



MODELAGEM DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL ESTÁTICO E DINÂMICO DE TABULEIROS RODOVIÁRIOS MISTOS (AÇO-CONCRETO)

Rafael R. Santos, José Guilherme S. da Silva*

Departamento de Estruturas e Fundações (ESTR/UERJ) - jgss@uerj.br

A análise dinâmica numérica e experimental de obras de arte rodoviárias tem sido um tema de pesquisa bastante desenvolvido nas últimas décadas (SANTOS, 2015). A análise da resposta dinâmica de pontes rodoviárias mistas (aço-concreto), submetidas ao tráfego de comboios de veículos, é uma tarefa bastante complexa e que envolve a interação existente entre propriedades dinâmicas das viaturas e da obra de arte (SANTOS, 2015).

Os tabuleiros rodoviários devem ser projetados de modo a evitar o fenômeno de ressonância e assim diminuir amplificações elevadas sobre os valores de deslocamentos, esforços e tensões na estrutura. Deste modo este trabalho de pesquisa tem por objetivo principal a modelagem do comportamento estrutural estático e dinâmico de tabuleiros rodoviários mistos (aço-concreto) (SANTOS, 2015).

Os modelos estruturais investigados neste estudo foram gerados com base na geometria de uma ponte rodoviária mista (aço-concreto), simplesmente apoiada, existente na região serrana do Rio de Janeiro, com vão de 38m, longarinas e transversinas de aço e lajes de concreto armado (SILVA, 2014).

No que tange a modelagem numérica das pontes, foram empregadas técnicas usuais de discretização, via emprego do método dos elementos finitos (MEF), por meio do programa ANSYS (ANSYS, 2009). Cabe ressaltar que a interação entre o aço e o concreto foi

considerada como sendo total e os materiais aço e concreto trabalham no regime linear-elástico.

Deste modo, ao longo da investigação foram analisados modelos estruturais de pontes rodoviárias, mediante variação paramétrica do comprimento do vão das obras de arte. Assim sendo, foram estudadas pontes mistas (aço-concreto) com vãos de 8m, 18m, 28m, 38m e 48m, respectivamente, mediante o desenvolvimento de análises estáticas (deslocamentos e esforços), modais (frequências naturais e modos de vibração) e harmônicas (espectros de resposta de projeto).

Foram consideradas diversas hipóteses de carregamento atuantes sobre o tabuleiro das pontes (peso próprio, sobrecargas e veículos) (ABNT, 2003; ABNT, 2013). Nas análises estáticas foram calculados os valores dos deslocamentos máximos das pontes e comparados com valores limites utilizados para verificação em serviço do estado limite de deformações excessivas, a fim de se evitar a ocorrência de vibrações indesejáveis ou efeito visual desagradável (ABNT, 2003; ABNT, 2013).

A análise modal contemplou a obtenção dos autovalores (frequências naturais) e dos autovetores (modos de vibração), referentes aos modelos estruturais investigados (vãos de 8m, 18m, 28m, 38m e 48m). Ao longo das análises foi observado que os valores das frequências naturais das pontes diminuem sensivelmente, na medida em



que o comprimento do vão central da estrutura aumenta, caracterizando deste modo um aumento da flexibilidade dos modelos, de acordo com o aumento dos vãos das obras de arte.

No que diz respeito aos modos de vibração, cabe destacar que a depender da característica dinâmica do modelo estrutural investigado (mais rígido ou mais flexível), pode vir a ocorrer uma preponderância dos efeitos de flexão e, também, torcionais ou mesmo dos efeitos combinados atuando de forma conjunta no sistema.

Observando-se os espectros de resposta de projeto, de forma geral, verifica-se que as amplificações dinâmicas são máximas quando a frequência da excitação dinâmica (carga harmônica senoidal) coincide com uma das frequências naturais de cada obra de arte investigada ao longo das análises, com amplitudes modais com preponderância dos efeitos de flexão.

Assim sendo, verifica-se que ocorre a maior transferência de energia na resposta do sistema estrutural ($\beta = 1$), o que corresponde a uma condição extrema de projeto, no que diz respeito à ressonância da estrutura. Com base na análise dos espectros de resposta, pode-se concluir, também, que os modelos estruturais correspondentes às obras de arte mistas (aço-concreto) investigadas neste estudo, quando submetidos a ações dinâmicas harmônicas senoidais, apresentam uma resposta estrutural dinâmica similar ao de um sistema com um grau de liberdade (S1GL) (SILVA, 2012).

Observa-se, ainda, que a variação do amortecimento dos materiais (aço e concreto) nos modelos estruturais investigados induz as pontes rodoviárias investigadas a ter um movimento

harmônico amortecido, com diminuição das amplitudes de vibração, de acordo com o crescimento do amortecimento.

Referências

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7187, Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido, Procedimento, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2003.

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7188. Cargas Móveis em Pontes Rodoviárias e Passarelas de Pedestre, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2013.

ANSYS. Swanson Analysis Systems, Inc., P.O. Box 65, Johnson Road, Houston, PA, 15342-0065, Version 10.0, Basic analysis procedures, Second edition, 2009.

SILVA, I. A. R. Modelagem do comportamento dinâmico e análise de fadiga de pontes rodoviárias mistas (aço-concreto). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2014.

SILVA J. G. S. da. Dinâmica das Estruturas I. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PGECIV). Faculdade de Engenharia (FEN). Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 2012.

SANTOS, R. R. Modelagem do comportamento estrutural estático e dinâmico de tabuleiros rodoviários mistos (aço-concreto). Projeto Final de Graduação em Engenharia Civil. Departamento de Estruturas e Fundações (ESTR). Faculdade de Engenharia (FEN). Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Rio de Janeiro/RJ. Brasil, 71 páginas, 2015.