

Resumo

Relato de Experiência

Relato de Caso

ANÁLISE NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DOS MODOS DE VIBRAR, FREQUÊNCIAS NATURAIS E FATOR DE AMORTECIMENTO DA ESTRUTURA DE UM EDIFÍCIO EM TAMANHO REDUZIDO

AUTOR PRINCIPAL: Wéslen Giacomini Zanella

COAUTORES: Prof. Dr. Zacarias Martin Chamberlain Pravia

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fábio Goedel

UNIVERSIDADE: Universidade de Passo Fundo - UPF

INTRODUÇÃO

Entender o comportamento dinâmico de uma estrutura quando solicitada em diferentes condições de carregamentos é uma das principais etapas de um projeto mecânico, pois possibilita dimensionar seus componentes para que não falhem e apresentem uma vida útil adequada. Rao (2018) afirma que sempre que a frequência natural de vibração de uma estrutura coincidir com a frequência de excitação externa, ocorre o fenômeno conhecido como ressonância, que resulta em grandes deflexões e falhas. O presente trabalho consiste na Análise Modal através de dois métodos. A análise modal pelo método dos elementos finitos (MEF) determina as frequências naturais e a configuração deformada de cada um dos modos de vibrar. A análise modal experimental consiste em determinar as frequências naturais da estrutura quando submetida a uma vibração livre amortecida, bem como avaliar o seu fator de amortecimento. O objetivo é correlacionar os resultados numéricos obtidos pelo MEF com os dados obtidos nos experimentos.

DESENVOLVIMENTO:

A estrutura é construída com chapas metálicas que possuem espessuras de 12,7 mm para os andares, 3 mm para os pilares. O material utilizado para os andares é o aço ASTM A36, e para os pilares foi utilizado o aço Domex700. Para ambos os aços foi considerado o módulo de Elasticidade $E=210$ GPa, massa específica $\rho=7850$ Kg/m³, coeficiente de Poisson $\nu=0,3$. A malha de Elementos finitos foi gerada com elementos de casca quadrático bidimensional, que é chamado na biblioteca de elementos do Ansys® (2019) como *SHELL281*. A malha gerada possui 8373 Nós, e 2512 elementos.

Para realizar a análise modal pelo MEF foi restringido os movimentos de todas as direções da base do edifício, considerando-o totalmente engastado. Os resultados para os primeiros quatro modos de vibrar da estrutura são apresentados nas Figuras 1, 2, 3 e 4, e suas frequências naturais são, respectivamente, 5,95 Hz, 17,22 Hz, 26,55 Hz e 32,749 Hz.

Posteriormente foi feita a análise modal experimental, que permite medir as frequências naturais da estrutura, bem como determinar o amortecimento presente na mesma. Para realização destas medições foram utilizados Acelerômetros da marca *Silicon Designs*, modelo 2466-010, possui detecção de aceleração nos 3 eixos, alcance de até ± 10 g, sensibilidade de 400 mV/g. Também foram utilizados amplificadores de sinal da marca HBM, este equipamento recebe o sinal do acelerômetro na forma de grandeza elétrica e converte o sinal para a leitura em uma grandeza mecânica. Os amplificadores são conectados a um computador para aquisição dos dados no *software* Catman® Easy e posterior análise.

A execução dessa medição consiste em aplicar um impacto na estrutura utilizando um martelo para que os sensores façam a leitura completa desse movimento, que é um movimento livre amortecido. A Figura 5 mostra o aparato experimental utilizado. Após realizadas as medições de aceleração no domínio do tempo (Figura 6) é possível tratar o sinal transformando-o para o domínio da frequência através da Transformada Rápida de Fourier (FFT), como visto na Figura 7. As primeiras quatro frequências naturais obtidas experimentalmente são, respectivamente, 6,042 Hz, 18,49 Hz, 27,98 Hz e 34,42 Hz.

O fator de amortecimento foi calculado por dois métodos distintos: o método da Meia-Potência, descrito por Clough e Penzien (2003), que utiliza o gráfico do espectro de frequências da Figura 7, e o método do decremento logarítmico apresentado por Alves Filho (2008), para esse método é necessário a utilização de um filtro digital para cada um dos modos de vibrar identificados, conhecido como filtro *Butterworth Band-Pass* (Passa-Banda), desta forma é possível separar o sinal do amortecimento de cada modo de vibrar da estrutura para a aplicação do método do Decremento Logarítmico. O Fator de amortecimento encontrado pelos dois métodos foram muito próximos, a partir dos valores encontrados foi feita uma média, a qual resultou em um fator de amortecimento estrutural de 0,689 %.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A Análise Modal pelo MEF foi validada pelo método experimental, as frequências naturais encontradas por ambas análises se mostraram satisfatórias, a diferença nos valores encontrados é baixa como comparado na Tabela 1. Foram utilizados dois métodos para determinação do amortecimento para maior confiabilidade no resultado, o resultado está dentro do esperado para esse tipo de estrutura e materiais.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, A. **Elementos Finitos - A base da Tecnologia CAE / Análise Dinâmica**. 2ª. ed. São Paulo: Érica, 2008.

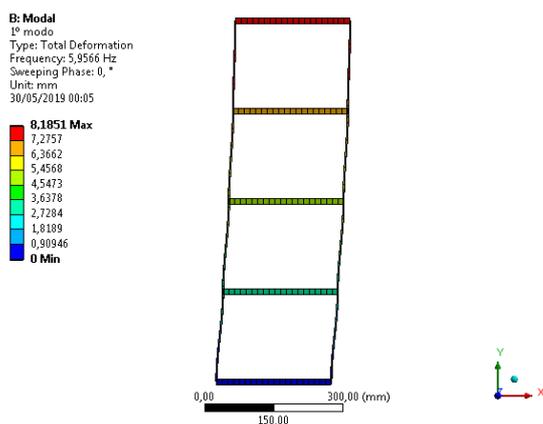
ANSYS. **User's Manual**. Ansys Workbench v.19.2. [S.l.]. 2019.

CLOUGH, R. W.; PENZIEN, J. **Dynamics of Structures**. Third Edition. ed. Berkeley: Computers & Structures, Inc, 2003.

RAO, S. S. **Mechanical Vibrations**. Sixth Edition. ed. Miami: Pearson Education Limited , 2018.

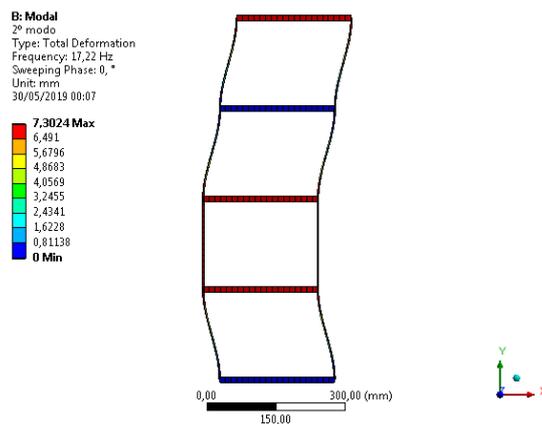
ANEXOS

Figura 1 – 1º Modo de Vibrar
($f_n = 5,956 \text{ Hz}$)



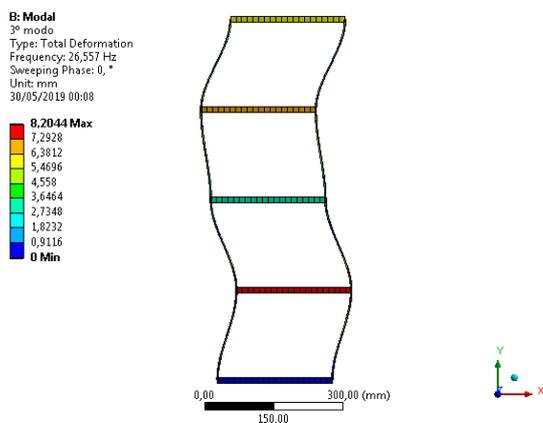
Fonte: O Autor (2019)

Figura 2 – 2º Modo de Vibrar
($f_n = 17,22 \text{ Hz}$)



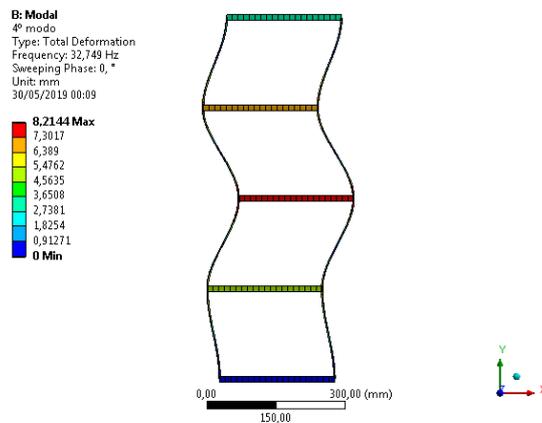
Fonte: O Autor (2019)

Figura 3 – 3º Modo de Vibrar
($f_n = 26,557 \text{ Hz}$)



Fonte: O Autor (2019)

Figura 4 – 4º Modo de Vibrar
($f_n = 32,749 \text{ Hz}$)



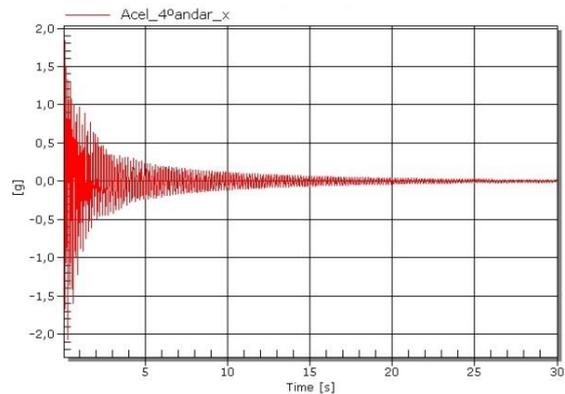
Fonte: O Autor (2019)

Figura 5 – Aparato Experimental para realização da Análise Modal Experimental



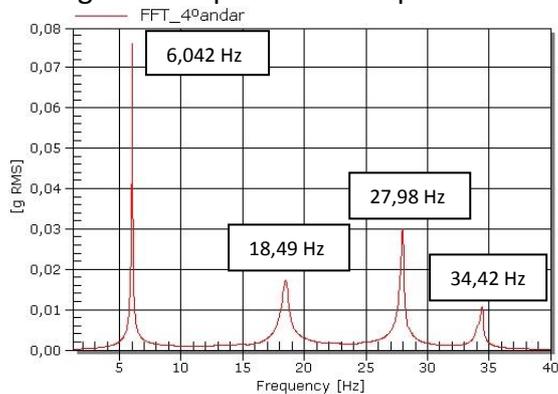
Fonte: O Autor (2019)

Figura 6 – Sinal da vibração livre amortecida medido no 4º andar da estrutura.



Fonte: O Autor (2019)

Figura 7 - Espectro de Frequências



Fonte: O Autor (2019)

Tabela 1 - Comparativo entre MEF e experimental

Frequências Naturais (Hz)				
Modo	1º	2º	3º	4º
MEF	5,956	17,220	26,557	32,749
Experimental	6,042	18,49	27,98	34,42

Fonte: O Autor (2019)