

Aula 4 - Amortecimento, Transmissibilidade e Controle de Vibrações em Pilares

1. Amortecimento: papel físico e efeito na ressonância O amortecimento dissipa energia e limita amplitudes, especialmente perto da ressonância. Em concreto armado, amortecimentos equivalentes típicos (estruturais) variam entre 2% e 5%, podendo ser maiores com participação de elementos não estruturais.

2. Transmissibilidade e isolamento de vibrações Transmissibilidade (T) é a razão entre a resposta transmitida ao apoio e a excitação. Para um sistema massa-mola-amortecedor submetido a base vibratória, há três regiões: - $r < 1$: região de acoplamento (transmissão elevada) - $r \approx \sqrt{2}$: transição - $r > \sqrt{2}$: região de isolamento ($T < 1$), melhor com amortecimento bem escolhido

Referência visual de esquema de isolamento e curvas típicas:

3. Vento em pilares esbeltos e desprendimento de vórtices Pilares/mastros esbeltos podem sofrer vibração transversal por desprendimento periódico de vórtices. A frequência característica pode ser estimada por $f_s = St \frac{U}{D}$, com $St \approx 0,2$ para cilindros e U a velocidade do vento. Evite coincidência $f_s \approx f_n$.

Animações e imagens didáticas de rua de vórtices:

4. Estratégias de controle: aumentar ζ , deslocar f_n , desacoplar a excitação

- Aumentar amortecimento efetivo: dispositivos como TMD (tuned mass damper) e participação de elementos não estruturais.
- Deslocar a frequência natural (rigidez/massa): ajuste geométrico ou de armaduras, adição de massa em dispositivos.
- Desacoplar via isolamento: reduzir transmissibilidade entre fonte e estrutura/base.

Exemplos visuais de soluções:

5. Diretrizes práticas para pilares de concreto

- Verificar esbeltez e frequências naturais (modo transversal predominante) e comparar com faixas de vento dominante e atividades internas.
- Considerar amortecimento adicional em ambientes com fontes vibratórias (máquinas, academias). Projetar TMDs ou dispositivos simples onde aplicável.

- Avaliar conforto (aceleração pico/RMS) além de resistência; documentar hipóteses de amortecimento.
- Para vento transversal, estudar mitigação por aletas/estrias helicoidais, chanfros e detalhes de seção que desordenem vórtices.

6. Atividade prática sugerida Observe um pilar, poste ou mastro de concreto em seu cotidiano (rua, faculdade, prédio, etc.). Reflita e anote: - O local e o tipo de elemento observado. - Situações em que esse elemento pode vibrar (vento forte, veículos passando próximos, máquinas, etc.). - Se já percebeu vibração, ruído ou movimentação nesse tipo de estrutura. - Com base no conteúdo da aula, discuta por que alguns pilares vibram mais que outros e como o amortecimento, a rigidez e o ambiente podem influenciar essa vibração. Se possível, tire uma foto (opcional) e anexe ao seu relatório.

7. Pontos-chave

- Amortecimento controla picos de resposta e melhora conforto.
- Transmissibilidade orienta o projeto de isolamento; $r > \sqrt{2}$ favorece isolação.
- Em pilares esbeltos, mitigar desprendimento de vórtices e evitar $f_s \approx f_n$.