

장경간 도로/철도 병용교량의 내풍안정성 검토

Analysis of Aerodynamic Stability for Long-Span Road/Rail Bridge

이종순*[†], 김기남*, 서주원*, 김모세*, 박건영*Jong-Soon Lee*[†], Gi-Nam Kim*, Ju-Won Seo*, Mo-Seh Kim*, Kun-Young Park*

Abstract. More than 200m span bridge as well as the static wind load shall meet the dynamic aerodynamic stability at the same time. In particular, the stability of the bridge driving the train dynamic effects of wind loads due to wind load effects, as well as trains to be taken into account. In this study, long-span road/rail bridge in combination with aerodynamic stability in designing reinforced cross-section due to the presence of the train changes in aerodynamic coefficients were investigated. Review the results of this study, considering the train if you do not consider the static aerodynamic contrast increased by about 60%, Flap Fairing on the shape of the vortex vibration or impact to be more stable in the case of the Flap was analyzed. Thus, the railway bridge vehicle-bridge interaction as well as dynamic effects caused by the trains operation stability of the bridge cross-section is considered to be necessary to minimize parasitic vibrations.

Keywords : Road/Rail Bridge, Aerodynamic, Vortex vibration, Stability, wind load effect

초 록 200m 이상의 장대교량은 정적 풍하중 뿐만 아니라 동적 내풍안정성을 동시에 만족하여야 한다. 특히 열차가 주행하는 교량의 안정성은 풍하중의 동적 효과 뿐만 아니라 열차에 의한 풍하중 효과를 고려하여야 한다. 본 연구에서는 장경간 도로/철도 병용교량에서 내풍안정 보강형 단면을 설계함에 있어서 열차의 존재 유무에 따른 공기력 계수의 변화를 검토하였다. 본 연구 검토 결과, 열차를 고려할 경우 정적 공기력은 고려하지 않을 경우 대비 약 60%가 증가하였고, Flap 또는 Fairing의 형상에 따른 와류진동에 미치는 영향은 Flap의 경우가 더 안정적인 것으로 분석되었다. 따라서, 철도교량에서는 차량-교량 상호작용에 의한 동적영향 뿐만 아니라 열차주행안정성을 위해 교량 단면의 와류진동 최소화가 필요할 것으로 판단된다.

주요어 : 병용교량, 내풍안정성, 와류진동, 안정성, 풍하중 영향

1. 서 론

200m 이상의 장대교량은 정적 풍하중 뿐만 아니라 동적 내풍안정성을 동시에 확보하여야 한다. 특히, 장경간 케이블 교량은 교량이 길어질수록 질량은 증가하고 강성은 약해지므로 고유진동수가 낮아지게 되어 주경간장이 1,000m가 넘으면 최저차 고유진동수가 0.1Hz대로 떨어지게 된다. 장경간 교량에 작용하는 주요 하중으로 차량하중, 풍하중, 지진하중을 들 수 있다.

† 교신저자: 현대건설 연구개발본부(jslee726@hdec.co.kr)

* 현대건설 연구개발본부

특히, 철도교량에서는 이들 하중에 대한 영향을 배제할 수 없는데, 장경간화 됨에 따른 풍하중의 영향을 고려하여야 한다. 바람이 지배하중이 되는 장대교량의 내풍안정성 확보를 위한 방법은 크게 2가지로 구분할 수 있다. 첫 번째는 구조물의 강성이나 질량을 증가시켜 내풍안정성을 확보하는 구조적인 방법이 있고, 두 번째는 공기역학적으로 우수한 단면이나 내풍안정화를 위한 부재(open grating, faring, guide vane, barrier, flap 등)를 통해 내풍안정성을 확보하는 공기역학적인 방법이 있다. 일반적으로 구조적인 방법을 적용하기 위해서는 자중의 증가와 같은 건설비용 상승의 문제가 따를 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 장경간 도로/철도 병용교량에서 내풍안정 보강형 단면을 설계함에 있어서 열차의 존재 유무에 따른 공기력 계수의 변화를 검토하였다.

2. 열차유무에 따른 정적 공기력

일반적인 도로교량에서의 장대교량 정적공기력은 활하중을 제외한 교량 단면에서의 정적공기력을 측정하여 단면을 설계하는데 반영되나, UIC의 철도교량에서는 열차가 재하된 상태에서의 정적공기력을 고려하여 설계하도록 하고 있다. 이에 따라, 열차의 유무에 따른 정적공기력의 변화 및 노면의 부대 시설에 따른 영향을 고려하였다.

교량의 시공단계를 고려하여 가설단계(ER), 완성계(RC), 완성계 + 윈드스크린(RC+WS), 완성계+열차+윈드스크린(RC+TR+WS) 단계를 고려한 정적공기력을 측정하였다.

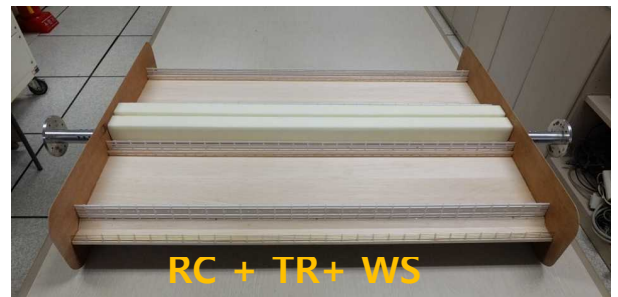
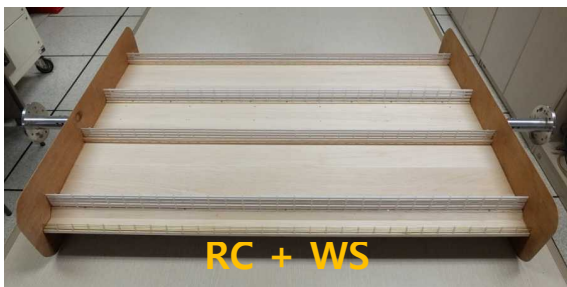
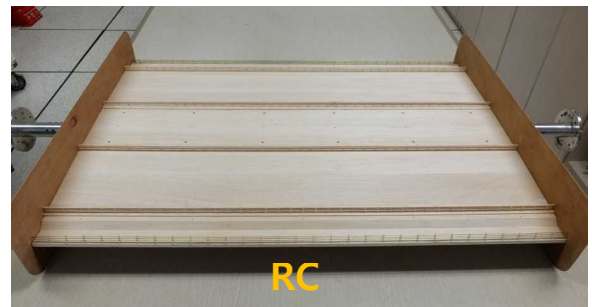


Fig. 1. Condition of Static Wind Resistance Factor

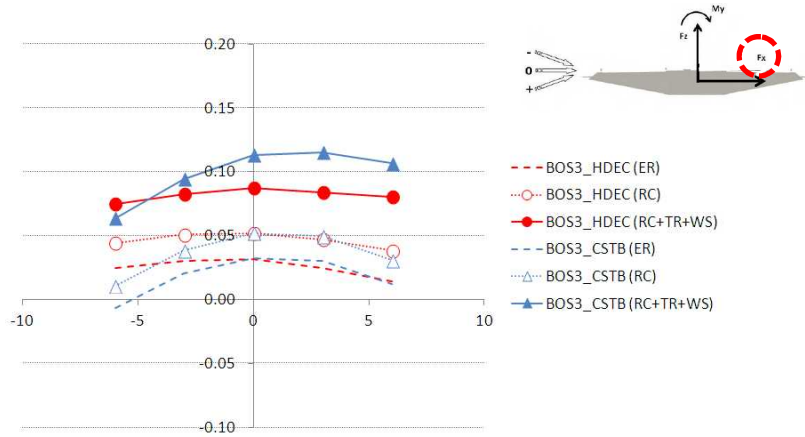


Fig. 2. Fx Coefficients w/ or w/o Wind Screen

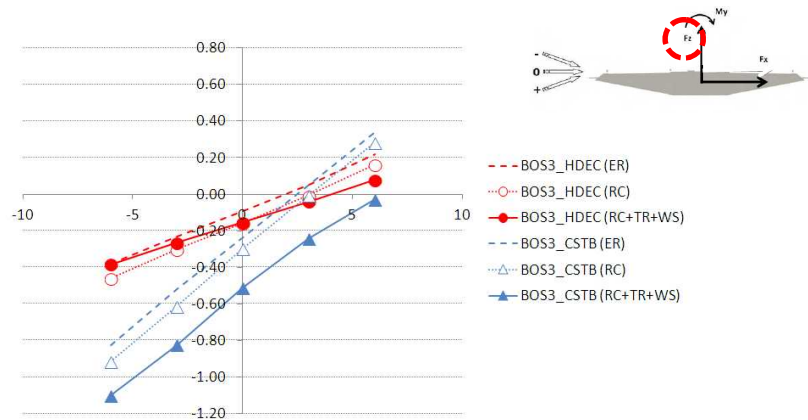


Fig. 3. Fz Coefficients w/ or w/o Wind Screen

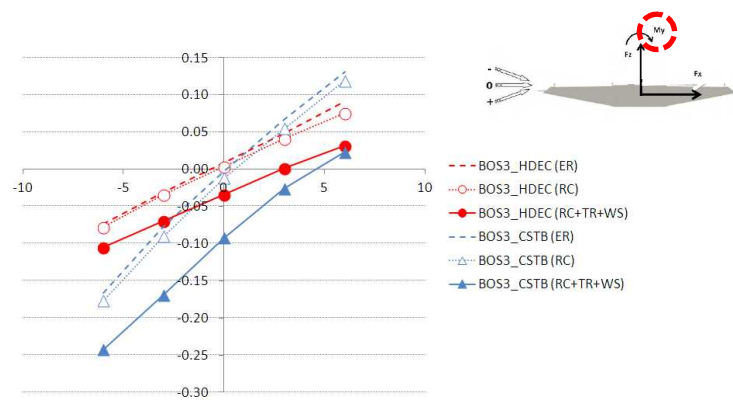


Fig. 4. My Coefficients w/ or w/o Wind Screen

열차의 존재 유무에 따른 수평방향 항력은 열차가 존재하는 경우가 열차가 없는 경우에 비하여 약 60% 정도 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 윈드스크린과 열차가 동시에 존재하는 경우는 열차만 존재하는 경우와 크게 차이가 없음을 확인하였다. 즉, 이 결과로부터 철도 장대교량에서는 열차 존재시에서의 정적공기력을 반영한 단면 설계가 이루어져야 함을 확인하였다.

3. 와류진동 영향

와류진동은 교량단면 형태에 풍하중이 통과함으로써 후폭풍의 진동이 구조물의 고유진동수와 일치할 경우 발생하는 것으로, 동적 공기력 계수 중 A_2^* 가 연직방향으로의 거동을 나타내므로 다음 그림과 같이 A_2^* 값을 측정하였다. 특히, 와류진동이 발생시 열차주행안전성 측면에서의 불리함이 존재할 수 있으므로 이에 대한 영향을 고려하여야 한다. 본 검토는 윈드스크린의 존재 유무 및 Flap, Fairing 형태에 따른 단면 검토 결과 Flap이 와류진동 제어 측면에서는 가장 유리한 것으로 검토되었으며, Fairing 1과 fairing 3은 삼각형 형태와 사다리꼴 형태의 단면으로 수평방향에 대한 정적공기력은 향상시킬 수 있으나, 동적 와류진동의 영향은 크게 개선되지 않음을 확인할 수 있다. 또한 윈드스크린이 없는 경우와 윈드스크린이 존재하는 경우에는 와류진동 제어 측면에서는 큰 영향은 없으나, 윈드스크린이 존재하는 경우가 와류진동 진동 풍속 대역이 길게 발생함을 확인하였다.

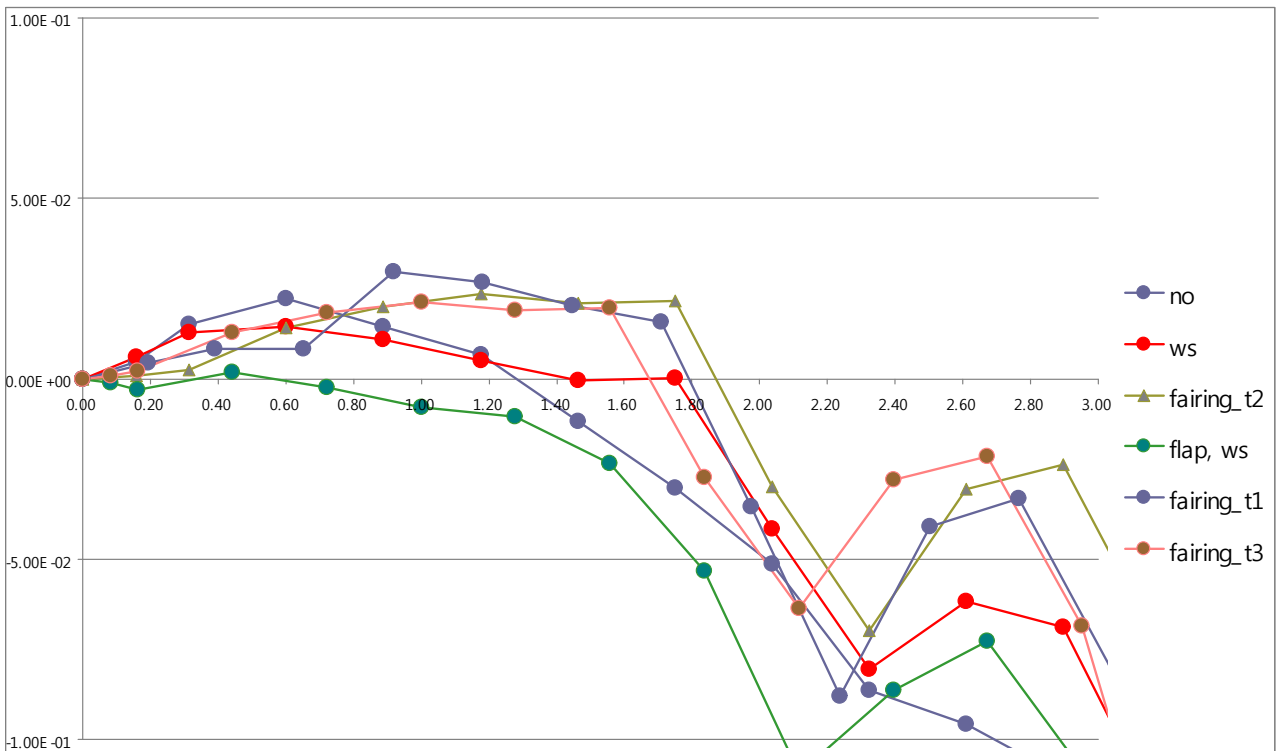


Fig. 4. Aerodynamic vibration coefficient(A_2^*)

4. 결론

본 연구에서는 장경간 철도교량에서의 내풍안정성을 검토한 결과, 열차를 고려할 경우 정적 공기력은 고려하지 않을 경우 대비 약 60%가 증가하는 것을 확인하였고, Flap 또는 Fairing의 형상에 따른 와류진동에 미치는 영향은 Flap의 경우가 더 안정적인 것으로 분석되었다. 따라서, 철도교량에서는 차량-교량 상호작용에 의한 동적영향 뿐만 아니라 열차주행안정성을 위해 교량 단면의 와류진동 최소화가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] UIC ETF-779-11

[2] 이정환, 김윤석, 김기남, “트윈박스거더를 적용한 일본해협횡단도로 프로젝트 초장대 현수교(안)의 내풍안정성 고찰”, 한국강구조학회지, Vol.21, No.1, 2009