

**DETERMINAÇÃO da AMPLIFICAÇÃO na BASE dos MABs
DEVIDO a UMA CARGA IMPULSIVA POSTULADA na BASE
de UM REATOR NUCLEAR TIPO PWR**

Miranda, C.A.J.

Carlos Alexandre de Jesus Miranda

IPEN/CNEN/SP-COPESP

Travessa R, 400 - CEP 05508

Cid. Universitária - S. Paulo. SP

RESUMO

A não exigência, pela norma ASME seção III, subseção NB, de que sejam feitas verificações na conexão entre os Mecanismos de Acionamento das Barras de Controle (MABs) e o Tampo do Vaso do Reator (VPR) supõe carregamentos usuais no projeto de uma central nuclear. Tendo em vista que nas especificações do projeto em desenvolvimento se postula um carregamento impulsivo significativo, faz-se necessário verificar, formalmente, o nível de tensões nesta conexão e nos MABs. Neste trabalho se visa determinar se há ou não amplificação do carregamento postulado.

Inicialmente fez-se um estudo dos modos de vibrar do sistema VPR+Suportação+MABs+Virola de Blindagem e, em seguida, fez-se uma análise dinâmica para determinar a possível amplificação, definindo-se uma carga impulsiva, de curta duração em mais de 2500 steps definida pelo módulo PREP6 do programa ANSYS, versão 4.4A.

Os resultados mostram que praticamente não há, na base dos MABs, amplificação do pulso de deslocamentos postulado, aplicado na base do VPR. Assim, para as futuras análises, é possível trabalhar com um modelo do MAB isolado do VPR e com o pulso aplicado diretamente no bocal do MAB.

1 - OBJETIVO

Este trabalho visa obter o nível de amplificação existente na base dos MABs (Mecanismo de Acionamento das Barras de Controle), isto é: no topo do Tampo do VPR (Vaso de Pressão do Reator), quando da ocorrência de um carregamento impulsivo postulado na direção horizontal, ou transversal ao VPR e aos MABs como definido na especificação técnica do componente, considerando um modelo integrado do VPR, Suportação e MABs. Adicionalmente, com o modelo desenvolvido pode-se obter, também, as tensões nos MABs decorrentes do referido carregamento, aplicado como pulso de deslocamentos na base da virola de suportação do VPR.

Para a execução desta análise foi desenvolvido um modelo integrado, de elementos finitos, formado por 4 partes distintas: a) VPR, b) Virola de Suportação e c) MABs e d) Virola de Blindagem (VB), conectadas por elementos rígidos.

Não serão analisadas as tensões localizadas na conexão entre os componentes modelados e na VB visto que se considera que a mesma não tem função estrutural.

2 - INTRODUÇÃO

As tensões oriundas do carregamento citado deverão ser superpostas àquelas devidas a pressão interna de operação dos MABs, para a verificação segundo a Norma ASME Seção III Divisão 1 Sub-Seção NB /1/, para a condição de serviço nível C.

O VPR é basicamente cilíndrico com um fundo hemisférico e um tampo torosférico e é suportado por uma Virola conectada ao seu Flange. O tampo do VPR é furado para permitir a conexão dos MABs e demais bocais de instrumentação. O MAB é formado por 4 partes cilíndricas, com diâmetros e espessuras variáveis em cada parte e com transições para conectar uma parte a outra: 1. bocal (que o conecta ao VPR); 2. parte inferior; 3. tubo do estator; e 4. tubo de contenção superior. A virola de blindagem é cilíndrica e foi modelada para se conhecer o nível de esforços que provocará sobre o TAMPO do VPR. Desprezou-se a presença dos bocais e tubos de instrumentação. Tais estruturas são apresentadas esquematicamente nas figuras 1 e 2.

No caso do MAB foram considerados valores fictícios de densidade associados aos seus materiais para levar em conta a presença da água e dos mecanismos no interior e exterior do mesmo. Todos os demais valores adotados para as propriedades

físicas dos materiais foram retirados da refer. /2/.

O modelo, carregamentos e condições de contorno utilizados nas análises são apresentados a seguir.

3 - MODELO

O modelo integrado adotado para as análises é formado por elementos de viga (STIF3, com 2 nós e 3 graus de liberdade por nó - gdl/nó), de tubo (STIF16, com 2 nós e 6 gdl/nó) e de massa concentrada sem inércia rotacional (STIF21, com 2 gdl/nó). O modelo citado, e as análises realizadas com o mesmo, foi desenvolvido com o programa ANSYS, versão 4.4A, refer. /3/.

Geometria modelada - é basicamente aquela apresentada na figura 3. Para efeitos de visualização das partes que compõem o VPR e sua Suportação (basicamente cilindros concêntricos) a parte do modelo que discretiza esta última foi gerada levemente deslocada da parte que representa o VPR, criando uma excentricidade em relação ao eixo do VPR. Este artifício não traz problemas para a análise com o pulso de deslocamentos horizontais. Ao se utilizar este modelo integrado para análise com cargas verticais se deverá redefinir esta excentricidade entre as duas citadas estruturas (reduzindo-a ou até anulando-a). O VPR e sua Suportação são discretizados em elementos de TUBO e massa concentrada. O conjunto de 21 MABs e a virola de blindagem (VB) são discretizados em três partes distintas: a) 1 MAB, em elementos de TUBO (com valores de densidade equivalentes para levar em conta os seus internos e a água), b) 20 MABs em elementos de viga 2-D, com valores de inércias, áreas e de massas equivalentes àqueles da parte a), e c) VB, em elementos de TUBO.

Assim, com este modelo, se estará considerando a interação entre o VPR e sua Suportação com o MAB e a eventual amplificação existente além dos efeitos do acoplamento das mesmas como as rotações nos pontos de conexão.

Limites de Tensões - Como os itens estruturais a serem verificados são da barreira de pressão primária as verificações deverão atender aos limites da Norma ASME subseção NB/1/. Os principais limites a serem verificados são aqueles indicados no item NB3224 - Itens Estruturais (Exceto Parafusos) para a Condição de Serviço Nível C.

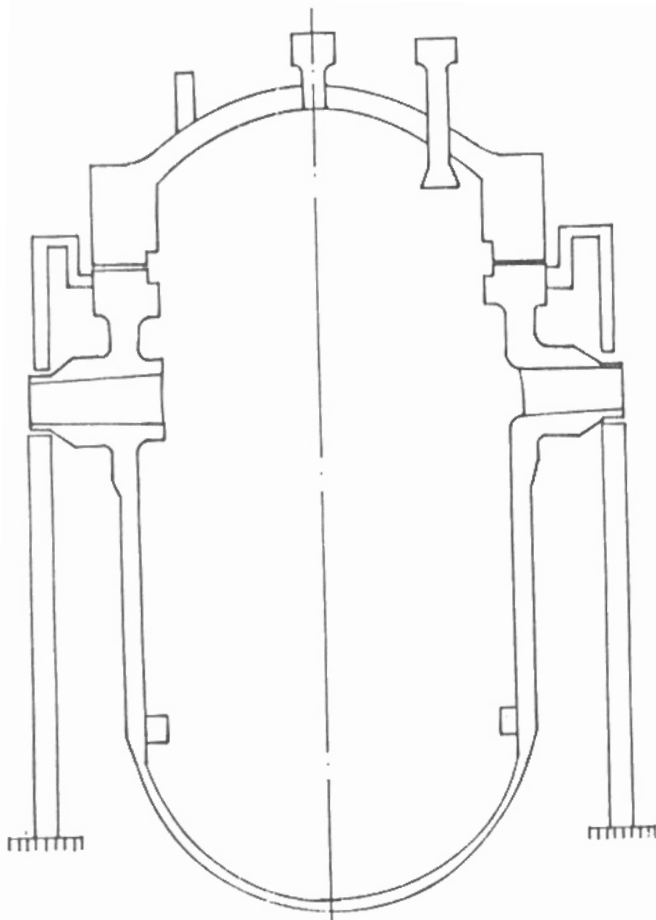


Figura 1: Esquema do VPR e sua Suportação

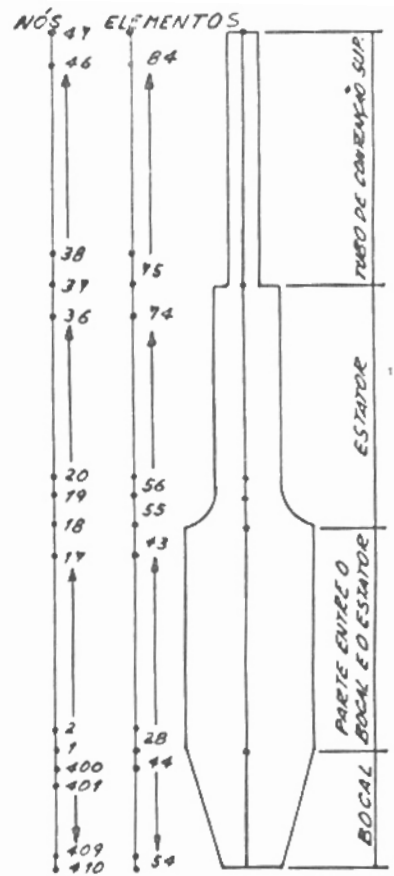


Figura 2: Esquema do MAB

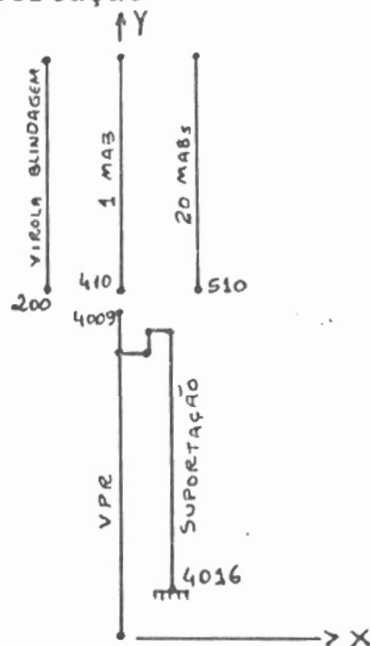


Figura 3: Modelo Integrado sem os elem. rígidos

4 - CARREGAMENTO e CONDIÇÕES DE CONTORNO

Basicamente como carregamentos para a análise dinâmica temos o pulso de deslocamentos horizontais, que é aplicado no nó que representa a base da virola de suportação do VPR, ver figura 4, e a pressão interna (considerada apenas nos MABs).

As tensões devidas a pressão interna, que devem ser superpostas àquelas oriundas do carregamento impulsivo serão calculadas de forma simplificada considerando que as diversas partes do MAB sejam cilindros de parede fina.

Visto que se tem um modelo integrado entre o VPR, sua Suportação, os MABs e a VB, a única condição de contorno aplicada ao modelo é a restrição total dos deslocamentos (e rotações) do nó 4016 representativo da parte inferior da virola de suportação do VPR. Adicionalmente, para vincular as partes que formam o modelo, foram definidos elementos rígidos, sem massa, para conectar os nós 4009 (tampo do VPR) aos nós 410 (bocal, 1 MAB), 510 (bocal, 20 MABs) e 200 (VB).

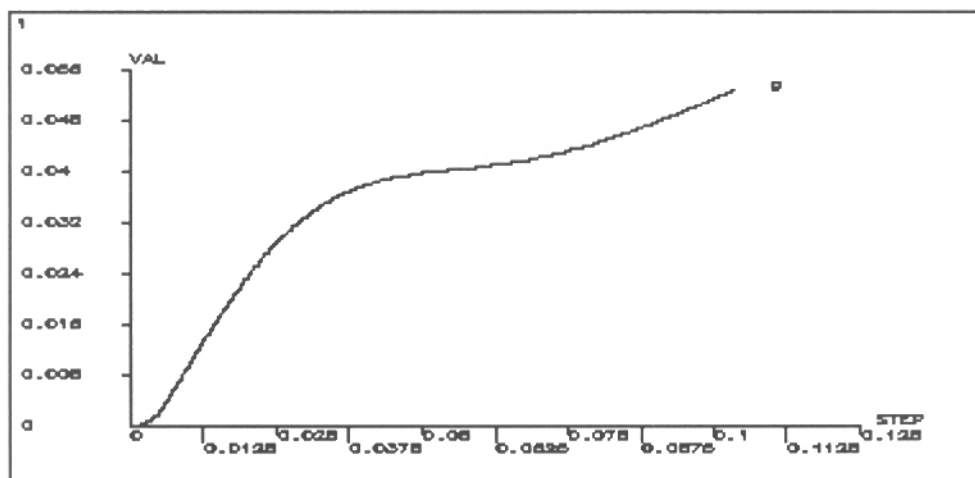


figura 4 - Pulso de deslocamentos aplicado - m

5 - ANÁLISES

Foram realizadas duas análises com o modelo integrado desenvolvido: de frequências próprias e dinâmica.

5.1 - Análise de frequências (KAN= 2)

Nesta análise se utilizou o mesmo modelo já descrito, com algumas pequenas modificações, principalmente nas opções de análise. Para o elemento de tubo (STIF16), utilizado na

discretização das partes do modelo que representam 1 MAB e a Virola de Blindagem, o programa ANSYS utiliza a formulação de matriz de massa consistente. Para as demais partes do modelo discretizadas em elementos de viga o programa utiliza a formulação de matriz de massa discreta. Isto vale, também para as partes do modelo que foram discretizadas com elementos de tubo associados a material com densidade nula e a massa fornecida em elementos de massa concentrada (STIF21). Os mesmos graus de liberdade masters definidos para esta análise foram definidos para a análise dinâmica, descrita na sub-seção seguinte.

Por se tratar de uma análise de frequências próprias não são aplicados carregamentos ao modelo. Como condição de apoio manteve-se a condição de engaste no nó 4016 representativo da parte inferior da virola de suportaçao do VPR.

Assim, com o modelo desenvolvido e os graus masters definidos, para esta análise foram calculados os 20 primeiros modos de vibrar da estrutura modelada pelo método de interação por sub-espacos, expandindo-se os 15 primeiros modos obtidos.

Resultados - Os resultados em forma das deformadas associadas a cada um dos 6 primeiros modos de vibrar do conjunto VPR + SUPORTAÇÃO + MAB + VB são apresentados nas figuras 5 (modos 1, 2 e 3) e 6 (modos 4, 5 e 6) e na tabela 1. Da sua análise se verifica que reproduzem com boa aproximação aqueles obtidos quando das análises isoladas das partes que compõem este modelo.

modo	frequência (Hz)	direção do modo	fração (%) de massa associada		estrutura associada
			em X	em Y	
1	19.8	X	0.03	---	MAB
2	31.7	X	16.	---	MAB
3	36.7	X	70.	---	SUPPORT.VPR+MAB
4	50.1	X	4.5	---	VPR+SUPORTAÇÃO
5	76.0	Y	---	---	MAB
6	97.1	Y	0.1	93.	VPR+SUPORTAÇÃO

Tabela 1: Principais resultados da Análise KAN= 2

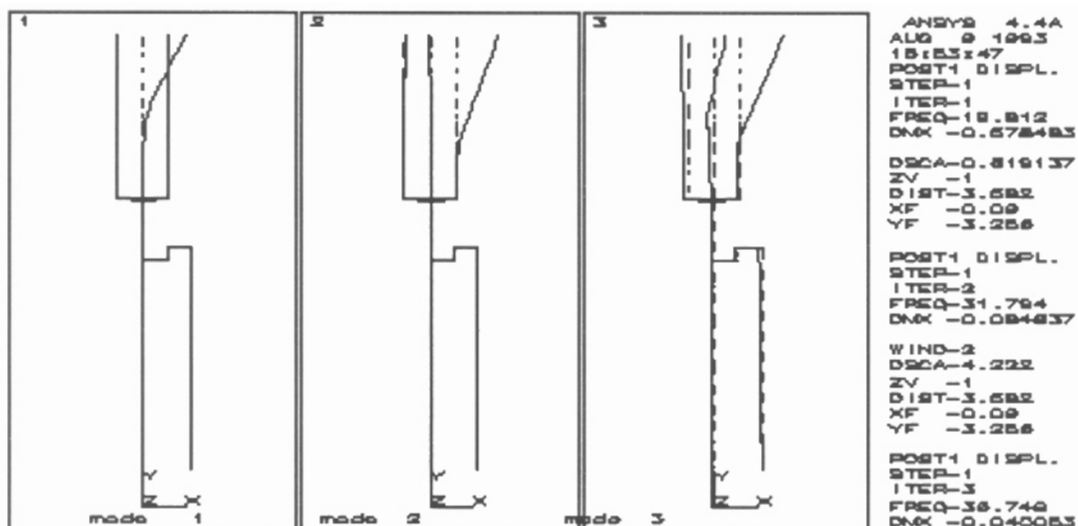


Figura 5: Modos 1, 2 e 3 do modelo Integrado

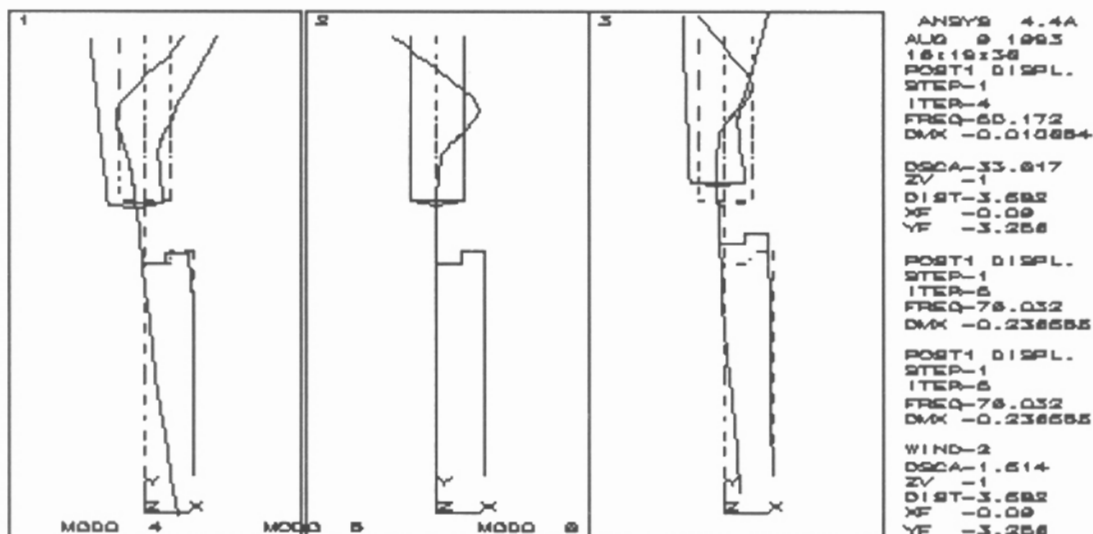


Figura 6: Modos 4, 5 e 6 do modelo Integrado

5.2 - Análise Dinâmica (KAN= 5)

Para a análise dinâmica (KAN= 5) com o carregamento impulsivo já definido foram definidos alguns graus de liberdade masters, ao longo do modelo. O pulso de deslocamentos foi definido através do módulo de pré-processamento específico do ANSYS (PREP6). Este tipo de análise dinâmica é realizado, pelo ANSYS, em 2 fases. Na primeira (KAN= 5) são obtidos os deslocamentos e esforços nos graus de liberdade masters definidos. Na segunda fase da análise (/STRESS) são obtidos os

deslocamentos e esforços (e tensões) em todos os nós e elementos da estrutura modelada. Em uma terceira fase foram obtidos os valores máximos e mínimos de tensões, deslocamentos, forças nodais e reações, através do pós-processamento dos resultados armazenados em arquivo específico (FILE12) após as análises, com o uso do módulo de pós-processamento POST26.

Resultados - Uma síntese dos principais resultados obtidos é apresentada na tabela 2 abaixo.

ESFORÇOS (sistema global)	Reações de apoio máx. suportação do VPR.	Forças Nodais máximas (topo do tampo do VPR)		
		nó 200	nó 410	nó 4009
FX (KN)	28550.	1272.	104.1	9990.
FY (KN)	4011.	156.3	10.2	1450.
MZ (KN.m)	79690.	1560.	45.4	2437.

Tabela 2: Principais resultados da análise KAN= 5

Nas figuras 7 a 10 são apresentados alguns dos principais resultados obtidos: deslocamentos relativos (em m) e forças nodais (em N).

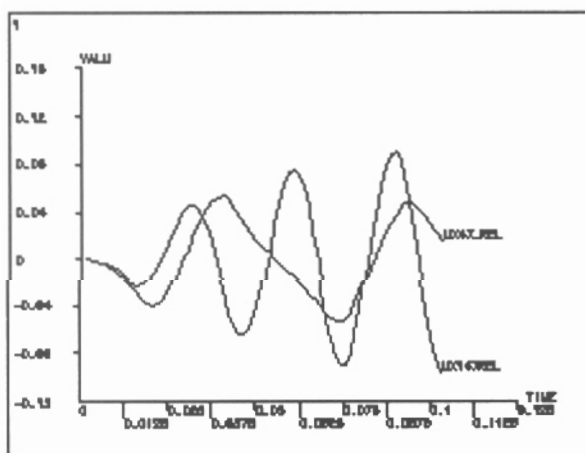


Fig 7: Desloc. UX Relativos nós 47 e 147

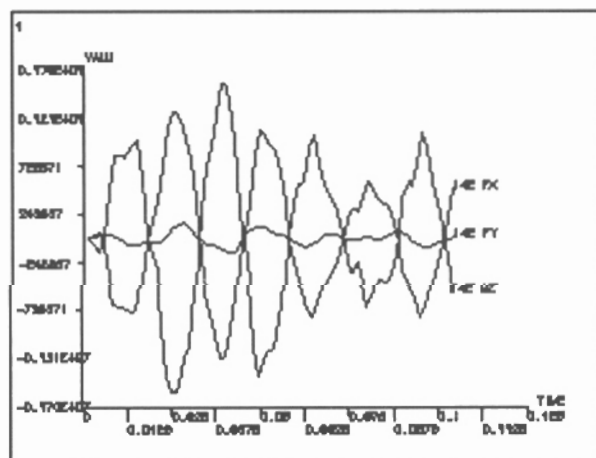


Fig 8: Forças Nodais (FX, FY, MZ). nó 200

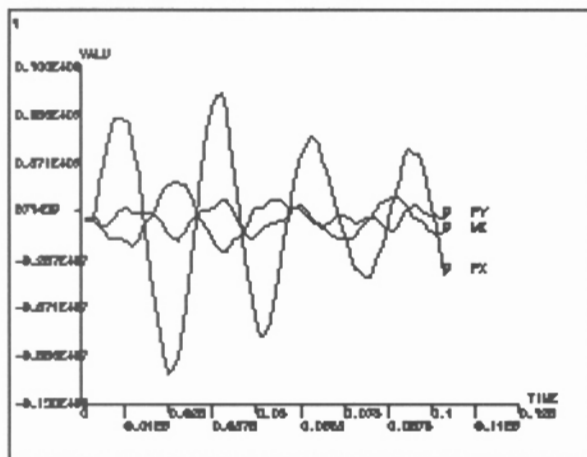


Fig 9: Forças Nodais
(FX,FY,MZ). nós 4009

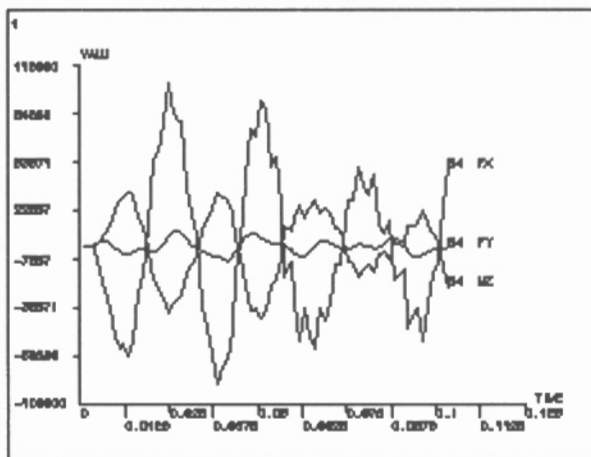


Fig 10: Forças Nodais
(FX,FY,MZ). nó 410

6 - CONCLUSÃO

A partir da comparação dos resultados ora apresentados, com aqueles obtidos em análises anteriores aplicando-se o pulso de deslocamentos diretamente na base dos MABs, modelados isoladamente do VPR, conclui-se que praticamente não há amplificação do carregamento postulado na base da virola de suportaçõ do VPR até a base dos MABs. Assim pode-se prosseguir com as análises adotando-se o modelo do MAB isolado do VPR, cujo processamento computacional é substancialmente mais rápido, além de ocupar menos espaço em disco.

7 - REFERÊNCIAS

- /1/ Norma ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III Division 1 Sub-Section NB - 1986 edition
- /2/ Norma ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III Division 1 Appendices - 1986 Edition
- /3/ ANSYS Program- User's Manual. 4.4A Version, Ed. 1986