

CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO DINÂMICO DA BARRAGEM DE CAHORA BASSA ATRAVÉS DE ENSAIOS DE VIBRAÇÃO FORÇADA

Jorge Gomes^{1(*)}, Nilton Valentim²

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Barragens de Betão, Lisboa, Portugal

²Hidroeléctrica de Cahora Bassa, Direcção de Engenharia e Manutenção, Departamento de Observação de Estruturas, Songo, Moçambique.

^(*)*Email:* jgomes@lnec.pt

RESUMO

Ao longo dos últimos anos, têm sido desenvolvidos no LNEC técnicas para a realização de ensaios de vibração em barragens de betão inseridos em metodologias de determinação das propriedades dinâmicas destas obras. Esta metodologia foi aplicada à barragem de Cahora Bassa através da realização de um ensaio em 2008 para a determinação do seu comportamento dinâmico.

O ensaio de vibração forçada consiste na aplicação a uma estrutura de uma força com uma variação no tempo sinusoidal perfeitamente conhecida, materializada através de um vibrador de massa excêntrica (fig. 1). Esta ação provoca nas estruturas, em regra, um movimento vibratório forçado com a mesma frequência de variação no tempo da força aplicada (embora desfasada) e com amplitudes que, para além da intensidade da força, dependem da sua frequência de aplicação e das frequências naturais da estrutura. Tirando partido do facto de se verificar um significativo aumento da amplitude da resposta da estrutura quando a frequência da ação se encontra na vizinhança das frequências naturais da estrutura, a medição da resposta da estrutura sob a ação de uma força com uma variação sinusoidal no tempo, aplicada com diversas frequências, permite identificar as frequências naturais da estrutura (aquelas para as quais se verificarão os picos de amplitude), bem como o respetivo amortecimento e as configurações modais. A resposta dinâmica da barragem para as várias frequências de excitação impostas é medida por intermédio de transdutores de velocidade e acelerómetros colocados em vários pontos da estrutura.

As frequências naturais de cada estrutura dependem das suas propriedades geométricas e mecânicas e das suas ligações ao exterior. Assim, é possível determinar a evolução no tempo da sua deformabilidade média e, eventualmente, detetar e quantificar a evolução de um processo de deterioração dos materiais, através da realização de ensaios de vibração forçada em épocas sucessivas da vida útil das obras em que as restantes características estruturais se mantenham aproximadamente constantes (no caso de barragens de betão, em épocas em que as ações da água e térmicas sejam semelhantes).

Para além disso, as frequências naturais estão associadas a movimentos vibratórios das estruturas bem definidos, pelo que uma boa caracterização do movimento das estruturas durante a realização de um ensaio de vibração forçada, através de uma adequada disposição de aparelhos de medida, conjugada com a utilização de um modelo matemático, poderá permitir a localização das zonas da estrutura onde se verifiquem os processos de deterioração dos materiais.

O acompanhamento deste tipo de ensaio, através de um modelo matemático de análise do comportamento estrutural da barragem, auxilia a preparação e interpretação do ensaio. Uma comparação efetuada em termos de funções de transferência da força aplicada pelo vibrador para deslocamento (fig. 2) e de modos de vibração permite calibrar o modelo matemático, em particular, identificar os diferentes parâmetros estruturais.

Os resultados experimentais foram comparados com os obtidos a partir de um modelo matemático de elementos finitos representando a abóbada e as juntas de contração existentes no protótipo (3DEC).

Este modelo matemático poderá ser posteriormente utilizado na determinação da resposta da estrutura para outras ações dinâmicas, designadamente, para ações sísmicas. No entanto, como a intensidade da força aplicada durante o ensaio de vibração forçada não pode provocar danos na estrutura, quando o modelo matemático calibrado durante o ensaio for utilizado na avaliação da resposta da estrutura a ações que provoquem níveis de tensão elevados, os seus parâmetros estruturais deverão ser convenientemente adaptados.



Fig. 1 – Vista do vibrador de massa excêntrica

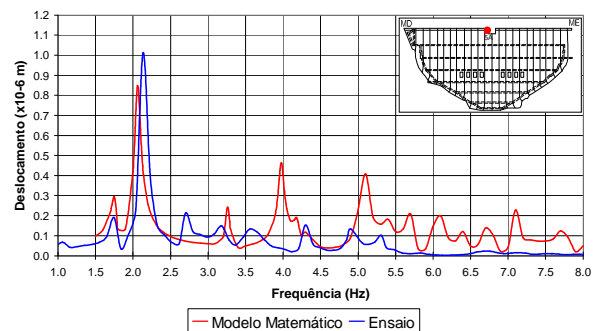


Fig. 2 – Função de transferência de força para deslocamento

REFERÊNCIAS

- Itasca (2006), 3DEC - 3-Dimensional Distinct Element Code, Version 4.0, User's Manual. Itasca Consulting Group, Minneapolis, USA.
- Lemos, J.V. (1999), Discrete element analysis of dam foundations, em Distinct Element Modelling in Geomechanics (eds. Sharma, Saxena & Woods), Balkema, p. 89-115.
- LNEC (1965), Vibrador mecânico. Projecto, construção e montagem.
- LNEC (1995), Sistema electrónico de variação de frequência para um vibrador de ensaios dinâmicos.
- LNEC (2009), Aproveitamento hidroelétrico de Cahora Bassa ensaio de vibração forçada realizado na barragem em Julho de 2008.
- Portugal, A.C. (1990) - Caracterização do comportamento dinâmico de barragens de betão através de ensaios 'in situ'. Tese de Mestrado, IST, Lisboa.
- Priscu, R.; Popovici, A.; Stematiu, D.; Stere, C. (1985), Earthquake engineering for large dams. John Willey & Sons.
- Westergarrd, H.M. (1933), Water pressures on dams during earthquakes. Trans. ASCE, vol. 98, paper n° 1835.