



ANÁLISE ESTÁTICA E DINÂMICA DE PÓRTICOS 2D E 3D CONSIDERANDO-SE A INFLUÊNCIA DO SOLO



Autor: Thiago Mendes da Rocha (tmrocha88@gmail.com)

Orientador: Prof. Dr. Euclides de Mesquita Neto (euclides@fem.unicamp.br)
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA; DEP. DE MECÂNICA COMPUTACIONAL - UNICAMP

Agência Financiadora: PIBIC/CNPQ

Palavras-Chave: Análises Estática e Dinâmica – Interação com o Solo.

Introdução:

O presente projeto de pesquisa visa realizar uma análise dinâmica estacionária de estruturas de treliças, com particular atenção à interação das estruturas com o solo que as sustenta.

Como ponto de partida deste trabalho foi utilizado um programa em linguagem Fortran previamente desenvolvido que era capaz de realizar a análise de barras e suas associações, ou seja, de treliças. Este trabalho se concentrou em expandir o programa acrescentando um elemento de viga e criando um elemento para análise de pórticos, associando barras e vigas. Isso possibilitou uma completa análise estática e dinâmica de elementos estruturais no plano, ou seja, a execução da análise estática permitiu uma previsão dos deslocamentos nodais da estrutura plana submetida a um esforço externo, enquanto que a análise dinâmica possibilitou a obtenção das frequências de ressonância da estrutura quando submetida a um esforço harmônico. Esta última análise é de extrema relevância, por exemplo, em suportes de máquinas rotativas.

Metodologia:

Neste projeto, a metodologia adotada foi: dedução das matrizes de rigidez para os elementos de Barra e Viga, determinação dos sistemas Local e Global de coordenadas, associação de matrizes, a solução estática, a implementação das matrizes de massa para os elementos estruturais, análise das Funções Resposta em Frequência (FRF) de estruturas sem amortecimento, análise das FRF de estruturas com amortecimento. Os resultados obtidos foram validados com soluções conhecidas da literatura.

O projeto final desta pesquisa previa a inclusão da resposta do solo. Nas etapas seguintes da presente pesquisa as matrizes de resposta estacionária de diversos perfis de solos serão incorporadas, viabilizando a análise da interação dinâmica de estruturas com o solo.

Resultados e Discussões:

Parte 1) Análise Estática

O programa computacional desenvolvido é capaz de analisar uma grande quantidade de estruturas. No entanto, o enfoque será dado ao pórtico representado abaixo (figura 1):

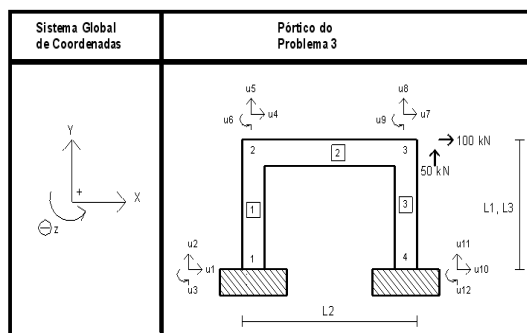


Figura 1

Nesta figura, os elementos estão numerados de 1 a 3. Os números de 1 a 4 representam os nós da estrutura e, como cada nó possui 3 graus de liberdade, temos 12 graus de liberdade no total.

As propriedades dos elementos relevantes para os cálculos foram propostas, como:

Comprimento = 2m; Módulo de Young = 210GPa; Área da Seção transversal = 0.25 m²; Momento de Inércia em relação ao eixo Z = 5.208*E-3 m⁴.

O objetivo na Análise estática é que o programa consiga resolver a seguinte equação:

$$[K_{global}] * \{U\} = \{F\}$$

Para isso, é necessário que os seguintes dados de entrada sejam fornecidos:

1) Coordenadas dos nós; 2) Condições de Contorno; 3) Carregamento dos nós; 4) Número de Elementos; 5) Propriedades dos Elementos; 6) Incidência.

Com estes dados, o programa determina a matriz de rigidez [K] de cada elemento. Utilizando a equação de transformação de coordenadas e arranjos [Hughes, 2000], a matriz de rigidez global é determinada. Os deslocamentos estão representados e validados na tabela a seguir.

	U4	U5	U6	U7	U8	U9
Programa	1.070*10 ⁻⁴	1.425*10 ⁻⁶	-4.607*10 ⁻⁵	1.108*10 ⁻⁴	4.799*10 ⁻⁷	2.233*10 ⁻⁵
Analtico	1.072*10 ⁻⁴	1.426*10 ⁻⁶	-4.606*10 ⁻⁵	1.106*10 ⁻⁴	4.798*10 ⁻⁷	2.232*10 ⁻⁵

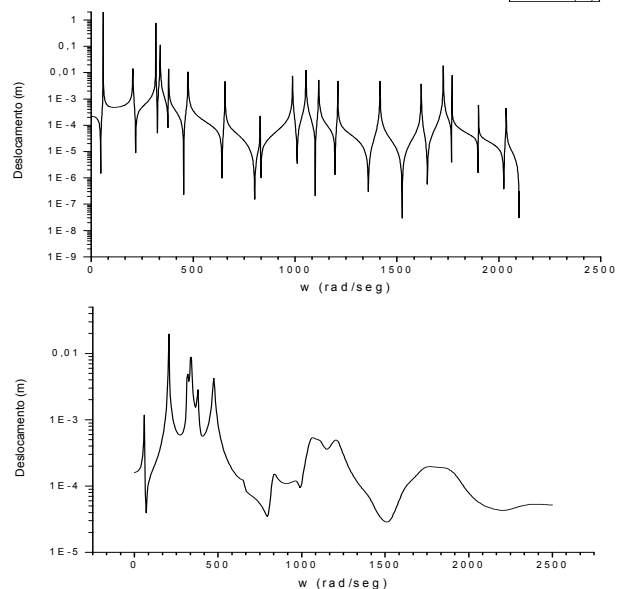
Parte 2) Análise Dinâmica

O objetivo nesta parte é avaliar o comportamento da estrutura efetuando uma análise FRF. O efeito do amortecimento também foi analisado utilizando-se o modelo de "Amortecimento Proporcional". As duas equações principais utilizadas estão representadas abaixo, sendo que a primeira não considera o efeito do amortecimento.

$$[K - \omega^2 * M] * \{\bar{X}\} = \{\bar{F}\} \quad [K - \omega^2 * M + \omega * (a[M] + \beta[K])i] * \{\bar{X}\} = \{\bar{F}\}$$

A matriz de massa existente nas equações pode ser construída pelo programa de maneira análoga a matriz de rigidez. No entanto, é necessário definir uma nova propriedade: a massa específica. Foi adotado o valor de 7800 kg/m³ para esta propriedade.

As FRFs obtidas para o grau de liberdade 8, sem e com amortecimento, respectivamente, estão representadas abaixo.



Conclusão

Com relação à Análise Estática, pode-se notar que os resultados fornecidos pelo programa computacional desenvolvido apresentam grande semelhança com os resultados calculados analiticamente.

Na Análise Dinâmica, fica evidente os valores de frequência nos quais ocorrem os picos de amplitude de deslocamento. Estas são as frequências de ressonância da estrutura para o grau de liberdade analisado e, caso o pórtico seja utilizado como base para alguma máquina rotativa, estes valores de rotação devem ser evitados.

Nota-se, também, que o amortecimento agiu de forma eficiente, principalmente para altas frequências, reduzindo as grandes amplitudes e eliminado alguns picos.