까지의 거리이다. 경부고속철도의 기준과 비교하면, h를 4m로 간주하면 다음과 같은 단부꺾임각 기준이 된다.

- 경부고속철도기준 :  $\theta_{\max}(\text{rad}) \leq 5.0 \times 10^{-4}$

### 2.5 연직방향 상대변위의 차 및 교축방향 변위 허용치

UIC 774-3에 의하면, 연직하중에 의한 deck 상부 끝단과 성토부 그리고 연속하는 두 deck 상부사이의 거리의 한계치는 8mm로 규정되어 있다.

Eurocode 1 PART 2에 따르면, 다양한 하중에 의해 인접 교대 또는 deck와 deck 상부표면의 연직방향 상대변위의 차는 다음과 같이 규정한다.

- 3mm : 최대속도 160km/h 이하의 선로
- 2mm : 최대속도 160km/h 초과인 선로

또한 연직하중에 의해 휨에 의한 deck 끝단의 deck 상부표면의 교축방향 변위 허용치는 다음과 같다.

- 8mm (궤도/구조물의 복합거동이 고려 시, 신축이음장치가 없거나 1개만 있는 경우)
- 10mm (궤도와 구조물의 복합거동을 무시하는 경우)

## 2.6 상판의 면틀림

프랑스 기준에 의하면, 면틀림의 정의는 다음과 같다. “동적계수(Dynamic Factor)를 고려한 UIC 71 하중(및 기타 협의 결정된 하중 모델)아래에서 유도된 3m 기준에서의 캔트 변화량(mm/궤도1m)”

면틀림은 안전기준이며, 열차속도에 따라 기준값이 다르다. 기존에 적용하는 3.0mm/m(횡방향)/3m(종방향)의 표현 방식은 약간 혼란스러워서 오해나 실수를 초래할 수 있다. SNCF-I 전문가에 의하면 위 표현 방식이 다음을 의미한다고 판단된다. “3미터 기준에서 측정된 캔트의 변화가 3.0mm(즉, 1m당 1mm)를 초과해서는 안 된다.” 그러나 이 기준은 속도에 따라 다음과 같이 보완해야 할 것이다.

표 1. 면틀림(twist) 기준

속도(km/h)	3m 기준에서의 캔트 변화량
속도 ≤ 120	1.5mm/m
속도 ≤ 220	1.0mm/m
속도 > 220	0.4mm/m

프랑스 기준 및 BRDM에서는 고속열차의 경우에는 실 열차하중에 의해 0.4mm/m가 검토되어야 한다고 규정되어 있다. 또한, 총 캔트 변화량(즉, 하중으로 인한 캔트 변화+완화곡선 등으로 인해 이미 존재하는 캔트 변화)은 2.5mm/m(궤도 3m에서 7.5mm/m의 캔트 변화)를 초과해서는 안 된다.

## 2.7 경간 중앙부 수직처짐

이 항목은 구조물의 구조적 안전성 사용성과 더불어 승객의 승차감에도 연결된다. 국내의 철도교설계기준(2004)에는 수직처짐의 제한 규정을 다음과 같이 속도별로 제시하고 있으며, 경부고속철도의 경우 L/1,700을 사용하고 있다.

표 2. 주거더의 허용처짐값 (철도교설계기준(2004))

지간길이 L(m) 열차속도 V(km/h)	0 < L < 50	L ≥ 50
	V ≤ 120	L/800
120 < V ≤ 150	L/1100	L/900
150 < 속도 ≤ 200	L/1600	

## 3. 실물거더 동적실험

이 장에서는 20m 지간의 실물 거더 모형 DRPC를 제작하여 고유진동수와 감쇠비 등의 모달변수를 추출해내기 위한 동적실험을 수행하였다. 모달테스트에 사용된 가진기는 0~10Hz 범위로 최대 8ton의 가진력을 가할 수 있는 장비를 사용하여 공진실험과 5.5kg의 충격해머를 사용하여 충격실험을 수행하였다. 가속도계는 상부슬래브에 중앙지점과 1/4 지점 및 단부부근에 총 5개를 설치하였으며, EDX 1500A 동적 데이터로거를 이용하여 데이터를 입수하였다. 이에 대한 실험전경을 그림 2에 나타내었다. 충격해머 실험결과 주파수 응답함수와 가진기에 의한 주파수 응답함수는 각각 그림 3과 4에 나타내었다. 그림에서 보듯이 가진기에 의한 모형의 1차모드에 의한 고유진동수 및 충격해머에 의한 1차모드의 고유진동수는 9.15Hz로 동일한 결과를 얻을 수 있었으며, 이

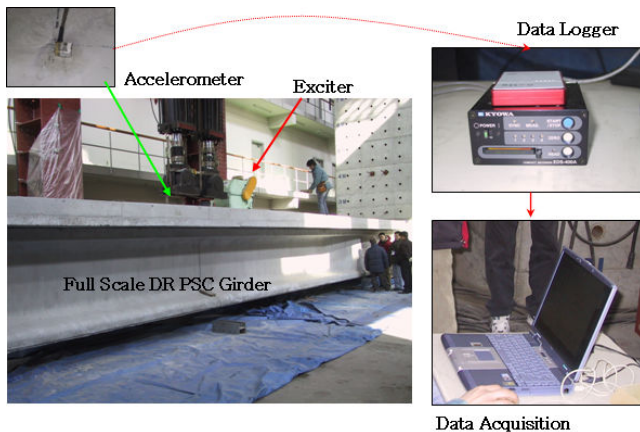


그림 1. 모달테스트 실험전경

는 수치해석 결과 8.9Hz와 비교할 때 2.8% 차이의 유사한 결과를 보여주었으며, 1차 모드형상은 전형적인 휨모드 형상을 나타냄을 알 수 있었다.

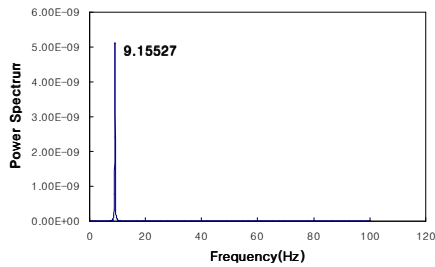


그림 2. 가진기에 의한 주파수응답

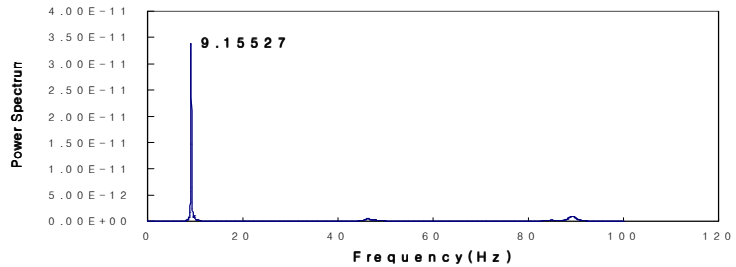


그림 3. 충격햄머에 의한 주파수응답

또한 logarithmic decrement에 의한 감쇠비 산정 결과 0.79%의 값을 얻을 수 있었으며, 이를 근거로 하여 주행열차 이동하중 해석의 모델에 활용하였다.

#### 4. 열차주행하중 동적 수치해석

##### 4.1 교량의 모델링

본 연구의 대상인 DR PSC거더 철도교량은 5주형 거더 및 가로보는 보요소를 이용하여 모델링 하였다. 주형거더 재료의 물성값은 콘크리트 압축강도가 400kgf/cm<sup>2</sup>의 고강도 콘크리트를 사용하였으며, 가로보는 압축강도 300kgf/cm<sup>2</sup>의 콘크리트를 사용하였다. 상부슬래브는 셸요소를 이용하여 모델링 하였으며, 사용재료는 압축강도 300kgf/cm<sup>2</sup>의 콘크리트를 사용하였다. 주형거더의 종방향 긴장재는 트러스 요소를 이용하여 2차 포물선 형태로 배치하여 모델링 하였으며, 주형 보요소에 각각 Rigid Link (ABAQUS

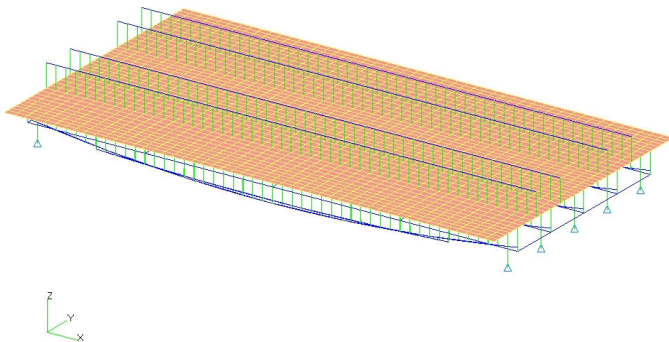


그림 4. DR PSC거더 철도교의 모델링

MPC)를 가하여 일체화 하였다. 이는 각기 다른 요소의 절점에 운동학적인 구속(Kinematic Constraint)을 가하여 변위 행렬을 이용하여 각 자유도의 상관관계를 결정하는 방법이다. 본 연구에서는 각기 다른 유한요소를 연결할 때에 발생할 수 있는 요소 형상함수의 불일치로 인한 응력의 불연속을 최소화하기 위한 유한요소를 선택하여 모델에 적용하였다. 침목 및 도상은 등가하중으로 치환하여 상부슬래브에 작용되는 것으로 모사하였다. 또한 레일부분은 국내기준에 따라 표준레일 60kgf/m의 단면제원 및 물성치를 이용

하여 Bernoulli 보요소로 이상화 하였다. 레일과 상부슬래브를 마찬가지로 Rigid Link 를 가하여 일체화 하였으며, 이에 대한 전체 모델링은 그림 4에 도시하였다. 열차하중은 일반선에 가장 빈번하게 운행되는 새마을, 무궁화, 화물열차를 중심으로 동적 성능 검토를 하였으며, 각각의 열차차량에 대하여 하중을 본 교량 모델의 레일에 일정속도로 작용하는 것으로 단선재하로 모형화 하였다. 열차하중은 한국철도기술연구원에서 개발한 열차하중 생성 프로그램을 이용하여 ABAQUS의 입력파일로 입력하여 이동하중 해석을 수행하였다.

##### 4.2 고유치해석 결과

대상 DRPC 거더 철도교량에 대한 고유치 해석을 수행하여 모드형상과 고유진동수를 얻었으며, 그림 5에 1차모드에 대한 값을 나타내었다. 대상교량의 1차모드 고유진동수는 6.6346Hz로, UIC 776-1에서

제시하고 있는 시방기준인 1차 모드의 고유진동수가 4.02Hz ~ 10.12Hz 범위에 포함되는 것을 알 수 있었다.

가진 주파수와 교량의 고유진동수가 일치할 경우 공진현상이 발생하여 교량에 불안정한 진동을 유발하여 열차주행에 악영향을 미치게 된다. 이러한 현상을 나타내는 속도를 임계속도 (critical speed) 라고 하는데, 여기서 얻은 1차 고유진동수를 이용하여 열차하중에 대한 공진(resonance) 및 공진소멸(resonance suppression)을 예상할 수 있는 열차 속도를 구할 수 있다.

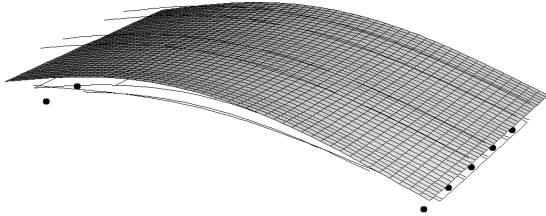


그림 5. 1차 모드 형상 (6.6346Hz)

유효타격거리는 일반적으로 가장 영향이 큰 대차 중심 간의 거리로 정해지며 객차간의 거리 혹은 대차 내 축간 거리 등이 될 수도 있다. 그러나, 기존의 연구결과 (김성일 외, 2005)에 따르면 공진 및 공진소멸과 직접적으로 관계되는 가장 지배적인 유효타격간격은 객차간 거리이다. 이를 이용하여 임계속도를 구하면 새마을호와 무궁화호는 561.32km/h 이며, 화물열차인 경우 333.21km/h 로써 대상 교량은 열차하중에 의한 공진으로 구조물에 악영향을 미치는 경우가 없을 것으로 판단된다.

로 구조물에 악영향을 미치는 경우가 없을 것으로 판단된다.

### 4.3 주행열차하중에 의한 동적해석 결과

본 연구에서에서는 DR PSC 거더 철도교량 동적거동 분석에 있어서 주행열차하중은 새마을호 8량 편성, 무궁화 디젤동력차1량+ 객차7량 편성, 화물열차 20량 편성으로 수행하였다. 새마을호, 무궁화호는 실제 주행속도가 각각 최고 150km/h와 120km/h 이하이지만, 위험요소에 대한 검토와 향후 대차성능 개선 등을 고려해 200km/h 주행까지 10km/h씩 증속을 시키며 동적해석을 수행하여 거동분석을 하였다. 화물열차의 경우엔 150km/h까지 10km/h씩 증속을 시키며 동적응답을 분석하였다.

#### (1) 중앙부 수직처짐

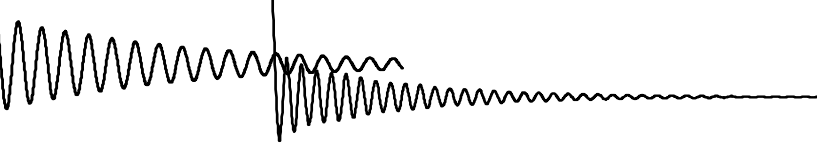
중앙부의 수직처짐은 유한요소 해석결과 중 경간 중앙부의 열차하중 재하 외측레일 하부 슬래브 절점에서의 수직방향 변위를 의미한다. 화물열차, 새마을호 및 무궁화호에 대한 속도대역별 수직처짐을 그림 6, 그림 7 및 그림 8에 각각 나타내었다.

그림 6. 속도별 최대 중앙부 수직 처짐 (화물열차)

그림 7. 속도별 최대 중앙부 수직 처짐 (새마을호)

그림 8. 속도별 최대 중앙부 수직 처짐 (무궁화호)

5주형 20m 교량의 경우 최대 허용처짐은 12.44mm이며 해석결과 화물열차, 새마을호, 무궁화호의 경우 최대 수직처짐은 축중이 가장 무거운 화물열차에서 3.053mm가 발생하였다. 이는 약 L/6550 정도의 수준으로 L/1700인 시방규정을 충분히 만족하고 있으며 교량의 처짐이 승객의 승차감과 연결된다는 점에서 쾌적한 사용성 측면에서도 좋은 결과로 보여진다. 다음은 각각의 열차하중에 대한 수직처짐의 시간이력 곡선을 대표하여 도시하였다.



14

20

(a) 화물열차 110km/h 주행 (b) 새마을호 50km/h 주행 (c) 무궁화호 110km/h 주행

그림 9. 열차 주행에 따른 중앙부 수직처짐 이력곡선 예

(2) 충격계수

일반철도의 경우 설계속도 내에서 공진발생을 피하고 있으므로 정적하중에 비해 동적효과 증폭이 상대적으로 작아 처짐 발생 역시 정적 하중의 수준을 크게 벗어나지 않는 안정적인 결과를 나타낸다.

여기서 충격계수의 산정은 정적처짐에 대한 동적하중 작용 시의 처짐의 비율로 계산할 수 있다. 본 연구에서는 열차주행속도 20km/h에 의한 경간 중앙면의 외측레일 아래에 위치한 슬래브의 최대 수직 처짐을 정적응답으로 가정하고, 이를 각 속도 별로 최대 수직 처짐의 비율로 계산하였다. 정적처짐을 10km/h 주행시로 고려하는 것이 바람직하나 본 교량에서 10km/h 주행시 침목과 열차하중 유효타격거리 등의 현상으로 다소 공진을 발생하는 현상이 나타남으로 인함이다. 수치해석 결과 최대 충격계수는 무궁화호의 200km/h로 주행 시에 발생한 12.6%로 대상교량의 기준치인 36%를 만족하고 있다.

(3) 상판의 수직가속도

상판의 최대 수직가속도는 고속철도 규정과 프랑스 등의 규정에서 유도상케도인 경우 0.35g, 무도상케도인 경우 0.5g 이하로 규정하고 있다. 해석결과 상판 수직가속도는 경간 중앙부의 외측레일 하부 슬래브 절점에서의 연직성분 가속도 결과를 분석하였다. 그림 10에 각각의 열차하중에 대한 속도별 수직가속도 해석값을 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 수직가속도의 최대값은 0.1g를 넘지 않는 작은 값이며, 유도상케도인 경우 0.35g 기준값을 만족함을 확인할 수 있었다.

200

(a) 화물열차 (b) 새마을호 (c) 무궁화호

그림 10. 속도별 수직 가속도

(4) 단부꺾임각 및 단부 상대수직처짐

단부꺾임각은 궤도구조의 안정성과 직결되는 요소이므로 중요하다. 단부꺾임각은 교량의 수직처짐과 밀접한 관계가 있으며, 본 해석에서는 단부의 외측레일 하부의 상판 상단 절점에서의 꺾임각을 분석하였다. 수치해석결과 최대 단부꺾임각은  $0.450 \times 10^{-3}$  rad 으로 일반열차인 경우 기준값인  $3.5 \times 10^{-3}$  rad 보다 10배 이상의 작은값을 보여 만족하는 것으로 나타났다. 이는 경부고속철도의 기준값인  $0.5 \times 10^{-3}$  rad

에도 만족함을 알 수 있다. 또한 단부의 상대 수직처짐은 제한 규정인 2mm에 대하여 5주형 DR PSC거더 철도교량인 경우 최대 0.167mm로 규정을 충분히 만족하는 응답결과를 얻었다.

(5) 면틀림

상판 면틀림은 하중이 재하된 궤도간격(1.435m)을 1m로 보정하여 산출한 결과를 나타낸다. 해석결과 상판 면틀림을 계산한 결과 최대값은 0.0231mm 로 기준치인 3.0mm/m를 만족하고 있음을 보여준다.

이상에서와 같이 동적거동 수치해석에 의한 DR PSC거더 철도교량의 동적성능 검증 결과를 표3에 나타내었다.

표 3. 수치해석에 의한 동적성능 검증 결과요약

항 목	국내외기준	화물열차	새마을호	무궁화호
충격계수 (철도설계기준)	0.3644	0.076	0.09	0.126
고유진동수 (UIC 776-1)	4.02 Hz ~ 10.118 Hz	6.635 Hz		
Deck 연직가속도 (BRDM)	유도상 궤도 : 0.35g 무도상 궤도 : 0.5g	0.072 g	0.043 g	0.075 g
단부꺾임각 (프랑스규정)	일반철도 $\theta_{max}(rad) \leq 3.5 \times 10^{-3}$	$0.450 \times 10^{-3}$	$0.228 \times 10^{-3}$	$0.385 \times 10^{-3}$
단부 상대 수직처짐 (Eurocode)	2mm	0.167 mm	0.053 mm	0.095 mm
상판의 면틀림 (프랑스규정)	일반철도 1.0mm/m	0.148 mm/m	0.084 mm/m	0.144 mm/m
경간중앙부 수직처짐 (프랑스 및 BRDM)	12.44 mm	3.053 mm	1.531 mm	2.749 mm

5. 결론

본 연구에서는 신형식으로 개발된 DR PSC 거더교에 대한 철도교에 적용성을 검토하기 위하여 동적성능을 분석하였다. 우선 모달테스트를 통하여 대상교량의 동적물성값을 추출한 결과 고유진동수를 이용하여 열차하중에 의한 임계속도로는 공진이 발생하지 않는 것으로 파악되었다. 또한 수치해석에 대한 신뢰성이 검증되었으며, 이를 바탕으로 열차주행하중에 의한 속도별 동적거동 수치해석을 수행하였다. 해석결과 충격계수뿐만 아니라 최대수직처짐, 상판의 가속도, 단부의 상대수직처짐, 면틀림 등의 항목에서 새마을호, 무궁화호, 화물열차 주행에 대하여 제한 규정값 이내의 성능을 갖고 있다. 따라서 대상 구조물인 DR PSC거더 철도교량은 일반철도에 있어서 적용하여도 동적거동에 문제가 없을 것으로 판단되며, 향후 30m 이상의 장지간이나 연속교량에 대한 적용성도 분석할 필요가 있을 것이다.

참고문헌

1. 김성일, 정원석, 최은수, “공진소멸 현상을 이용한 기존선 철도교량의 지간최적화를 위한 연구”, 한국철도학회 논문집, 제8권, 제2호, pp.128-136, 2005.
2. 한국철도시설공단, “철도설계기준(철도교편)”, 한국철도시설공단, 2004.
3. EUROCODE 1 Part 2, "Actions on Structures : General actions -Traffic loads on bridges", European Committee for Standardization
4. SYSTRA, "Bridge Design Manual (BRDM) Final Report", Korea High Speed Rail Construction Authority(KHRC), 1995.
5. UIC Code 774-3R, "Track/Bridge Interaction Recommendations for calculations" 2nd edition, International Union of Railway, 2001.
6. UIC Code 776-1R, "Loads to be considered in railway bridge design", 4th edition, International Union of Railway, 1994.