# 複雑な構造を有する舶用補助ボイラの

## 有限要素法による応力解析

## 佐々木康夫\*・根津紀久雄\*

## Finite Element Stress Analysis of Marine Auxiliary Boiler Having Complicated Structure

Y. Sasaki, K. Nezu

The finite element stress analysis was made on the two examples of a typical marine auxiliary boiler having a complicated structure, and the analysis results were compared with the stress and displacement which had been previously measured. As a result, it has been found that the local displacements and stresses induced in the end plate and shell plate can be calculated with tolerable correctness by using the zooming technics.

#### 1. 緒 言

一般に舶用の補助ボイラは複雑な構造を有するものが 多いが、その構造強度は各船級協会規則により規定され ている。各規則はいずれもボイラの胴板、鏡板、管板、 火炉、ノズルなど個々の部材別に単純化したモデルによ り公称応力を算定し、これを基準として各部材の強度を 規定しているので、実際の補助ボイラで強度上問題とな る各部材間の接合部、あるいは規則を適用し得ない部材 位置などの局部発生応力の限界値の評価は、各規則とも 安全率の中に含まれるという立場をとっている。したが って、これらの強度評価は、同一構造のボイラでは従 来の製造経験によってのみ、保証されていることにな る.

一方近時,国際船級協会連合で,ボイラ,圧力容器の 安全率を従来の値より大幅に低くすることが検討されて おり,既に二,三の船級協会で低い安全率が採用されて いる.

したがって,低い安全率を採用した場合には,新しい構造の補助ボイラはもちろんのこと,今までに製造経験の ある補助ボイラに対しても,局部発生応力の限界値を評 価する段階で,正確な応力解析の必要性がでてくるもの と思われるが,この種の応力解析には従来の解析手法の 適用が至難であり,単純なモデル化による解析は誤った

\* 技術研究所

結果をもたらす可能性が大きく,有限要素法による解析 が有効であると思われる.しかし今までに,舶用の補助 ボイラを対象として,有限要素法による局部発生応力の は握を目的とした解析は,行われていないようである.

このような背景から,本報告では代表的な形状の補助 ボイラ2例について,有限要素法を用い,ズーミングの 手法を併用した局部応力の解析を試みたが,解析結果が これら補助ボイラの水圧試験時に行った変位計測,応力 計測の結果と比較的よい一致を見たので,その概要を報 告する.

#### 2. 解析対象

解析を行った補助ボイラは,設計圧力 10 kg/cm<sup>2</sup>,蒸 発量 5.5 ton/hr の容量を持つ乾燃室式丸ボイラと,設 計圧力 8 kg/cm<sup>2</sup>,蒸発量が油専焼で 1.5 ton/hr,主機関 排ガスによる場合 1 ton/hr の容量のコンポジット型コ クランボイラで,図1(a),(b),図2(a),(b) におのお のの概略構造を示す.

乾燃室式丸ボイラは図に示すように,鏡板と胴板の接 合部が通常の丸ボイラのようにフランジ接合されておら ず,T継手構造を採用しており,平型炉筒が燃焼室側で 絞られているほか,主支柱に座金を設けていない等の構 造上の特徴をもっている.

一方,コンポジット型コクランボイラは図に示すよう に,油専焼の管巣と主機関排ガス専用管巣の両者から構

- 10 -

複雑な構造を有する舶用補助ボイラの有限要素法による応力解析





成されるので,これら管巣に隣接する中部胴板が,油専 焼のボイラと対比して長くなっているのが特徴といえよう.

#### 3. 構造解析

乾燃室式丸ボイラでは,解析の目的が 図1(a),(b) に 示す鏡板と胴板のT継手部近傍の局部発生応力のは握 と,当会鋼船規則に規定のあるボイラの,鏡板強度の算 定式に用いられている支持円<sup>1)</sup>中心における発生応力の 確認にあるので,T継手部近傍の局部発生応力計測位置

及び支持円中心での応力計測位置との 対応を考慮して,燃焼室側鏡板を主体 に粗い要素分割による解析を行った 後,各応力計測点を含む細かい要素分 割によるズーミング解析を行った.



**図 3** 乾燃室式丸ボイラの解析モ デル (Model-1)

一方,コンポジット型コクランボイラでは,図2(a), (b) に示す中部胴板と管板の取り合い部分での発生応力 分布と,中部胴板の変形の様相の確認を目的としている ので,該部での変位計測位置,応力計測位置との対応を 考慮の上要素分割して解析を行った.

#### 3.1 構造のモデル化

#### 3.1.1 乾燃室式丸ボイラ (Model-1)

解析は火炉の 絞り部 分が 近 接している 燃焼室側の胴 板,鏡板について行ったが,解析モデルの設定に当たっ ては,構造力学モデルとしての 正 確さを 損 なうことな く,かつ計算量を節減する観点から,次のような仮定を 設けている.

- ボイラは胴の軸に垂直な面と, 胴の軸を含む面を 二つの対称面として持つものとし,図3に示すよ うに,これらの対称面で区切られたボイラの1/4の 部分を解析の対象とする。
- 2)鏡板は平面板,胴は折板構造,主支柱,管支柱は 棒部材とみなし、火炉は鏡板との接合部近傍を折板 構造として、残余を等価な軸方向コンプライアンス を持つ棒部材の集合体として取り扱う。

なお,設計上煙管は荷重を支持しないとして扱われて いるので,モデル化の段階でも構造部材としては取り扱 わなかった.図4 に鏡板と胴板の要素分割を示す.図 中陰影を施した A, B, C, D の各部分は,応力計測点 (図中×印)を含むズーミング部分である.図5 に火炉 の軸方向等価コンプライアンス算出のための,軸対称体



-12 -

251



図 5 火炉の等価軸方向コンプライアンス算出のた めの軸対称体要素分割



**図6** 火炉構造の解析モデル有限 要素分割

数 407, ビーム要素数 64, 境界要素数 232 の解析モデ ルとなっている.

ズーミング部分 A, B, C, D の要素分割は, 図 7 に A部分の要素分割を例示するにとどめ, 各ズーミング部 分の節点数,シェル要素数を解析結果の応力値ととも に, Table 1 に記しておく.

#### 3.1.2 コンポジット型コクランボイラ (Model-2)

解析モデルの設定には、乾燃室式丸ボイラにおけると 同様の趣旨から,次のような仮定を設けている.

1) 図8 に示すような、上部胴中央、下部胴中央で それぞれ胴の軸に 垂直な 二つの 平行 面と, 管板中 央,中部胴板中央母線を含む直交二平面によって区

Smoke Chamber Fitting Frame





としての要素分割を示し,図6に,算出された火炉の 等価軸方向コンプライアンスを持つ棒部材と、火炉入 口の折板構造の要素分割を示す。なお平面板、折板はシ ェル要素,棒部材はビーム要素として取り扱った.この ようなモデル化により最終的に節点数 296, シェル要素



図 7 ズーミング部分Aの有限要素分割

切られた 1/4 部分を解析の対象とする.

2) 管板は平面板, 胴は折板構造, 管支柱は棒部材と みなし、管板周囲にある煙室取り付けわくは平面板 から構成されるものとする.

なお煙管は, 乾燃室式丸ボイラにおけると同様, 構造 部材としては取り扱わず、平面板、折板をシェル要素、 棒部材をビーム要素として取り扱った. 解析モデルの規 模としては、節点数 292、シェル要素数 280、ビーム要 素数 38, 境界要素数 276 となっている. 図9 に要素分割 図を展開した形で示しておく. 図中の破線で示した A-A, B-B, C-C の各線は変位計測点,応力計測点を含 む線を示している.

#### 3.2 解析条件

#### 3.2.1 境界条件

1) 乾燃室式丸ボイラ (Model-1)

付与した境界条件は,図4に示す要素分割図中に併 記したとおりであるが、直交する二つの対称面の交線上 で胴板底部の節点を固定し、胴板、鏡板、主支柱、管支 柱ともに対称面上の各節点をローラ支持とし、かつ対称

### 日本海事協会会誌 No. 156, July 1976



図9 コンポジット型コクランボイラ解析モデルの 有限要素分割(展開図)

性を考慮して,必要に応じて回転自由度を拘束した.

なお A, B, C, D の各ズーミング部分については, 粗 い要素分割での計算結果を, 各ズーミングモデルの境界 上の対応する節点に, 既知変位量として与えた.

2) コンポジット型コクランボイラ (Model-2)

図9の要素分割図に,付与した境界条件を記してある.上部胴板,中部胴板,下部胴板,管板,管支柱の対称面上での各節点をローラ支持とし,対称性を考慮の上,必要に応じて回転自由度を拘束している.なお固定点は上部胴に隣接し,管板中央に最も近い位置の煙管の対称面上の節点としている.

#### 3.2.2 荷重条件

1) 乾燃室式丸ボイラ (Model-1)

ボイラに負荷される荷重は圧力のみとし、ボイラの高 さからみて、ボイラ水重量の影響はないものとし無視し た.負荷した圧力の値は設計圧力の10 kg/cm<sup>2</sup> とした. なお管板部分では、管支柱、煙管の貫通部の面積を除い たものを受圧面積とした.

2) コンポジット型コクランボイラ (Model-2)

負荷される荷重は,乾燃室式丸ボイラと同様,圧力の みとし,設計圧力 8 kg/cm<sup>2</sup> の 1.5 倍の水 圧試 験 圧力 12 kg/cm<sup>2</sup> を負荷した. 管板における受圧 面積は,乾燃 室式丸ボイラの場合と同じように取り扱った. なお下部 胴断面の円周上には,圧力により生ずる軸力を加えてい る.

#### 3.2.3 使用プログラム

解析には、軸対称体解析プログラム NKAXIS 1 と,は ん用弾性応力解析プログラム NKSAP 1<sup>2)</sup>を用いた.な お計算には、当会に設置されている電子計算機 FACOM 230-55 (主記憶装置容量 512 KB) を使用した.

#### 4. 解析結果と考察

乾燃室式丸ボイラ (Model-1) と, コンポジット型コ クランボイラ (Model-2) に圧力荷重を負荷した場合の 計算結果について,実測値と対比しながら考察を加える.

## 4.1 乾燃室式丸ボイラ (Model-1) の解析結果

#### 4.1.1 変 位

図 10 は粗い要素分割による解析結果から鏡板上の各 節点の法線方向変位を示したもので、図から分かるよう に、主支柱、管支柱と鏡板の接合点での法線方向変位は 約 0.06~0.24 mm 程度の値となっており、これら支柱 がほぼ同程度の荷重支持状態にある.また、左管巣と中 央管巣の間では約 0.3 mm 位の変位を示しており、膨出 している状態が観察される.



**図 10** Model-1 の粗い要素分割での鏡板法線 方向の変位

-14 -





図 11 ズーミング部分Aにおける法線方向変位

次に注目されるのは火炉入口周辺と胴板の間の変位 で、他の部分と比較してやや膨出量が多く最大 0.66 mm となっている.また鏡板と胴板の接合部で全周にわた り、法線方向変位がわずかながら負の値となっている が、これは圧力荷重による胴板の半径方向変位により誘 起されるものであり、変位量が 0.027~0.075 mm 程度の 値であるので、該部の付着物などに影響を及ぼすような ことはないとみてよい.

鏡板上部の主支柱と胴板に囲まれた部分の変位状態を 詳細にみるために,該部をズーミングにより解析した結 果の一例を 図 11 に示す.主支柱と胴板に拘束された鏡 板部分の変位モードが明りょうに出ており,法線方向の 最大変位は 0.68 mm となっている.

このようなズーミングによる解析を,図4に示す各 ズーミング部分について行った結果,最大変位量が約 0.7 mm 前後の値であり,従来類似寸法の丸ボイラで計 測されている値<sup>3)</sup>と,同程度であることが確認された.

#### 4.1.2 応 力

図 4 に示す粗い要素分割での解析結果から,面内変 形による膜応力分布は,面内変形の性質からして,実際 に鏡板に生じている膜応力値を示すものとみてよいが, 面外変形により鏡板に生ずる曲げ応力値は,面外変形の 性質上,粗い要素分割では実際に生じている応力値を算 出し得ないと考えられる.したがって,粗い要素分割に よる解析結果は,面内変形による膜応力分布を図12 に 示すにとどめ,曲げ応力分布,主応力分布については, ズーミングによる解析結果を示すこととする.

図 12 から分かるように膜応力の値は,面内変形に対 する拘束の強い鏡板中央火炉近辺で最大 3.2 kg/mm<sup>2</sup> の 値を示しているほか,火炉周辺を除いては,ほぼ 1 kg/ mm<sup>2</sup> 前後の値となっており,強度上問題となるような 値ではない.

次に胴板と鏡板のT継手部近傍及び支持円いの中心に



図 12 Model-1 の粗い要素分割での鏡板の膜応力分布

おける応力計測点を含んだズーミング部分Aについて, 詳細な解析を行った結果を以下に記す.なお応力計測点 が鏡板,胴板の外面にあるので,計測値との対応を検討 する都合上,鏡板,胴板の外面における計算値を図示す ることとした.

図 13 はズーミング部分Aにおける 膜応力分布であ る. 膜応力値はほぼ 1 kg/mm<sup>2</sup> 以下の値であり, 膜応力 の性質上粗い要素分割での結果とほぼ等しい値となって いる. 曲げ応力と対比して膜応力が極端に低い値である ため, 曲げ応力分布は膜応力と曲げ応力を合成したもの の主応力分布と, ほとんど差異がないので図示していな いが, T継手部近傍の鏡板上の応力計測点位置で最大圧 縮応力 10.80 kg/mm<sup>2</sup>, 支持円の中心近傍で最大引張応 力 8.39 kg/mm<sup>2</sup> を示している. したがって, この種の

-15-





**図 14** ズーミング部分Aの鏡板外面における主応 力分布

鏡板構造では, 膜応力は強度上問題とならず, 曲げ応力 の正確なは握が必要であることが分かる.

次に膜応力と曲げ応力を合成したものの主応力分布を 図 14 に示し,更に応力計測点との対応を考え,応力計 測点列を含む胴板,鏡板の内外面上での主応力分布を 図 15 に示す.図 14 から分かるように胴板と鏡板のT 継手部近傍の鏡板外面上では.胴板の拘束による圧縮応 力が継手部に沿って生じており,主支柱による拘束部分 でも圧縮応力を生じている.

図 15 に見られるように,各応力計測点での計測値と 計算値はよい対応を示している.すなわち,胴板と鏡板 のT継手部近傍の鏡板外面での圧縮応力の計測値 10.48 kg/mm<sup>2</sup>, 2.36 kg/mm<sup>2</sup> に対し,計算値の圧縮応力はおの おの 10.23 kg/mm<sup>2</sup>, 1.4 kg/mm<sup>2</sup> であり,また胴板外面 における圧縮応力の計測値 11.78 kg/mm<sup>2</sup>, 3.5 kg/mm<sup>2</sup> に対し,計算値は 11.57 kg/mm<sup>2</sup>, 2.82 kg/mm<sup>2</sup> である. なお胴板,鏡板内面の発生応力については計測値がない が,図 15 に示す計算値から T 継手 部の鏡板側で最大 11.38 kg/mm<sup>2</sup>, 胴板側で 13.1 kg/mm<sup>2</sup> の引張応力とな っていることが分かる.



図 15 ズーミング部分Aの鏡板と胴板のT継手部 近傍における応力分布

これらの値は丸ボイラに使用されているボイラ用鋼板 (KP 42 B)の機械的性質の規格値,降伏点 23 kg/mm<sup>2</sup>, 引張強さ 42 kg/mm<sup>2</sup> に対し,強度的には十分余裕があ る.なお,A部分を除く他のズーミング部分について は,支持円<sup>1)</sup>の中心でのみ応力計測が行われており,胴 板と鏡板のT継手部及び火炉出口と鏡板のT継手部の発 生応力については,該部での応力計測が行われていない ことから,計測値との対応を検討し得ないので,継手部 近傍の詳細な解析は行わず,支持円<sup>1)</sup>の中心近傍で詳細 解析を行った.これらの結果を応力計測の結果と対比し

- 16 ---

254

NII-Electronic Library Service



図 16 Model-1 の主支柱, 管支柱に生ずる軸方向 応力 (kg/mm<sup>2</sup>)

て Table 1 に示しておく.

表から分かるように、よい対応を示している. なお既 述のように、今回の解析目的が応力計測値との対比に主 眼をおいているため、今回のズーミング解析結果が必ず しも本ボイラでの局部最大応力を、ボイラ全域にわたり は握していることにはならないことを付記しておく.

次に主支柱,管支柱の対称面境界上での支持反力から,これら支柱に生ずる支柱軸方向の応力を算出した結果を図16に示す.主支柱,管支柱に発生する応力の計測が行われていないので,計測値との対比はできないが,火炉左側に近接する管支柱で 4.67 kg/mm<sup>2</sup>,鏡板中央で火炉下方に位置する支柱で 6.33 kg/mm<sup>2</sup>の軸方向引張応力を生じているほかは,1.21 kg/mm<sup>2</sup>~4.48 kg/mm<sup>2</sup> 程度の値となっており,主支柱,管支柱ともに強度上問題となるような応力値でないことが分かった.

なお,左管巣中の右端列と中央管巣の左端列の管支柱 で発生応力値がやや高いが,図10に示すこれら管列の 変位状態と対応した応力値であることが分かる.

## 4.2 コンポジット型コクランボイラ (Model-2)の解析 結果

#### 4.2.1 変 位

図 2 (b) に示すように、中部胴板は管支柱により変形 を拘束されている 管板と小曲 縁を介して 接合されてお り、かつ管板端部に沿って煙室取り付けわくが付着して いることから、中部胴板の変形が拘束を受けることが予 想されていたが、図 17 に示すように中部胴板の変位モ ードは中部胴板の膨出に対し、管板による拘束が著しい ことを示しており、また煙室取り付けわく補強リブによ る小曲縁部の拘束が、変位モードに影響を与えている様 子が明りょうにでている.

Table 1

	Zoor Part	med A	Zoor Part	ned B	Zoomed Part C		Zoomed Part D*	
	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_1$	$\sigma_2$
Calculated Principal Resultant Stresses	8.71	7.46	10.23	8.23	5.59	1.97	6.33	-3.59
Measured Principal Resultant Stresses	8.16	7.6	10.5	7.5	5.85	-0.14	6.40	-3.26
Number of Nodes	152		88		44		90	
Number of Elements	157		148		63		147	

Note: \* mark indicates the average of stresses of surrounding elements.

(Unit: kg/mm<sup>2</sup>)



図 17 Model-2 の圧力荷重による変位モード



図 18 (a) Model-2 の変位計測点列 A-A にお ける中部胴板,管板の変位



**図 18**(b) Model-2 の変位計測点列 B-B におけ る中部胴板,管板の変位



Knuckled Part

る中部胴板, 管板の変位

図 18 (a), (b), (c) は, 図 9 に示す変位計測点列で計 測された変位の値と,計算値との対応を示すもので,実 験室的な計測環境を期待できないことを考慮すれば,ほ ぼよい対応を示しているとみなしてよい.なお各計測点 列は要素節点と一致していないので,図中に示す変位量 は,胴板軸方向の相隣る節点変位から内そう値として求 めた.

この図から A-A, B-B, C-C の各計測点列で計算された最大変位量は、中部胴板の中央(中部胴板と対称面が交差する位置)でおのおの 5.7 mm 前後の値となっており、実測値とほぼ等しい値を示している.

次に注目されるのは、おのおのの計測点列で小曲縁部 に隣接する中部胴板と管板が、ボイラ内側に向って変位

-18 -

Calculated Axial Direction Stresses on Negative Surface
Calculated Circumferential Direction Stresses on Negative Surface

\* : Calculated Axial Direction Stresses on Positive Surface

していることである.これは圧力荷重に対する中部胴板 の面外曲げ剛性が低いため、中部胴板の膨出変位が大き くなり、中部胴板に隣接する該部がボイラ内側に向って 変位したものと考えられる.

このような変位に伴い,小曲縁部に隣接する管支柱列 は, 圧縮荷重を受けることになるが,これについては 4.2.2 で触れることにする.このような中部胴板の膨出 については,従来ボイラの水圧試験時に経験されていた が,設計条件の過酷化に伴い,水圧荷重を除いても該部 が膨出したまま永久変形を生ずる事故も経験されている ので,低い安全率をとる場合には,中部胴板,管板の板 厚,管支柱列の配置等について,正確な変位解析,応力 解析に基づく配慮が必要であろう.

管板は、既述のように小曲緑隣接部でボイラ内側に向 けて変位しており、計測値との対応もよい. 管板中央に 近づくに従い、管板はボイラの外側に向けて変位してい る. これに伴い管支柱も伸びを生ずることになるが計測 値がないので、計算値との対応はつかめない.

管板の変形が過度になるとボイラか働中に煙管拡管部 から漏水が懸念されるが,今回の解析結果に見られる程 度の変形では,経験上その危険は少ないと考えてよい.

#### 4.2.2 応 力

図 19 に各計測点列 A-A, B-B, C-C の各位置の中 部胴板内外面で計測された胴板接線方向応力, 胴板軸方 向応力と有限要素解析で得られた値を示す.要素分割の 粗さの程度を考慮すれば, 胴板外面における計測値と計 算値は, ほぼよい対応を示しているとみてよい. 胴板内 面における計測値と計算値の間にはやや開きが見られる が,該部における計測値は, 計測の際, ボイラ内部から のリード線取り出しフランジ部で, 加圧媒体に用いた水 による浸水があり, 絶縁状態が劣化したため不安定な値 となっているので, 参考値として記すにとどめてある. なお要素の応力値は, 要素の図心位置における値である ので,各応力計測点列における計算応力値は, 胴板軸方向 の相隣る要素の応力値から内そう値として求めてある.

図 19 から分かるように,局部最大応力は胴板内外面 ともに接線方向応力で,その発生位置は,管板小曲縁部 から中部胴板への接合部スロープ端近傍である.最大発 生応力の値は 12 kg/cm<sup>2</sup> の圧力荷重で,B-B 計測点列 で,胴板接線方向応力 28 kg/mm<sup>2</sup>,胴板軸方向応力 6.5 kg/mm<sup>2</sup> の圧縮応力に対し,計算値はおのおの 27.2 kg/ mm<sup>2</sup>, 4.1 kg/mm<sup>2</sup> の圧縮応力となっている.

A-A, C-C の各計測点列では B-B 計測点列と比較し て, 胴板内外面ともに局部発生応力値はやや低い. これ は一因として煙室取り付けわくの補強リブの影響が考え られるが,これを確認するための計算を行っていないの で確定的なことはいえない.いずれにしても,中部胴板 と管板小曲縁部のスロープ端に生ずる局部最大応力値 は,Mises の等価応力値で評価する範囲では,部分的な 降伏を生ずるにとどまり,該部に塑性関節を生ずるよう なことにはならない.したがってボイラの使用圧力が 8kg/cm<sup>2</sup> であることを勘案すれば,使用状態で該部に 強度上の問題を生ずることはないとみてよい.



図 19 Model-2 の中部胴板と管板小曲縁部の応力分布

NII-Electronic Library Service

#### 258





(kg/mm²)

次に管支柱の対称面境界上での支持反力から,管支柱 に生ずる軸方向の応力を算出した結果を 図 20 に示す. 計測値がないため,計算値との比較検討はできないが, 図に示すように管板の小曲縁部に隣接する管支柱列が, すべて圧縮応力を生じている.これは 図 18 (a), (b), (c) の管板の変位と対応しており,下部胴に近い管支柱で最 大 19.65 kg/mm<sup>2</sup> の圧縮応力を生じているが,管支柱の 座屈が問題となるような値ではない.

なお定性的な論議ではあるが,該管支柱に隣接する煙 管は,漏水防止の見地から管板への拡管固着を十分行う 必要はあろう.

#### 5. 結 論

局部発生応力のは握を目的として、変位計測、応力計 測を行った乾燃室式丸ボイラ、コンポジット型コクラン ボイラについて、はん用弾性応力解析プログラム NKSAP1を用いて、変位解析、応力解析を行った結 果、次のような結論が得られた。

1) はん用弾性応力解析プログラム NKSAP 1 による 解析結果と,解析対象とした2例の補助ボイラでの実測 応力値,変位値を対比した結果,このプログラムを用い れば,実用上十分な解析精度で応力値,変位値の数値解 が得られることが確かめられた.したがって複雑な構造 物の解析にも,構造力学モデルとしての要件を,忠実に 繰り入れた解析モデルを設定しさえすれば,このプログ ラムを用いて実際の構造物に生ずる応力状態,変形状態 を実用上十分な精度では握し得ることが分かった.

2) 今回解析対象とした程度の補助ボイラでは,300 節 点前後の中規模の解析モデルを用いた粗い要素分割によ る有限要素解析を行った後,局部応力をは握したい部分 を含む100節点前後のズーミングモデルによる有限要素 解析を行えば,実用上十分な精度で局部発生応力値,変 位値をは握することができる.

3) 解析対象とした乾燃室式丸ボイラでは, 胴板と鏡板の接合にT継手形式を用いても, 継手部に生ずる局部発生応力は, 強度上問題を生ずるような値にはならない.

コンポジット型コクランボイラでは中部胴板,管板の 板厚,管支柱の配列のいかんによっては,中部胴板と管 板小曲縁部のスローブ端近傍で,過大な局部応力を生ず る危険があるが,本解析例では,使用状態で強度上問題 となるような応力値にはならない.

なお実際の補助ボイラでは圧力荷重による発生応力分 布,変位分布のほか,ボイラ起動時に,火炉,燃焼室等 で温度差により過渡的に生ずる熱応力が問題となるが, 実測例に乏しく,今回はこれらの解析を行っていない. 将来温度計測値を含めた一連のデータを得た時点で,熱 応力解析も行いたいと考えている.

今回の解析を行うに当たり,終始ご激励いただいた当 会技術研究所所長渋谷亭氏,種々ご教示いただいた機関 部次長星野次郎氏,電子計算機の使用に際しご配慮いた だいたコンピュータ室室長田代新吉氏,解析結果の図形 処理にご協力いただいた機関部馬場宣裕氏,小川禎二 氏,凌志浩氏,以上の各位に深く謝意を表します.

#### 参考文献

- 1) 日本海事協会"鋼船規則"昭和51年版
- 日本海事協会技研"NKSAP 1 仕様説明書" 昭和 51 年
- 3) 日本海事協会 会誌 36号"丸ボイラの応力測定"

- 20 -