



Sobre a velocidade de cálculo de Tricalc

Em poucos anos, com as sucessivas versões de Tricalc, deixou-se de considerar o tempo de cálculo de esforços de uma estrutura em termos de semanas, para apenas minutos e segundos. Este artigo reúne os diferentes aspectos relacionados com a velocidade de cálculo e exemplos de estruturas que permitem verificar a velocidade de cálculo do programa

Factores a considerar na velocidade de cálculo

A velocidade do cálculo de uma estrutura através de um programa informático depende de muitos factores, entre os que se incluem variáveis relativas tanto do hardware como do software utilizado. Podem realizar-se as seguintes considerações:

- A velocidade depende da própria estrutura, do seu tamanho, que determina o número de graus de liberdade – incógnitas - a obter, que é igual ao número de linhas ou colunas da matriz de rigidez e também da sua tipologia, que determina o número de elementos não nulos da matriz de rigidez e portanto a denominada 'largura de banda' dessa matriz.
- A velocidade também depende do hardware e do sistema operativo utilizados, da memória RAM instalada, do seu tamanho e velocidade de acesso, do tipo de processador, da sua velocidade, número de núcleos, cache, etc., do disco duro e do tipo de sistema operativo, quer seja de 32 bits ou de 64 bits.
- Finalmente, a velocidade depende em grande medida do software utilizado, da sua concepção com técnicas de programação avançadas para a utilização de multiprocessadores instalados e técnicas de optimização da utilização da memória.

Este artigo centra-se no software e fundamentalmente na parte de cálculo de esforços, estudando o que Tricalc considera neste aspecto.

Em primeiro lugar há que dizer que Tricalc aproveita a totalidade da potência do hardware instalado, tendo em conta o seguinte:

- Por própria limitação do sistema operativo, se este ou o processador não forem ambos de 64 bits, não é possível aproveitar quantidades de memória RAM acima de 3 ou 4 Gb. No caso de Tricalc, a função de resolução do sistema de equações está disponível nas duas versões, uma para 32 bits e outra para 64 bits, já que é a parte do cálculo onde a necessidade de memória é mais exigente. O programa utiliza automaticamente a função adequada para o sistema operativo instalado.
- Existem duas tecnologias de processadores de 64 bits: a que Microsoft e AMD denominam x64 (e que Intel denomina EMT64) e a que Microsoft denomina IA64 (suportada exclusivamente pelos processadores Intel Itanium 2). A primeira tecnologia, que realmente é uma arquitectura de 32 bits com extensões para a gestão de memória a 64 bits é a única suportada por Tricalc.

- Tricalc aproveita na fase de cálculo todos os processadores ou núcleos presentes no computador, directamente na sua versão standard de Tricalc, sem necessidade de módulos especiais adicionados ao programa e com a única limitação em relação ao seu número, pelo limite imposto pelo próprio sistema operativo. Para isso utiliza-se o standard OpenMP, com as vantagens que isso supõe quanto à transparência e independência do hardware actual ou futuro.
- Não é aconselhável activar no processador a funcionalidade de 'Hyperthreading' de Intel: esta tecnologia, anterior à existência de processadores de vários núcleos, não está pensada para cálculos intensivos, pelo que se obtém um melhor rendimento em Tricalc desactivando-a.

Resolução por métodos directos

Por outro lado, é importante realçar que o programa utiliza um algoritmo de resolução da matriz de rigidez por métodos directos, ou seja, um método exacto extremamente potente e escalável, que não utiliza aproximações sucessivas, o que permite:

- Com os métodos directos não é necessário utilizar técnicas como a 'subestruturação', que consiste em dividir a estrutura em troços – por exemplo em pisos –, calcula-los separadamente e depois resolver as ligações. Apesar desta técnica poder ser útil para estruturas formadas apenas por lajes horizontais e pilares, não é apropriada (e inclusive é contraproducente em relação à velocidade de cálculo) quando existem lajes inclinadas que unem dois pisos ou muros (núcleos ou paredes) que percorram toda a altura do edifício.
- É opcional considerar a indeformabilidade das lajes horizontais no seu plano (o denominado 'diafragma rígido'), tanto na totalidade das lajes como em qualquer deles como opção particular, sem uma apreciável perda de rendimento da velocidade de cálculo, apesar de que supõe um incremento substancial quanto ao número de graus de liberdade a calcular. Isto permite considerar os efeitos de tracção e compressão nas lajes, assim como poder definir acções de temperatura nas lajes (característica de Tricalc 7.1), que seria impossível de considerar com a hipótese de diafragma rígido.
- Os métodos directos são igualmente eficazes em estruturas típicas de edifícios (lajes horizontais mais pilares) e em estruturas industriais (naves industriais ou coberturas de esteira) ou de geometria especialmente complexa.
- Utilizando os métodos directos, nas fases em que seja possível, a matriz de rigidez está em forma compacta, por exemplo na fase de criação, guardando sem valores nulos. Isto implica que mesmo com estruturas muito grandes a matriz de rigidez é relativamente pequena; por exemplo uma estrutura de 175.000 graus de liberdade pode ter uma matriz de rigidez em forma compacta de apenas 20 Mb de tamanho. Como consequência, não há 'funis' por gerir ficheiros de grande tamanho. No exemplo anterior, a matriz guardada como 'skyline', ou seja, guardada cada linha da matriz de rigidez desde a diagonal até ao último valor não nulo, pode ocupar uns 2,50 Gb.

Dois exemplos

De seguida indicam-se alguns tempos de cálculo para umas estruturas tipo, que o leitor pode comparar com outros programas que utilize. Todos os cálculos foram realizados com um computador de gama 'média', das seguintes características: processador AMD Athlon x64 x2 Dual Core 3600+ de 1,90 Ghz; 2 Gb de RAM; Windows Vista SP1 x64.

Os dois valores de tempo **a)** e **b)** que se incluem são os relativos ao cálculo de esforços e deslocamentos e o cálculo total incluindo o dimensionamento e comprovação de todos os elementos.

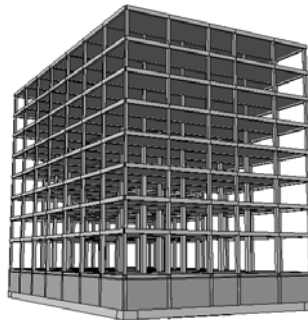
Estrutura de lajes aligeiradas: a)5" b)2'52"

Estrutura de lajes aligeiradas com as seguintes características:

- Uma cave e mais 8 pisos, com fundações com muros de cave e sapatas isoladas e combinadas.

Cálculo com vento e sismo, em primeira ordem.

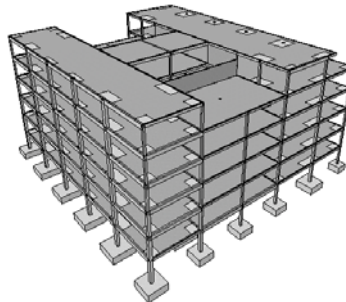
- Superfície de lajes: 7.806 m², 973 barras, 498 nós, 1.377 graus de liberdade.
- Tempo de cálculo de esforços: a) 5".
- Tempo total de cálculo: b) 2' 52".



Estrutura com lajes fungiformes aligeiradas, lajes maciças e paredes resistentes: a)5'5" b)1h32'

Estrutura de 6 pisos, com lajes fungiformes aligeiradas, lajes maciças e paredes resistentes de betão (os três elementos com discretização de 0,80 m x 0,80 m). Fundação com sapatas isoladas e corridas. Cálculo com vento e sismo, em primeira ordem.

- Superfície de lajes: 8.031 m² (5.850 m² de lajes fungiformes aligeiradas, mais 2.181 m² de lajes maciças). Superfície de paredes resistentes: 1.035 m².
- 28.447 barras, 16.545 nós, 53.364 graus de liberdade, matriz de rigidez em forma compacta de 5.563 Kb. •
- Tempo de cálculo de esforços: a) 5' 5".
- Tempo total de cálculo: b) 1h 32'.



Se na mesma estrutura anterior, eliminarmos a consideração da indeformabilidade das lajes horizontais no seu plano, aumentando consideravelmente os graus de liberdade a obter e se adicionarmos acções térmicas em todas as lajes e a todas as paredes resistentes, os novos dados são:

- 98.610 graus de liberdade.
- Tempo de cálculo de esforços: a) 10' e 48" (a resolução do sistema de 98.610 equações por métodos directos, leva apenas 7").
- Tempo total de cálculo: b) 4h 2'.

Conclusão

A velocidade de cálculo de Tricalc oferece umas prestações altamente avançadas, não apenas se compara com as obtidas em versões anteriores, mas também se comparam com outros programas existentes no mercado. A sua concepção que separa em duas fases o cálculo de esforços, da comprovação e dimensionamento da estrutura, permite a repetição de ciclos de esforços e deslocamentos em tempos

espectaculares: 5" e 5' nos 2 exemplos expostos anteriormente, antes de passar à comprovação e dimensionamento. Esta velocidade é a chave que permite abordar cálculos em 2ª ordem, nos quais cada uma das milhares de combinações é um cálculo*. Tricalc consegue um óptimo aproveitamento das capacidades do hardware existente através da utilização de métodos directos na resolução de sistemas de equações.

*Ver artigo [`Tricalc 7: Novas possibilidades de cálculo em 2ª ordem`](#)