

Movimento Lateral de Edifícios

A preocupação que alguns colegas despertaram, já me afligiu há uns 8 anos, desde da edição da NB-1 divulgada em 2001.

Desta versão até a definitiva, de 2004, alguns parâmetros foram ajustados e calibrados entre si.

Nesta versão de 2001, o limite de deslocamento era de $H/500$, para o vento característico total, e realmente foi adaptada de uns dos comitês do ACI.

Porém, como o vento é uma ação de curta duração, passou a ser considerada uma verificação em ELS, e aplicou-se o conceito de se considerar as inércias plenas, com módulo de elasticidade tangente, conforme prescreve o item 8.2.8 que diz:

Na avaliação do comportamento global da estrutura e para cálculo das perdas de protensão, pode ser utilizado em projeto o módulo de deformação tangente inicial (E_{ci})

Todos os parâmetros para a avaliação de comportamento global foram calibrados considerando as inércias brutas (I_c), o que pode ser confirmado nos item 15.5.2 Parâmetros de Instabilidade e 15.7.3 Consideração aproximada da não linearidade física.

A análise de deslocamentos horizontais indicada na tabela 13.2 é voltada aos deslocamentos provocados APENAS pela combinação de vento freqüente, em serviço (ELS), ou seja, a carga de vento característica multiplicada pelo γ_1 .

Os fatores γ_0 , γ_1 e γ_2 receberam ajustes na revisão do NBR8681:2003, onde a NBR6118:2003 foi conciliada a NBR8681, que para ações de vento passaram a ser 0,6, 0,3 e 0 conforme a tabela 11.2 do item 11.7.1 da NBR6118.

Então, na versão definitiva, na tabela 13.2, o limite de deslocamento para vento freqüente passou a ser de $H/1700$, que realmente é uma aproximação de $500/0,3=1667$. Esta aproximação, de 2% é aceitável perante a inovação de conceito, onde se buscava a memorização e disseminá-lo em curto prazo. Devemos nos lembrar que antes da NBR6118 o meio técnico não tinha nenhum parâmetro a ser seguido.

Hoje, depois de 3 anos e 10 meses de lançamento da versão 11 dos sistemas TQS, onde foram incorporadas centenas de implementações para atender as prescrições da NBR6118:2003 esta verificação já é tradicional, e faz parte do relatório de verificação de parâmetros de estabilidade global.

Porém, na minha opinião, devemos nos preocupar com outros pontos importantes, que podem gerar resultados com diferenças bem mais acentuadas do que 2% no valor dos deslocamentos horizontais:

1) Aplicação Correta dos Parâmetros de Cálculo das Ações de Vento

Muitos engenheiros comentem equívocos e outros “roubam” nos parâmetros que governam o calculo das cargas de vento, principalmente em aplicar a velocidade básica correta e os coeficientes de arrasto bem cálculos.

Na versão 13, o TQS recebeu uma bela calculadora de coeficientes de arrasto, de autoria de Marcelo Carvalho (CE), que facilita muito a vida dos engenheiros e aposentou a única bibliografia que carregava na minha pasta do dia a dia, cópias dos ábacos para coeficiente de arrasto da NBR6123.

Alerta aos amigos do Sul do País: O vento na região de vocês é elevado, portanto RESPEITEM o limite mínimo de $H/1700$ incondicionalmente, e apliquem carregamentos de vento coerentes, porque teremos nos próximos anos sérias mudanças climáticas, e nossas estruturas devem estar aptas a resistir às ações de vento.

2) Modelo Estrutural Adequado

Alguns engenheiros são avessos a inovações técnicas e com isto acabam cometendo equívocos de projeto:

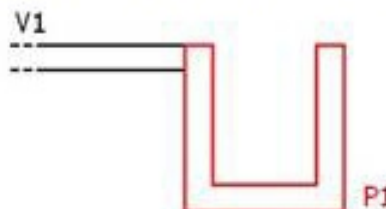
- Não considerar corretamente as ligações entre pilares-parede e vigas.

Desde de 2000, quando lançamos a versão 9, introduzimos nos sistemas TQS, uma característica que ainda é exclusiva dos nossos sistemas, que denominamos FLEXIBILIZAÇÃO DA LIGAÇÃO VIGA x PILAR, que consiste em se formar, no modelo de pórtico espacial, ligações entre as vigas e pilares que representem a rigidez localizada do pilar no encontro com a viga, como demonstra a figura abaixo.

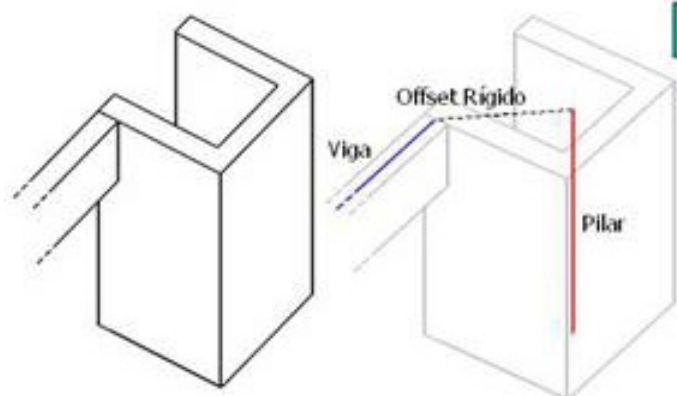
Modelo de Pórtico Integrado – Flexibilização de ligações

Ligação Viga-Pilar

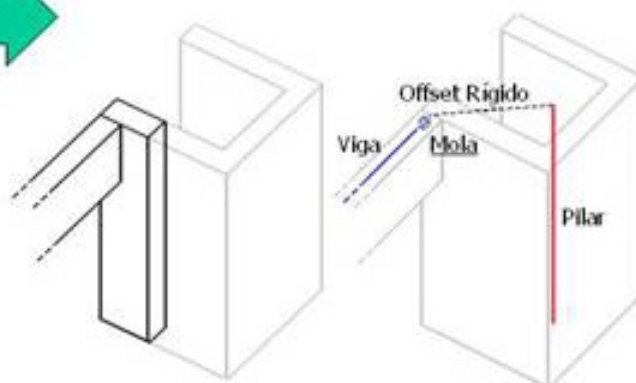
Busca de um comportamento mais real



Ligação Usual



Com Flexibilização



Esta inovação é que nos permitiu direcionar o desenvolvimento dos sistemas utilizando como base modelos de pórtico espacial.

Aqueles que não projetam considerando estas ligações, estão cometendo grandes equívocos em edifícios que tem pilares-parede ligados a vigas.

3) Iteração Fundações - Estrutura

A rigidez das fundações influencia diretamente na rigidez da estrutura!

Há muitos anos que tento transferir aos meus modelos a capacidade dos seus apoios, calculando e definindo apoio a apoio os seus coeficientes de rigidez, e tratando os apoios como elásticos.

Hoje, na versão 13, já temos o sistema SISEs, que nos permite incorporar as fundações discretizadas aos modelos de pórtico.

Não considerar a rigidez das fundações pode nos levar a grandes erros de projeto, principalmente na obtenção dos deslocamentos, dos efeitos de 2ª ordem globais e conseqüentemente, na obtenção dos esforços atuantes nas vigas e pilares.

4) Considerações sobre a Rigidez Real dos Elementos Estruturais

O item 15.7.3 da NBR6118 nos oferece coeficientes para simularmos em nossos modelos a não linearidade física,

mas podemos hoje ir além e com uma boa dose de determinação calcular, levando em consideração as armaduras, a rigidez de vigas e pilares através do programa de grelha não linear e das calculadoras disponíveis no TQS.

Brincar de Achismo (EU ACHO ISSO) sem tentar entender os conceitos, nas considerações de rigidez de vigas e pilares também pode nos levar a resultados bastante equivocados.

5) Deslocabilidade Horizontal Provocada por Cargas

Hoje não temos limites quanto a deslocamentos horizontais provocados por desequilíbrios de ações verticais.

Como por exemplo, no caso de um edifício com vigas com grandes balanços engastadas em pilares parede em apenas uma face da estrutura, o que provocará ao longo prazo inclinações da estrutura, com eventuais danos as alvenarias e perda de prumo.

Tenho sugerido a todos adotar o limite de $H/2000$ para o caso de cargas verticais quase permanente, mas no modelo ELU.

Para os usuários TQS basta avaliar os deslocamentos da combinação

COMBFLU = PP_V+PERM_V+y₂ ACID_V, neste caso, não considerando os majoradores de inércia para vigas de transição e aumentos de rigidez axial para pilares.

6) Comportamento Dinâmico das Estruturas

Tenho pouca experiência dentro deste assunto, mas onde já pude vivenciar situações onde estruturas oscilaram de fato.

Hoje, já podemos obter as frequências naturais de uma estrutura e devemos em breve, ter ferramentas para analisar a condição de conforto aos usuários, devido aos deslocamentos e acelerações dinâmicas.

Este é o próximo estágio de avanço tecnológico que devemos buscar na avaliação de edifícios esbeltos.

Posso garantir a todos que o limite de $H/1700$ não é suficiente como parâmetro de avaliação de conforto aos usuários e de que, na falta de analisar mais sofisticadas, devemos projetar considerando deslocamentos bem menores do que os aceitáveis com este limite.

A preocupação com o comportamento dinâmico se faz latente em localidades do RJ, ES e Nordeste, a velocidade básica de vento é mais baixo, em geral, é mais fácil se alcançar o limite de deslocamentos $H/1700$, mascarando a deslocabilidade da estruturas.

O MOMENTO ATUAL DA ENGENHARIA ESTRUTURAL BRASILEIRA É PREOCUPANTE. Apesar de todos os avanços técnicos, muitos profissionais estão projetando edifícios altos da mesma forma que projetavam edifícios de 10 pavimentos, e utilizando profissionais com pouca experiência em estruturas complexas.

Como exemplo podemos citar o seguinte: Em 1994, quando entrei na TQS, podia contar com os dedos os escritórios de projetos que tinham experiência em projetos de lajes planas e nervuradas. Podia-se também enumerar rapidamente os edifícios com mais de 25 andares de cada grande cidade brasileira.

Hoje todos querem projetar lajes lisas, edifícios de 40 andares, etc., sem se ter ocorrido grande investimento em conhecimento por parte dos profissionais de projeto estrutural.

Talvez esteja sendo duro, mas se todos observarmos com carinho, esta é a nossa realidade.

Eng. Luiz Aurélio Fortes da Silva

TQS Informática Ltda.