

# **Projeto de linha de vida: cálculo das tensões considerando a elasticidade do talabarte, da linha de vida e da ancoragem**

(Resumo do trabalho apresentado no Simpósio 2013 da ISFP – Sociedade Internacional de Proteção contra Quedas, em 28-06-2013)

Miguel Coifman Branchtein

## 1 INTRODUÇÃO

As quedas são uma das principais causas de acidentes de trabalho fatais. Entre os meios para evitar as quedas estão as linhas de vida horizontais, que se incluem entre os sistemas de proteção ativa contra quedas. Essas são necessárias por várias razões, tais como possibilitar deslocamento horizontal e evitar risco de queda em pêndulo. O projeto de linha de vida horizontal, especialmente para captura de quedas, pode ser um problema difícil. O valor da tensão na linha de vida é alto, especialmente para linhas com flecha pequena, o que afeta não só o dimensionamento de cabos, mas também o de suas ancoragens. É um problema dinâmico não-linear. Muitos parâmetros estão envolvidos, nos quais uma pequena variação pode modificar grandemente os resultados. A elasticidade do talabarte aumenta o tempo e a distância de frenagem, reduzindo, assim, a força de frenagem no talabarte e, por consequência, também na linha de vida. A elasticidade da linha de vida reduz o valor da tensão, não só através do aumento do tempo de frenagem, mas principalmente por aumentar a flecha dinâmica. Mas, em alguns casos, as ancoragens também são flexíveis. Nesse caso, a tensão pode ser ainda mais reduzida, levando em conta a elasticidade da ancoragem. O objetivo deste trabalho é avaliar as tensões, considerando ao mesmo tempo as elasticidades do talabarte, da linha de vida e da ancoragem.

## 2 FORMULAÇÃO

Vamos considerar um sistema com três componentes:

- a) um talabarte vertical, ligado ao meio de
- b) uma linha de vida horizontal, fixada em ambas as extremidades às
- c) ancoragens.

Na extremidade do talabarte, existe uma massa que é solta a partir de uma determinada altura. Quando a queda da massa é finalmente detida, surgem tensões em cada componente, e o comprimento do talabarte e da linha de vida aumentam, e o comprimento (distância) entre as ancoragens diminui. Queremos determinar as tensões finais e comprimentos finais (carregados).

Para fazer isso, usamos dois princípios:

- a) O princípio da mínima energia potencial total;
- b) O princípio da conservação de energia.

### 3 SOLUÇÃO

Resolvemos o sistema de duas maneiras: analítica e numérica. A solução numérica é feita diretamente através da minimização da energia potencial total, utilizando a ferramenta Solver presente no software de planilha Excel. Trabalhamos quatro casos: sem absorvedor de energia, com absorvedor no talabarte, na linha de vida e em ambos.

### 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

- a) No caso com absorvedor de energia no talabarte, quando se mantém fixo o vão, simulando uma linha de vida fixa em ancoragem rígida, é obtido para a força na linha de vida o mesmo resultado que nos métodos usuais de cálculo para essa situação, em que são empregadas de forma iterativa as equações:

$$T_2 = \frac{Fl_2}{4f} \quad \text{e} \quad l_2 = l_{2_0} + \frac{T_2}{k_2}$$

- b) No caso sem absorvedor de energia, quando se mantém fixo o vão, e a linha de vida, simulando um talabarte preso em um ponto fixo, ancoragem em um único rígida, é obtido para a força no talabarte o mesmo resultado que o obtido da equação padrão da força de impacto:

$$F = mg \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2kr}{mg}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

- c) No caso de absorvedor de energia no talabarte, no exemplo calculado, a força na linha de vida, ao considerar a elasticidade da ancoragem, foi 48 % menor do que sem considerar a elasticidade da ancoragem. Isso é porque a elasticidade da ancoragem era muito maior do que a elasticidade do cabo de aço. No exemplo calculado, o cabo esticou apenas 0,16%, enquanto que o vão diminuiu em 2,4%.
- d) Ao considerar a elasticidade da ancoragem, o comprimento de abertura do absorvedor de energia do talabarte foi 29% menor do que no caso de ancoragem fixa, porque mais energia foi para a deformação elástica e menos para o absorvedor de energia.
- e) Foram discutidas ainda as limitações do modelo e possíveis maneiras para melhorar a sua precisão.

### 5 CONCLUSÕES

- A força do impacto é reduzida, em comparação com o cálculo que não leva em conta todas as elasticidades.
- A abordagem de energia é fácil de formular, dá uma ideia mais clara e pode ser resolvida com software facilmente disponível
- Podemos ajustar o sistema
- É necessário fazer experimentos
- O modelo calcula os valores das tensões de cada componente, considerando conjuntamente a elasticidade do talabarte, da linha de vida e da ancoragem, e os seus efeitos sobre a absorção de energia por cada um dos componentes e sobre a flecha.
- Ficou demonstrado que, considerando-se a elasticidade da ancoragem, a tensão máxima na linha de vida e na ancoragem pode

ser significativamente menor do que a calculada, sem levá-la em consideração, tornando possível projetar uma estrutura mais leve. Também é possível projetar uma ancoragem com uma flexibilidade adequada, a fim de reduzir as tensões.

- g) Quando a deflexão da ancoragem é bloqueada, os resultados do método proposto coincidem com os resultados obtidos pelos métodos habituais para o cálculo de linha de vida horizontal.
- h) A abordagem de energia proposta é mais fácil de formular, possibilitando a solução analítica e numérica do sistema de três componentes.
- i) O método desenvolvido, utilizando um software de planilha eletrônica e seu algoritmo de otimização associado para minimizar a função energia, tem várias vantagens:
  - i. usa um software facilmente disponível, em vez de um software especializado;
  - ii. É possível escrever os parâmetros do sistema, a função energia potencial e fórmulas intermediárias diretamente sobre as células, mantendo as fórmulas simples. Todos os resultados também podem ser calculadas por fórmulas nas células.
  - iii. É fácil testar diferentes valores para os parâmetros;
  - iv. Incorporar novas características ao modelo é fácil, alterando a função de energia, e as células variáveis.
- j) É necessário fazer ensaios, para confirmar o comportamento esperado do sistema e para validar o método, e / ou para melhorá-lo.

Porto Alegre, 30-07-2013  
Miguel Coifman Branchtein