

Vibrações transversais em vigas apoiadas em fundação visco-elástica, homogénea por troços

Z. Dimitrovová

UNIC, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Monte de Caparica, Portugal

Keywords

Carga móvel, vibração transversal, radiação de transição, método de sobreposição dos modos, frequências naturais, modos normais ortogonais.

ABSTRACT

A alta velocidade (AV) ferroviária tem levantado variados e inovadores desafios à comunidade científica, em particular no estudo da mitigação de vibrações excessivas originadas por condições especiais da via. Este efeito de aumento dos movimentos transientes do conjunto formado pela via estrutural e pelo seu terreno de fundação pode originar sérios riscos para a circulação ferroviária, provocando desgaste da via e do material rolante, dano do balastro, aumento da poluição ambiental e desconforto para os passageiros. A variação rápida da rigidez de fundação das vias férreas é uma das possíveis razões que originam este efeito. Esta variação pode ser devida a mudança brusca das condições geotécnicas ou a alteração súbita da solução estrutural, como por exemplo na transição de via para ponte, viaduto ou túnel e na mudança de via balastrada para via em laje de betão armado. Nestes últimos casos a variação do valor da rigidez vertical da via pode ser brusca e muito acentuada.

Nesta contribuição vibrações transversais originadas pela carga que se move uniformemente ao longo da viga apoiada em fundação visco-elástica estão estudados. A viga poderá ser composta pelas várias partes, chamadas elementos estruturais, cujas propriedades são constantes. A metodologia pode ter em conta descontinuidades em rigidez de flexão, em características da fundação ou em valor da massa distribuída. Assume-se que existe apenas o número finito de descontinuidades. Há possibilidade de introduzir os elementos semi-infinitos para evitar as ondas reflectidas pelos apoios. Atenção especial é prestada às vibrações adicionais, chamadas radiação de transição, originadas pela passagem da carga sobre o ponto de descontinuidade.

A carga introduz-se como um conjunto de forças, cujas intensidades são funções de tempo, mas que mantém as mesmas distâncias e movem-se com uma velocidade constante. O efeito da massa da carga estima-se pelas duas técnicas: a discreta - como massas concentradas nas posições actuais das forças; e a contínua - como acréscimo da massa distribuída na zona de posição actual das forças móveis.

A equação do movimento resolve-se pelo método de sobreposição de modos globais de vibração. A solução tem expressão analítica, cuja forma é dada pela soma infinita de

modos de vibração normalizados multiplicados pelas coordenadas generalizadas dos deslocamentos. As frequências naturais de vibração obtêm-se numericamente utilizando o conceito de matriz de rigidez dinâmica global. Isso assegura, que as frequências obtidas são exactas, no sentido de não conter o erro do método dos elementos finitos estandarte, que usa como funções de base polinómios cúbicos. A metodologia apresentada não tem constrangimentos nem em termos de magnitude de velocidade nem em introdução do amortecimento. O efeito da força axial e da distorção devido ao corte é também avaliado. As aplicações numéricas são introduzidas em software Maple.

A metodologia parece simples, mas o cálculo numérico dos resultados concretos torna-se complicado. Apresenta-se e valida-se um procedimento geral da implementação numérica. Para demonstrar a utilidade da metodologia proposta, mostram-se algumas análises de teste. A primeira análise estima a probabilidade com qual o valor do deslocamento limite dirigido para cima será ultrapassado no caso de uma passagem de carga móvel com velocidade dada, cuja distribuição obedece a distribuição normal de Gauss. Neste caso a estrutura contém um troço intermédio de rigidez desconhecida, cujo valor óptimo é determinado pela análise paramétrica. Mostra-se uma conclusão importante sobre esta rigidez intermédia. Na segunda análise optimiza-se a distância entre as cargas móveis para atenuar a radiação de transição no caso de um conjunto de cargas móveis. A terceira análise mostra o efeito da massa da carga móvel.

Os resultados obtidos poderão ter aplicação directa na avaliação das vias férreas actuais e também no projecto das vias novas.