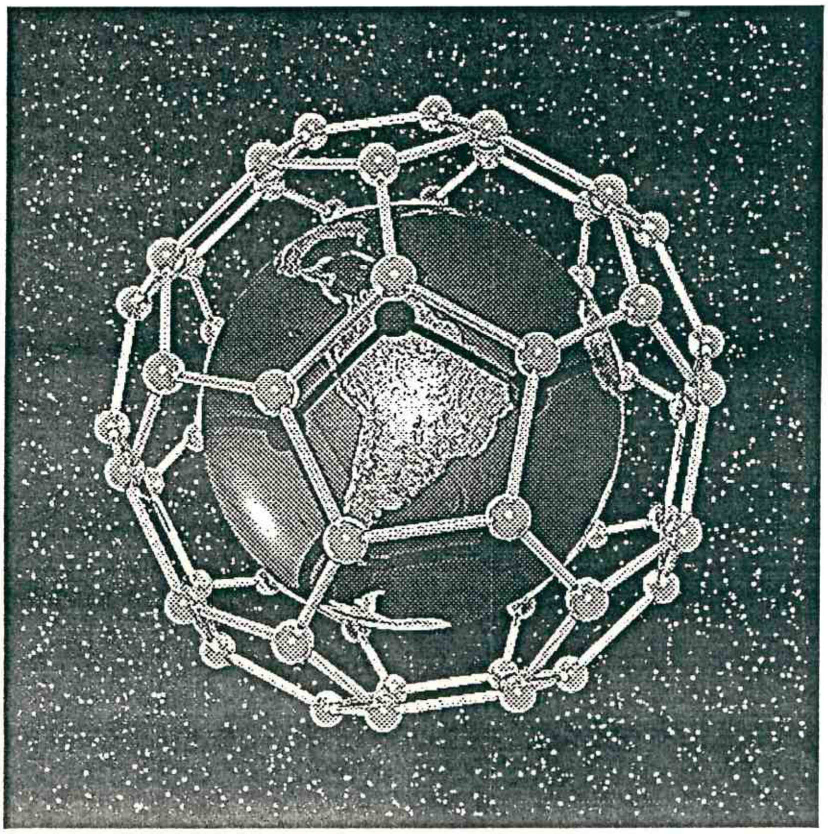
SuperComp 94

Seminário de Supercomputação Aplicada



Porto Alegre, 12 a 14 de Setembro de 1994
Centro Nacional de Supercomputação

ANEXO AOS ANAIS

CESUP/RS
Ano II

ANÁLISE ESTRUTURAL

151557-0

VISUALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS PARA CÓDIGOS DE ELEMENTOS DE CONTORNO

André B. Soares, Guillermo J. Creus
CEMACOM / CPGEC / UFRGS
90031-190 Porto Alegre, R S

ABSTRACT

A procedure used to visualize variables determined through the Boundary Elements Method, is described; it can be used as a post-processor with any BEM code.

RESUMO

Descreve-se um programa que permite a visualização de variáveis obtidas empregando o Método dos Elementos de Contorno; este programa pode ser empregado como pós-processador com qualquer código de MEC.

INTRODUÇÃO

O Método dos Elementos de Contorno (MEC) [1], de desenvolvimento mais recente que o Método dos Elementos Finitos (MEF) tem mostrado que, ao menos em alguns tipos de problemas estruturais onde as regiões mais solicitadas estão no contorno, pode ser bastante competitivo. O nosso grupo de trabalho no CEMACOM vem empregando o MEC para análise de problemas de fratura [2].
Para facilitar a interpretação dos resultados, particularmente em problemas reais mais complexos, é importante contar com a possibilidade de visualização. Dado que as características do MEC fazem com que os pós-processadores usualmente empregados com Elementos Finitos não sejam facilmente adaptáveis, foi desenvolvido um programa especial., denominado BEMVIEW . O emprego de uma base de dados bastante simples faz com que o BEMVIEW possa ser facilmente adaptado a qualquer código de MEC.
Na versão atual o BEMVIEW grafica tensões sobre o contorno e no interior de corpos bidimensionais; numa segunda etapa, será ampliado para estruturas tridimensionais.

FORMULAÇÃO

Códigos de MEC fornecem normalmente os deslocamentos e as trações (vetores tensão) no contorno da peça. O analista normalmente deseja conhecer as componentes do tensor de tensões, que no caso de estado plano são σ_{xx} , σ_{yy} e τ_{xy}.. Temos, em coordenadas locais, Fig. 1

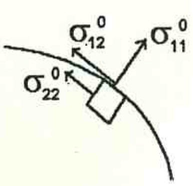


Fig. 1. Diagrama das tensões em um elemento infinitesimal na face da estrutura

$\sigma_{11}^0 = t_1^0$, $\sigma_{12}^0 = t_2^0$

onde t_1^0 e t_2^0 são respectivamente os componentes de tensão normal e tangencial à face da estrutura.
Para calcular σ_{22}^0 devemos primeiro derivar os deslocamentos obtendo a deformação específica

$$\varepsilon_{22}^{0} = \frac{\partial \mu_2^0}{\partial x_2^0}$$

e depois calcular

$$\sigma_{22}^0 = \frac{1}{1-\upsilon}\left[\upsilon t_1^0 + 2G\,\varepsilon_{22}^{0}\right]$$

onde ν é o módulo de Poisson e G é o módulo de corte.
As derivadas são feitas analiticamente sobre as funções de interpolação dos elementos, que no presente caso são quadráticas [3].
Finalmente, as tensões são transformadas para as coordenadas globais e a tensão de von Mises é calculada empregando

$$\sigma_e = \sqrt{(\sigma_{11})^2 + (\sigma_{22})^2 - \sigma_{11}\sigma_{22} + 3(\sigma_{12})^2}$$

O MEC permite calcular as tensões internas em qualquer ponto do domínio mediante fórmulas fechadas [1] Entretanto, para pontos muito próximos ao contorno, estas expressões tornam-se fortemente singulares; no caso de ser necessário ter tensões muito próximas ao contorno devem-se empregar fórmulas especiais.

DETALHES COMPUTACIONAIS

O programa foi desenvolvido em linguagem C pois a mesma é caracterizada por gerar um código compacto e eficiente. O usuário deve gerar um arquivo com as coordenadas ,deslocamentos e tensões o qual será utilizado para passar os dados para o BEMVIEW. O formato dos dados está descrito em um arquivo que acompanha o programa.

EXEMPLOS

1)Tubo submetido à pressão interna

Temos nas figuras 2 e 3 o resultado da análise da estrutura de um tubo sujeito a. pressão interna.o. Devido à simetria do tubo, o problema é resolvido apenas para um quarto da estrutura. Após o processamento, temos a possibilidade de visualizar as tensões normais e tangenciais sobre o tubo, nos sistemas de coordenadas global e local, e também a deformada.

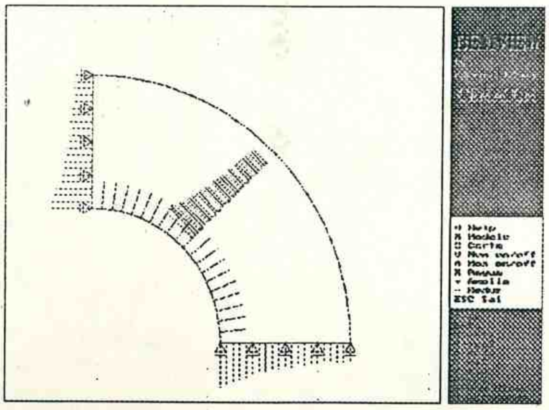


Fig. 2: Tubo sob pressão interna; σ_{22}^0

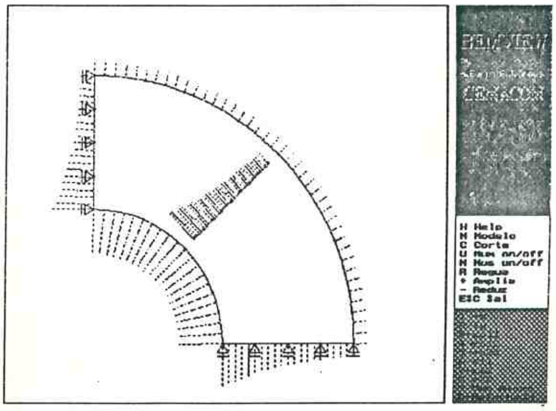


Fig. 3: Tubo sob pressão interna, von Mises

2)Viga em balanço carregada na extremidade

Utilizando o MEC, são determinados os deslocamentos e tensões em diversos pontos da estrutura. No exemplo da figura 4 pode ser vista como a tensão σ_{xx} varia ao longo do contorno e em alguns pontos no interior da estrutura. Na figura 5 é apresentada a deformada da viga.

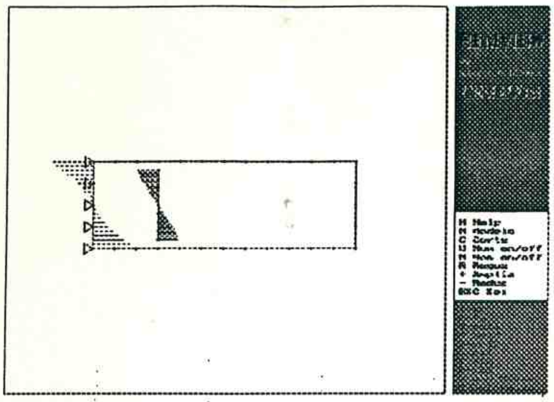


Fig. 4: Viga em balanço, σ_{xx}

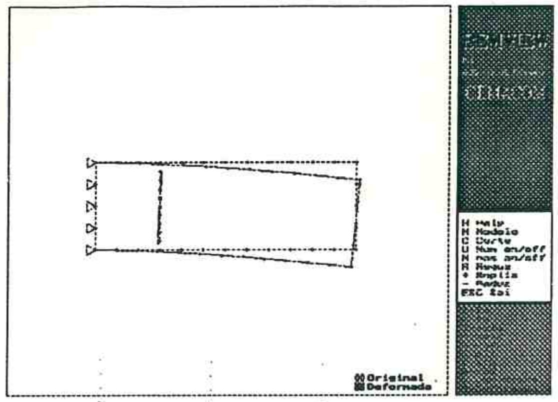


Fig. 5: Viga em balanço, deformada

3)Placa com trinca central

Na Fig. 6 vemos a variação da tensão σ_{11}^{0} em uma placa com uma trinca no centro. A análise pelo método dos elementos de contorno novamente foi feita somente para um quarto da estrutura , devido à simetria do problema. Na Fig. 7 é mostrado o procedimento para medir um deslocamento empregando uma régua circular.

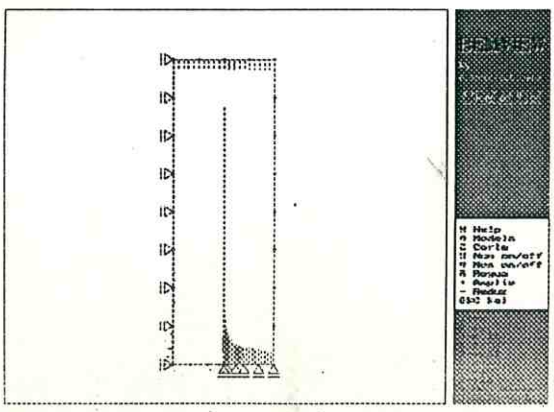


Fig. 6. Placa com trinca central ; σ_{11}^{0}.

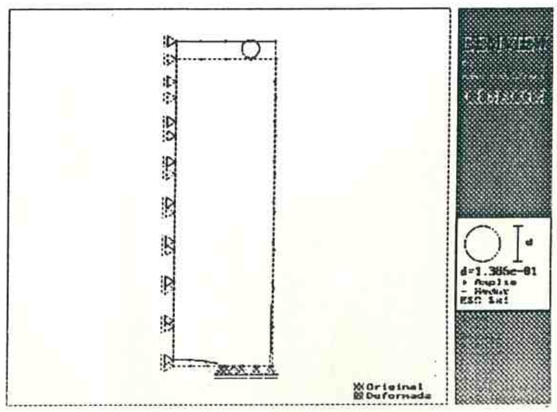


Fig.7 Medição dos deslocamentos

CONCLUSÕES

O programa BEMVIEW mostra-se bastante útil para conferir a geometria inicial (malha , condições de contorno) e para visualizar os resultados. O emprego da régua circular permite uma aproximação quantitativa aos valores graficados bem mais precisa que a obtida normalmente através de escalas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] C. A. Brebbia et al "Boundary Element Techniques", Springer Verlag, 1984.
[2] "B. Sensale, G. J. Creus, "Boundary elements analysis of viscoelastic fracture",in "Boundary Elements XV",(Eds. C. A. Brebbia, J. J. Rencis), CMP-Elsevier, 1993.
[3] M. H. Aliabadi, D. P. Rooke, "Numerical Fracture Mechanics", CMP-Kluwer, 1991.

AGRADECIMENTOS

A CNPq e FAPERGS pelo apoio financeiro. A Berardi Sensale por valiosas discussões sobre as formulações empregadas.