

3

Situação no assunto

O grupo de pesquisa em dinâmica estrutural da PUC-Rio em convênio com a Eletronuclear vem desenvolvendo estudos com o objetivo de atualizar o conhecimento da análise de estruturas civis de usinas nucleares brasileiras.

Em destaque, nestes estudos, encontra-se o tópico de sistemas secundários, por representarem uma parcela significativa no custo total de manutenção das instalações de usinas term nucleares. Desta forma, a incorporação dos efeitos de acoplamento entre os sistemas principal e secundário; o movimento relativo dos suportes e a não linearidade do material, citados no item anterior, e o compromisso probabilístico entre as ordenadas do espectro, têm sido objeto de matéria de diversos trabalhos.

Gastañaga (1998) apresenta um estudo de avaliação dos critérios e métodos que são empregados na análise e projeto dos sistemas de tubulação nas usinas nucleares assim como a verificação da aplicação de alguns dos novos critérios apresentados pela comunidade técnico-científica internacional, dentro do método de análise modal espectral. Estuda os tópicos da interação entre o sistema de tubulação e a estrutura que o suporta mediante o uso de espectros acoplados, a consideração do efeito do deslocamento relativo dos apoios da tubulação e a inclusão da resposta espectral correspondente aos modos de alta frequência ou modos rígidos. A avaliação é feita sobre parâmetros de esforços internos em trechos de um modelo de um sistema real de tubulações de usina nuclear brasileira.

Valverde (1998) propõe espectros de resposta acoplados para o cálculo de SS onde um S1GL é acoplado ao sistema principal em vários pontos de apoio de forma a considerar o deslocamento relativo dos suportes e o acoplamento dos dois sistemas. A Figura 3 mostra esquematicamente esse procedimento. Aplicando tal metodologia em

um modelo de prédio de reator com o auxílio do programa ANSYS e no domínio do tempo, verifica-se uma acentuada modificação nos picos de resposta em relação à análise desacoplada corrente. Segundo Valverde a metodologia é trabalhosa e exige esforço computacional extra para modelagem e análise, mas é uma rotina adequada para a extração de espectros de resposta para sistemas com comportamento não linear dos suportes cujos movimentos entre os mesmos estão fortemente correlacionados.

Sampaio (1999) aplica essa metodologia com o auxílio do programa SASSI, no domínio da frequência, aferindo os resultados obtidos no domínio do tempo, mas com esforço computacional reduzido à metade.

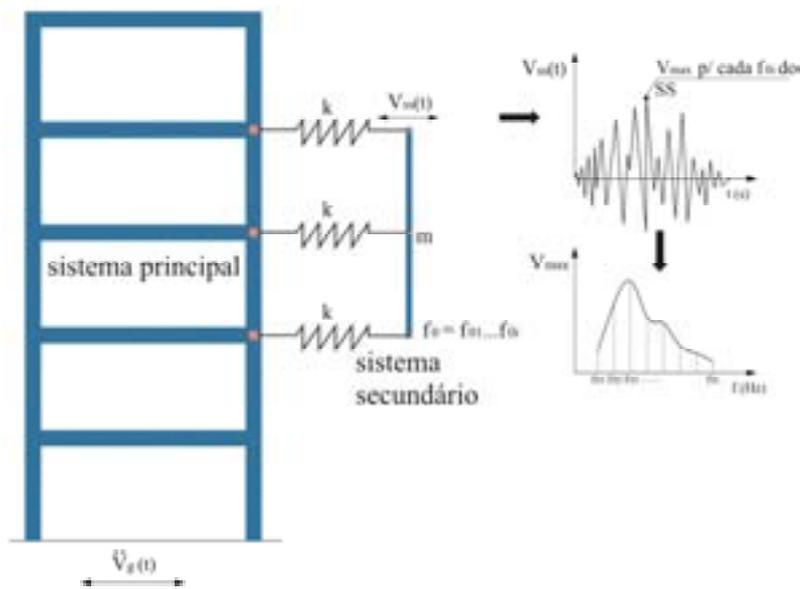


Figura 3 - Procedimento esquemático para obtenção de espectros de resposta acoplada em vários pontos (Valverde, 1998)

Em recente desenvolvimento na PUC-Rio, Diniz de Almeida (2002) propõe a adoção de espectros de resposta de projeto uniformemente provável. Tais espectros têm suas ordenadas representando uma barreira com igual probabilidade de não serem excedidas pela resposta de um S1GL excitado, em sua base, por um movimento do solo pertencente a um processo randômico estacionário representado por uma função densidade de espectro de potência.

Na metodologia utilizada, a formulação do problema de primeira ultrapassagem, proposto inicialmente por Vanmarcke (1975), é aplicada para calcular a função de probabilidade da resposta de um SIGL não exceder, por exemplo, um nível de espectro de resposta de projeto especificado. Essa formulação é baseada inteiramente nos momentos chamados espectrais da função densidade de espectro de potência (FDEP) do acelerograma da excitação da base.

Esses mesmos procedimentos são aplicados na determinação de espectros de resposta uniformemente provável em sistemas principal e secundário acoplados. Isso é feito, aplicando o método de obtenção de espectros acoplados sugerido no trabalho de Valverde (1998) modificado de tal forma a considerar o espectro de resposta uniformemente provável.

Sampaio (2003) e Sampaio e Roehl (2004) desenvolvem uma metodologia para a determinação de espectros de resposta acoplada inelástica uniformemente provável a partir de seus correspondentes da resposta elástica (Diniz de Almeida, 2002), aplicando-se sobre estes, fatores que representam o comportamento inelástico do sistema.

Tais fatores são determinados a partir de um estudo sobre um modelo de estrutura em 3D composto por um sistema principal genérico (SP) ao qual é acoplado um sistema secundário simplificado de tubulação (SSS). O sistema principal é submetido em sua base a um acelerograma representativo de um sismo de projeto e se analisa a sua resposta segundo o plano vertical, xoy, por exemplo, em que está contida a excitação. Trabalha-se com um sistema secundário simplificado, SSS (Castañaga, 1998), obtido de um trecho de tubulação real e adaptado, em termos de massa e frequência, às relações requeridas com o sistema principal. A modelagem, dos sistemas SSS e SP, é feita no programa Ansys (1995) e são atribuídas ao SSS propriedades inelásticas de forma que estas representem os possíveis comportamentos não lineares de tubulações submetidas a pressão interna e carregamento dinâmico (sismo).

É proposta uma dutilidade global do SSS e geram-se curvas de dutilidade que variam com a frequência e o nível de escoamento imposto, isto é, espectros de dutilidade parametrizados pelo fator de escoamento, C . Os espectros de resposta em discussão são obtidos com base na metodologia proposta por Valverde (1998).

A análise dos espectros de dutilidade e dos espectros de resposta correspondentes obtidos em determinados pontos do SSS produz relações entre o espectro de resposta linear elástico e o não linear inelástico em função dos fatores de escoamento, C , e de dutilidade, μ .