

住友重機械工業(株) 正員 ○北原 俊男
 渡辺 明彦
 東京工業大学 正員 吉田 裕

1. まえがき

吊橋主塔の頂部には、サドルからの荷重を主塔の壁板にスムーズに伝達させるため、背の高いリブ板 (Deep Beam) で構成された格子状の補強構造が設けられる。この部分の変位および応力性状は、荷重条件が与えられれば、要素分割の十分な有限要素法 (FEM) による立体解析において、かなり正確に把握することができる。しかし、節点数の多大な FEM 立体解析を実行するためには、大容量の電算機と膨大な計算費用が必要となり、したがって、設計当初において最適な構造形式を選定する段階での実用的な方法とは言えない。

本文は、この補強構造部の設計資料を得ることを目的として、まず FEM 立体解析の解析精度を損なわずに、計算機の容量および計算時間を大巾に節減する“塔頂部格子構造解析専用プログラム”を開発し、次にこれを用いて幾つかの構造系について解析を行ない、結果を比較検討したものである。

2. 補強リブ板の設計システム

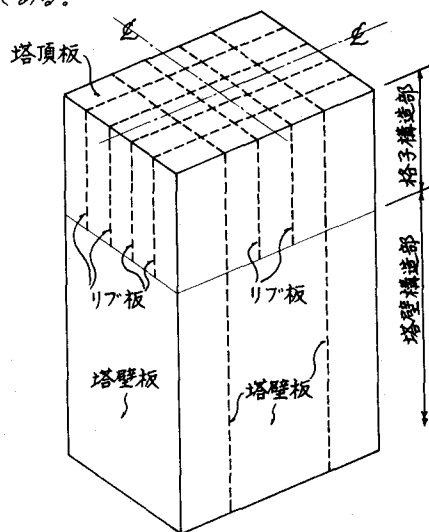
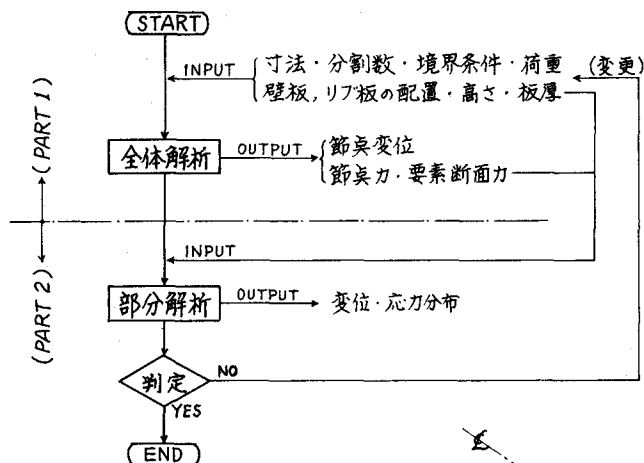


図-1 対象構造

3. 全体解析 (PART 1)

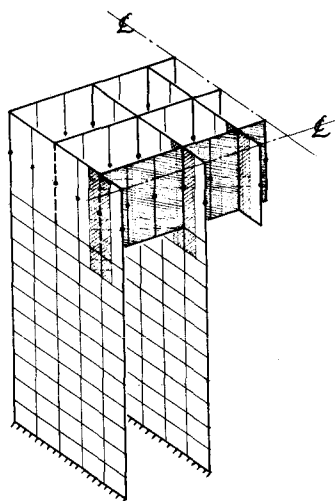
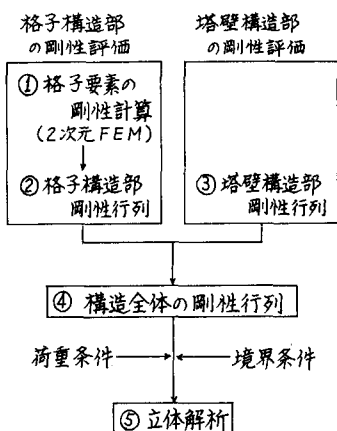


図-2 全体解析モデル

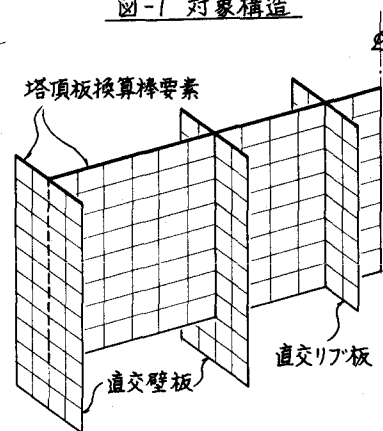
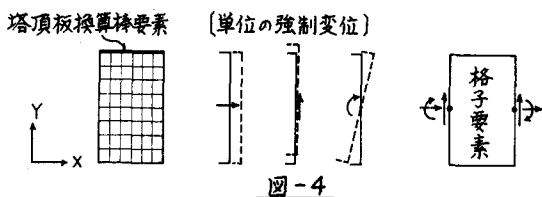


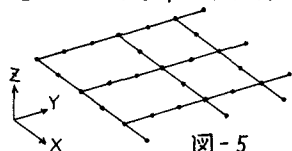
図-3 部分解析モデル

① 格子要素の剛性計算

図-4のように2次元FEM解析により面内剛性を計算し、これに面外剛性を加えて、1つの格子要素につき12×12の剛性行列を作成する。



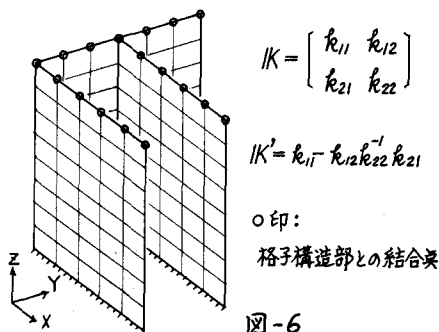
② 格子構造部の剛性行列



①で作成した各要素の剛性行列に座標変換を施して組み合わせ、図-5のような格子構造部の剛性行列を作成する。

③ 塔壁構造部の剛性行列

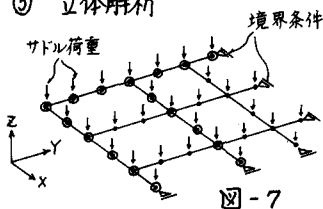
図-6に示す塔壁構造部の剛性評価として、境界処理を施した全体剛性行列を IK とし、格子構造部との結合変位 (○印変位) 以外の節変位を消去した剛性行列 (IK') を作成する。



④ 構造全体の剛性行列

格子構造部の剛性行列 (②) に塔壁構造部の剛性行列 (③) を加えて構造全体の剛性行列 (④) とする。

⑤ 立体解析



④の剛性行列を用いて、荷重条件・境界条件 (対称条件) を与えて解析を行ない、格子格点 (○, ●印変位) の変位、格子要素両端での断面力、および格子部と塔壁部との結合変位 (○印変位) の節変位等を OUTPUT する。この中の (2), (3) を次の部分解析 (PART 2) において荷重として INPUT する。

4. 部分解析 (PART 2)

図-2, 3に示したように、着目する1枚のリブ板をズームアップし、十分に細分して PART 1 で得られた各作用力を荷重として与え、2次元FEM解析により変位および応力分布を求める。抽出した“リブ板”に直交する部材 (塔頂板, 塔壁板, リブ板) の変位が、求めようとする“リブ板”の応力分布に与える影響が大きいので単なる平面解析ではなく、直交部材の立体的効果を考慮した解析とした。解析結果は、変位・応力リストの他にプロッターを用いて、要素重心での主応力図と節変位での $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ 分布図とが表示できるようにした。

5. 適用例

解析例および結果の比較等については紙面の都合により当日発表とする。

6. FEM立体解析との比較

汎用プログラム (NASTRAN) による立体解析と、今回開発したプログラム使用による解析との、計算時間および入力データ量について比較したものを表-1に示す。

7. あとがき

今回開発したプログラムは、塔頂専用として、データの作成・チェック・変更等の取扱いを容易にすると共に、非支配的な自由度を省略して計算容量・時間を大巾に節減したため、設計当初における各種のチェックを効率的、経済的に行なうシステムが開発されたものと判断される。

ただし、塔頂部に作用する荷重の分布は、サドル構造と塔頂構造との剛性の相互関係により、大きく変化することが考えられるため、今後、この点を含めてより一層充実したシステムにしたいと考えている。

表-1

	NASTRAN	PART 1	PART 2
	426節変		(細分)
計算時間(CPU)	16' 36"	0' 56"	9" (59")
入力カード枚数	901	45	66 (94)

(IBM S370/M158 使用)