

名古屋大学工学部 正員 福本 晴士
学生員 大森 和実

1. まえがき

主塔基部が固定され、塔頂がケーブルにより締結されているタワーの塔頂ケーブルを介して鉛直力と水平変位が伝達されるときのタワーの挙動に関して基礎的な考察を行なつた。水平変位にとりま、通常、塔頂には水平力が生ずるが、この水平力と鉛直力とは、たがい比例的載荷 (proportional loading) されることなく、タワーの曲げ剛性と水平変位をパラメーターとして非線形の関係になつてくる。タワーの断面構成の特徴は、縦横の補剛材をもつ補剛板パネルによって多室箱形断面が構成されており、かつ、変断面部材となっている。このような複雑な断面構成をもつタワーが、軸方向力と曲げをうけるときのタワーの変形挙動を明らかにするため、

- 1) 多室箱形断面からなり、溶接組立による残留応力分布を考慮しての曲げモーメント-曲率-軸方向力の関係 (M-φ-P 曲線) を求め、
- 2) この M-φ-P 関係をもとにして、タワーの弾塑性解析を数値積分法によって試行錯誤解析により求めたものである。

以下に、その方法について略述する。

2. 多室箱形断面形状の M-φ-P 曲線

断面を構成する板を小さな要素に分割し、断面の平面保持の法則、および理想弾塑性体としての鋼材の性質を用いて、それぞれの要素の力のつりあい条件をも

とにして、多室箱形断面形状の M-φ-P 曲線を求める方法をとつた。なお、任意の残留応力分布を解析に含ませることができる。

図1は、この曲線を求めるためのフローチャートを示す。

このチャートは、軸方向力 P/P_0 ($P_0 = A \sigma_y$) を一定としたときの曲げモーメント M と曲率 ϕ との関係を求めるものであり、その方法は、与えられた曲率中に対して軸方向縮み ϵ を変化させることにより (断面内のひずみ勾配はそのまゝにして平行移動させて)、 P のつりあい条件 $P = \sum \sigma_i dA_i$ を満足させ、そして曲げのつりあい条件 $M = \sum \sigma_i y_i dA_i$ から対応する曲げモーメントを求めた。図2は、数値計算結果の一例として、4種類の箱形断面の M-φ-P 曲線を、それぞれの仮定した残留応力分布を考慮した場合と、しない場合について求めたものである。また、同図には EI_e (断面の弾性部分のみの曲げ剛性) の EI に対する比を縦軸にとつたものを併記してある。こ

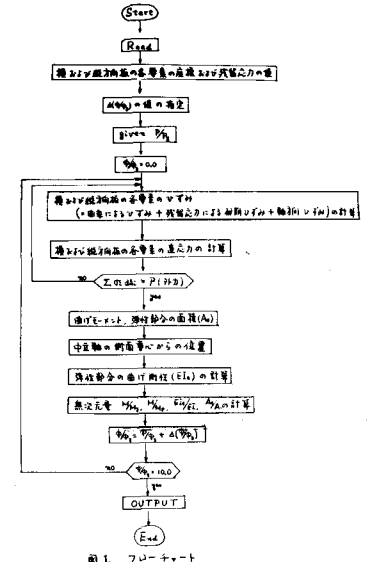
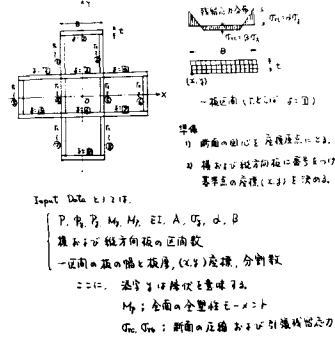


図1 フローチャート

これらの図から、M- ϕ -P 曲線を無次元化した形で表示してあるので、用いた残留応力分布の場合には、箱形の数がそれほど敏感に M- ϕ -P 曲線を変えるものではないことがわかる。

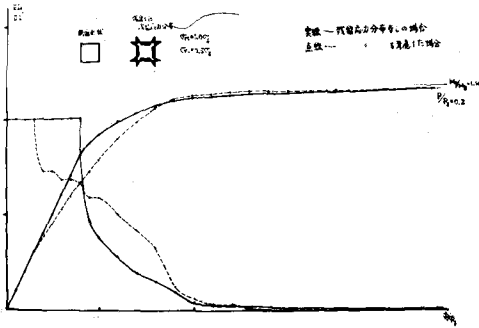


図 2(a) 1 箱形断面形状の M- ϕ -P 曲線

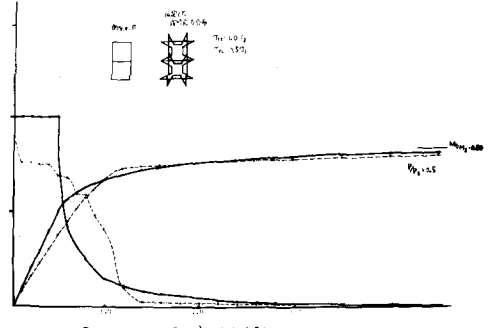


図 2(b) 2 箱形断面形状の M- ϕ -P 曲線

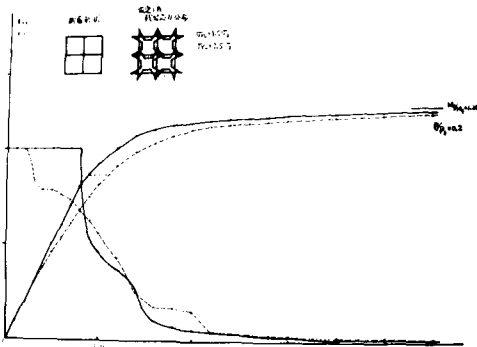


図 2(c) 4 箱形断面形状の M- ϕ -P 曲線

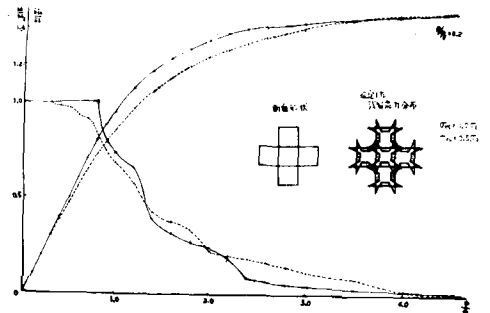
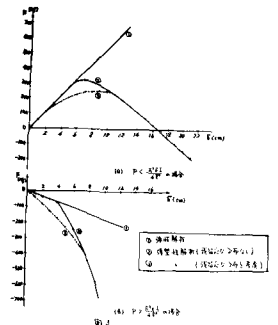


図 2(d) 5 箱形断面形状の M- ϕ -P 曲線

3. 主塔の弾塑性解析法

吊橋全体系から与えられる塔頂の鉛直力 P と水平変位 S をもとにして、タワーがつりあり形を保つためのたわみ形状、ならびに塔頂の水平力 F を求めるのに、2. で求めた M- ϕ -P 曲線を用いて、タワーの長さを n 区間に分割し、分割した区間では等断面として、たわみは円弧で表わされ、かつ微小であると仮定した数値積分法による。図 3 は、数値計算結果の一例として、つぎの 3 つの場合、1) 弾性解析、2) 弾塑性解析 (残留応力分布なし)、3) 弾塑性解析 (残留応力分布を考慮)、について単一箱形等断面柱の P = 一定としたときの塔頂の変位 S と水平力 F との関係を示したものである。図の (a) は、 $P < \pi^2 EI / 4l^2$ の場合であり、(b) は、 $P > \pi^2 EI / 4l^2$ の場合に対応している。



4. あとがき

タワーの荷重-変形挙動を求めるのに、まず、多室箱形断面の曲げモーメント-曲率-軸方向力の相関関係を、溶接による残留応力分布を考慮して求めた。これをもとにして、タワーの弾塑性たわみ変形を求めたものであり、タワーの耐荷力を求めるための基礎資料となれば幸いである。

[参考文献] 1) 国広, 藤原, 井川「吊橋主塔の極限耐荷力」土木技術資料 14-5, 土木研究所, 昭和 47 年

2) 草間孝志「偏心圧縮柱の荷重・変形性状に与えるひずみ硬化の影響」土木学会論文報告集, 第 184 号, 1970 年 12 月