

확폭플랜지를 갖는 PSC 교량에 대한 보행자 중심의 진동사용성 평가 Vibration Serviceability Estimation of Pedestrians for PSC Bridge with Wide-Flange

박선준† · 강성후* · 김보환**

Park, Sun Joon · Kang, Sung Hoo · Kim, Bo Hwan

1. 서론

본 연구대상의 교량은 PSC 교량(30m@30m=90m, 연속교) 가운데 최근 사용빈도가 늘어나고 있는 WPC (Wide-flange Prestressed Concrete girder bridge) 교량을 선정하였는데, 확폭플랜지를 갖는 박스형 거더형태로 중립축을 위쪽으로 이동시켜 상·하 플랜지의 응력균형을 유도하여 단면 효율을 극대화 시킨 교량이다. 본 연구에서는 공용중인 WPC 3경간 연속교량에 대하여 보행자의 진동 사용성을 평가하기 위하여 다양한 경우의 수를 고려한 실험을 통하여 진동사용성을 평가하였다.

2. Reiher & Meister의 진동감각특성

Reiher & Meister의 곡선은 진동의 수준을 매우 불쾌한 수준인 A에서부터 진동을 감지하지 못하는 F까

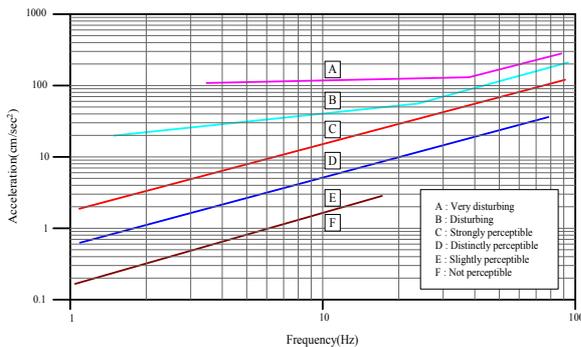


Fig. 1 수정된 Reiher-Meister의 가속도 허용곡선

† 교신저자, 동신대학교 토목공학과
E-mail : parksj@dsu.ac.kr
Tel : (061) 330-3136, Fax : (061) 330-3136

* 동신대학교 토목공학과

** 전라남도청

지 6단계로 구분하고 있다.

또한 진동을 평가하기 위하여 진동수(Hz)와 변위를 같이 고려하고 있으며, 진동응답은 조화진동의 형태라고 가정하고 있다. 6단계의 지각한계의 정도는 A 단계 "진동에 대해 불쾌감을 심하게 느낀다."에서 F 단계 "진동을 느끼지 못한다."까지로 나눌 수 있다.

3. 진동 가속도 측정 실험

본 연구의 대상교량은 총 연장 90.0m, 폭 5.5m의 도로교로써 상부구조는 3경간 연속 WPC 교량 형식이다. 교면포장 상태 등급은 BMS 기준을 적용하였다.

- CASE 1 - 교면포장상태 A등급, 차량중량 130kN, 주행속도 20km/h, 40km/h, 50km/h
- CASE 2 - 교면포장상태 A등급, 차량중량 270kN, 주행속도 20km/h, 40km/h, 50km/h
- CASE 3 - 교면포장상태 C등급, 차량중량 130kN, 주행속도 20km/h, 40km/h, 50km/h
- CASE 4 - 교면포장상태 C등급, 차량중량 270kN, 주행속도 20km/h, 40km/h, 50km/h

결과적으로 직접 영향을 미치는 차량중량, 주행속도, 교면포장상태 3가지의 변수를 고려하여 교량상부 구조물의 교면에서의 진동가속도 응답을 추정할 수 있도록 하였다. 여기에서는 진동을 발생시키는 진동 에너지원인 차량의 중량과 차량의 주행속도를 하나의 항으로 고려하여 새롭게 "환산중량(SW : Scaled Weight)"이라는 용어로 정의하였다. 환산중량은 식(1)과 같이 정의된다.

$$SW = V/W^n \quad (1)$$

여기서, SW : 환산중량(km/h · kN), V : 주행속도 (km/h), W : 차량중량(kN), n : 1/2 혹은 1/3

Table 1 교면포장상태에 따른 진동가속도 응답 추정식

교면포장상태	신뢰도	진동추정식(m/s ²)	상관계수(r)	환산중량(SW)
A등급	50%	$0.465(V/W)^{1/2} \cdot 0.406$	-0.80	1.22 ~4.39
	90%	$0.556(V/W)^{1/2} \cdot 0.406$		
	95%	$0.585(V/W)^{1/2} \cdot 0.406$		
C등급	50%	$0.512(V/W)^{1/2} \cdot 0.255$	-0.60	
	90%	$0.613(V/W)^{1/2} \cdot 0.255$		
	95%	$0.645(V/W)^{1/2} \cdot 0.255$		

- 진동추정식의 "V/W"은 환산중량(SW : Scaled Weight)를 의미함.

Fig. 2는 실험으로부터 얻어진 진동가속도 응답을 CASE 별로 구분하여 정리한 결과이다.

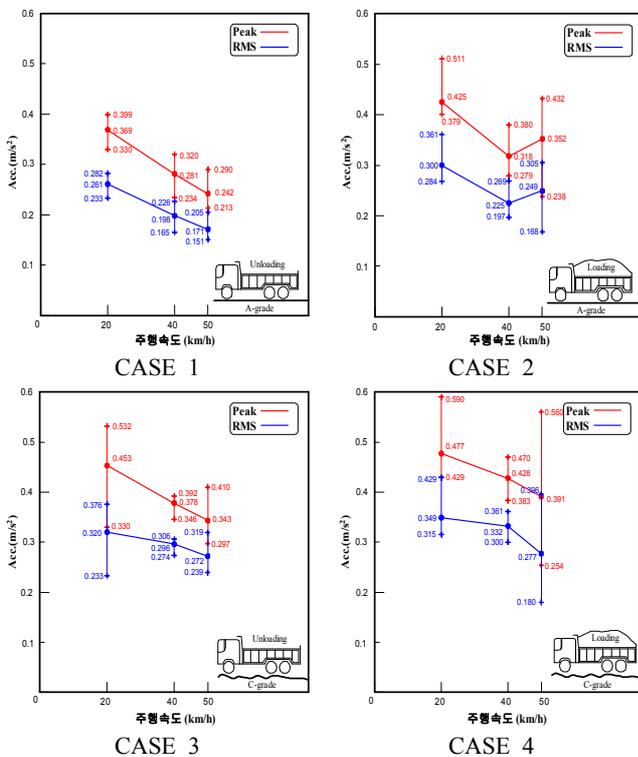


Fig. 2 진동가속도 응답결과

3. Reiher-Meister의 진동 사용성 평가

Fig. 3에는 교면아스팔트 포장상태 A, C 등급에 해당하는 진동가속도 응답을 동시에 나타내 비교하였다. 교면아스팔트 포장상태가 A등급인 경우에 WPC 교량의 진동응답 정도는 주행속도와는 크게 상

관없이 전체응답의 약 40%가 강하게 진동을 느끼는 "Level C, Strongly perceptible", 응답의 약 60%는 진동으로 인해 불안감을 느끼는 "Level B, disturbing" 수준으로 나타났다. 또한, 교면아스팔트 포장상태가 C등급인 경우에도 WPC 교량의 진동응답 정도는 주행속도와는 크게 상관없이 전체응답의 10% 이하가 강하게 진동을 느끼는 "Level C, Strongly perceptible", 응답의 90% 이상은 진동으로 인해 불안감을 느끼는 "Level B, disturbing" 수준으로 나타났다. 이러한 결과로 WPC 교량은 주행속도에 상관없이 보행자가 불편감을 느끼는 정도의 진동응답을 보여 보행자를 기준으로 할 때 적절한 수준의 진동 사용성을 확보하고 있지 못하다는 것을 의미한다.

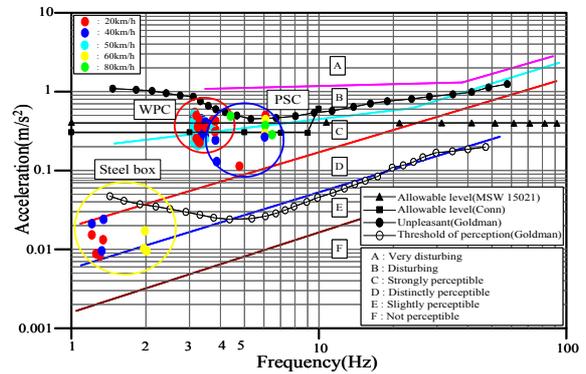


Fig. 3 진동사용성 평가

4. 결론

1. WPC 교량의 교면 진동가속도 응답을 추정할 수 있는 진동추정식을 신뢰도 50, 90, 95%로 구분하여 제시하였다. 제안된 진동추정식에는 교면의 아스팔트 포장상태를 고려할 수 있으며, 진동을 발생시키는 에너지원을 '환산중량'이라는 용어를 사용하여 정의하였다.
2. 수정된 Reiher & Meister의 가속도 허용곡선에 준하여 검토한 결과 WPC 거더 교량 위를 보행하는 보행자가 느끼는 진동수준은 교면아스팔트 포장상태 A, C등급에 따라 각각 40%, 10%가 강하게 진동을 느끼는 "Level C, Strongly perceptible" 상태로, 또한 A, C등급에 따라 각각 60%, 90%가 진동으로 인해 불안감을 느끼는 "Level B, disturbing" 수준으로 나타났다.