
長大吊橋の塔頂サドルと塔頂部の構造解析

Structural Analysis on the Saddle and Tower Head of a Long Spanned Suspension Bridge

堀川 浩甫(Kosuke Horikawa) 石原 徹(Toru Ishihara) 森 徹郎(Tetsuro Mori)
溝田 久和(Hisakazu Mizota) 佐藤 政勝(Masakatsu Sato)

要旨：

塔頂サドルの設計・製作上の問題点を把握するため大鳴門橋級の長大吊橋を想定し、サドルに作用する外力分布の算定と、それに基づくサドルと塔頂部の構造解析を有限要素法により行った。構造解析では、特に塔頂部の剛性の影響を考慮し、接合面に棒要素を配置して一体化した連成立体解析と塔頂部をバネ要素に変換し、そのバネ定数を変化させることによる塔頂部剛性のサドルに及ぼす影響の検討とを行った。ケーブル荷重は、応力が集中する溝型鞍部を除けばサドル各部に比較的良好に分散し、塔頂部の補強格子構造から塔柱に円滑に伝達される。サドル底面の反力分布はサドルの剛性が塔頂部に比べて大きいほど両側方向に広がる傾向をもつ。底面付近を除けばサドル内の応力分布は塔頂の剛性の影響をほとんど受けない。

Synopsis：

An analysis using the finite element method was performed on the stress in the saddle and tower head for a better understanding of problems related to the planning and production of saddles, especially the effect on the saddle of the stiffness of the tower head structure. The saddle was assumed to be coupled with the tower head structure by bar elements for a coupled three dimensional analysis, and then the stiffness of the tower head structure was represented by spring elements to perform other two dimensional analyses with some variation of the spring constant. Except for the cable receiving grooves of the saddle where stress is concentrated, the stress is distributed almost uniformly in the saddle and disperses smoothly into the grating girders of the tower head. The reaction on the coupled plane tends to disperse more toward both ends of the plane in the transverse direction with an increase in stiffness of the saddle compared with that of the tower head. Tower head stiffness has negligibly small effect on the stress distribution in the saddle except for the bottom plate and its neighborhood.

本文は次のページから閲覧できます。

長大吊橋の塔頂サドルと塔頂部の構造解析

Structural Analysis on the Saddle and Tower Head of a Long Spanned Suspension Bridge

堀 川 浩 甫*

Kosuke Horikawa

石 原 徹**

Toru Ishihara

森 徹 郎***

Tetsuro Mori

溝 田 久 和****

Hisakazu Mizota

佐 藤 政 勝*****

Masakatsu Sato

Synopsis:

An analysis using the finite element method was performed on the stress in the saddle and tower head for a better understanding of problems related to the planning and production of saddles, especially the effect on the saddle of the stiffness of the tower head structure. The saddle was assumed to be coupled with the tower head structure by bar elements for a coupled three dimensional analysis, and then the stiffness of the tower head structure was represented by spring elements to perform other two dimensional analyses with some variations of the spring constant. Except for the cable receiving grooves of the saddle where stress is concentrated, the stress is distributed almost uniformly in the saddle and disperses smoothly into the grating girders of the tower head. The reaction on the coupled plane tends to disperse more toward both ends of the plane in the transverse direction with an increase in stiffness of the saddle compared with that of the tower head. Tower head stiffness has negligibly small effect on the stress distribution in the saddle except for the bottom plate and its neighborhood.

1. まえがき

吊橋の塔頂サドル(以下サドルという)は、塔頂部でケーブルを支承し、その荷重を主塔の塔壁に伝える主要な構造物であり、鋳鋼または鋳鋼と鋼板の溶接組立によって製作される。

最近架設された関門橋、平戸大橋ならびに今後

建設が予定されている本四連絡橋にみられるように、吊橋はますます長大化されつつあり、それに伴ってサドルも大型化される傾向にある。しかし、サドルの大型化、厚肉化に対しては新たな製造上の問題が伴ううえに、現場における架設作業の関係から重量も制約されるため、通常の鋳鋼品よりも高い設計応力をとる場合が多い。これらの要求に対応し、合理的で信頼性の高いサドル設計を行

* 東京都立大学工学部助教授・工博

*** 水島製鉄所企画部設計室主任(掛長待遇)

***** エンジニアリング事業部建設技術部構造技術センター主任(掛長待遇)・工博

(昭和52年9月30日原稿受付)

** 水島製鉄所企画部設計室主任(課長待遇)

**** 水島製鉄所企画部設計室

うには、サドルの応力解析が有力な手段となる。しかし過去にこの種のサドルに対する解析例は少なく、従来の実績による経験的な判断に頼っているのが実情である¹⁻³⁾。その原因としては、サドルの形状および荷重分布が複雑なこと、サドルと塔頂の境界のモデル化が困難なことなどがあげられる。

本報は、本四連絡橋の大鳴門橋⁴⁾クラスの長大吊橋をモデルとして応力解析したものである。解析にあたっては特にサドルに作用する外力の計算およびモデル化の手法に重点をおいて、有限要素法⁵⁻⁶⁾による応力解析を行った。このようにして、サドルと塔頂の剛性を考慮した応力分布、荷重分散および塔頂の剛性がサドルに及ぼす影響などを明らかにし、従来のサドル構造に対する検討を行った。

2. 吊橋モデルとサドルの荷重分布計算

サドルはU溝形の鞍部でケーブルを受け、その荷重は底部円周面のケーブル直角方向の法線力、ケーブル方向の接触面の摩擦力およびケーブルの扁平化に伴う側壁面の水平力に分けられる。これらの荷重の分布は、ケーブルの構成や形状、摩擦係数などによって変わるため厳密な算定は困難であるが、ここでは摩擦係数のとり方に一定の仮定をおき、素線単位の力の釣合条件に基づく計算モデルにより算出した。

2.1 吊橋モデル

解析の対象とした吊橋の一般図および荷重条件を Fig. 1 に示し、サドルの形状寸法を Fig. 2 に示す。吊橋のケーブルの主な仕様は次のとおりであ

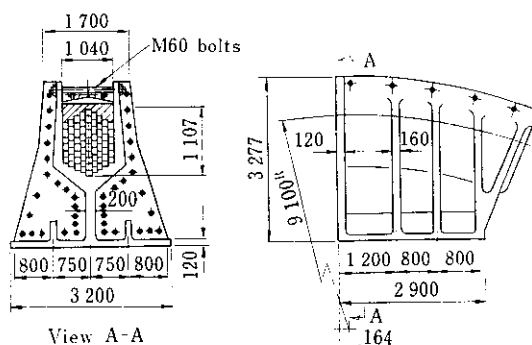


Fig. 2 Dimensions of the saddle

る。

- (1) ケーブルの最大張力：39 600t
- (2) ケーブルの直径：1 070mm
- (3) 素線の直径：5mm
- (4) ケーブルの構成ストランド総数：61
- (5) ストランドの構成素線総数：592本
- (6) ケーブルの構成素線総数：36 112 本

2.2 サドルに作用する荷重

2.2.1 計算方法

- (1) ケーブル軸方向の荷重分布

鞍部底面に作用する法線力および摩擦力のケーブル軸方向の分布は、摩擦係数を一定とすると Fig. 3 に示す力の釣合いから次式で与えられる。

$$T_C = T_{C0} \cdot \exp(-\mu\theta) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$W_C = \frac{T_C}{r} = \frac{T_{C0}}{r} \cdot \exp(-\mu\theta) \quad \cdots \cdots (2)$$

$$F_C = \mu \cdot W_C = \frac{\mu \cdot T_{C0}}{r} \cdot \exp(-\mu\theta) \quad \cdots \cdots (3)$$

ここに、

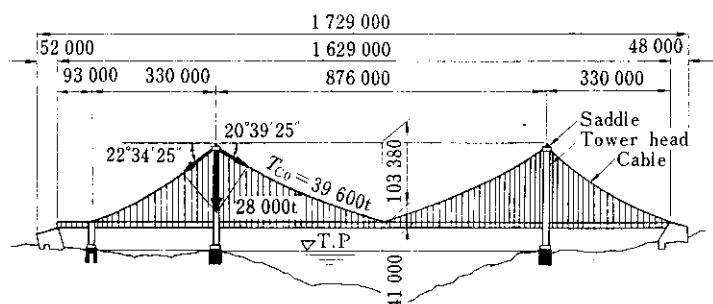
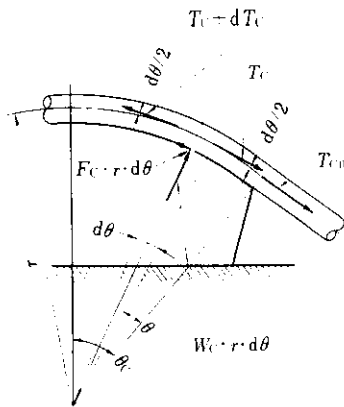


Fig. 1 Dimensions of the suspension bridge



Refer to eqs.(1),(2) and (3) for T_C , F_C and W_C

Fig. 3 Force components in a cable mounted on the saddle

- T_{C0} : サドル端部におけるケーブル張力
 T_C : 角度 θ の位置におけるケーブル張力
 W_C : 単位長さあたりの法線力
 F_C : 単位長さあたりの摩擦係数
 r : ケーブル中心における曲率半径
 μ : ケーブルとサドル面間の摩擦係数
 θ : サドル端部からの角度(rad)

(2) ケーブル横断面の荷重分布

サドル内でケーブルの各ストランドは Fig. 2 に示すような矩形状に納められ、素線は Fig. 4 に示すように配列されているものとする。ケーブル横断面の荷重分布は、素線の法線力 W を基本荷重として素線単位の力の釣合条件から求めた。素線は位置関係によって下図の 5 種類に分類し、そのタイプごとに釣合条件式を導いた。素線内の文字は

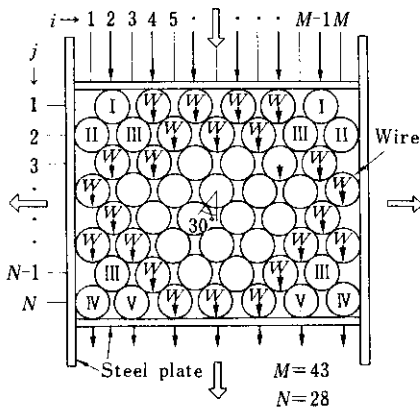


Fig. 4 Arrangement of wires inside the cable strand

配列タイプを表し、タイプ I は仕切板に上部で接し、タイプ II, IV, V はそれぞれ仕切板に側部、側部と下部、下部にて接し、タイプ III はストランド内部にあって素線にのみ接しているものを示す。(1)~(3)式を用いて上層から下層の素線群へ順次荷重分布を求め、その値を累積加算することによってサドル内全体の荷重分布を求めた。Fig. 5 にその計算手順を示す。素線の法線力 W は同一断面内では一定であると仮定し、次式の値を用いた。

$$W = \frac{W_C}{N_C} = \frac{T_{C0}}{N_C \cdot r} \cdot \exp(-\mu\theta) \quad \cdots \cdots (4)$$

ここに、

W : 素線 1 本あたりの法線力

N_C : ケーブルを構成する素線総数

(1)~(3)式において、各接点での摩擦係数は不定であるが、同一素線内では 1 接点での値を定めると他は力の釣合いから定まるので、その最大値を各素線共通の一定値に設定した。ケーブルは締付ボルトによって垂鉛フィラを介して固定されているので、そのボルトが降伏するまで締付けられるものとして法線力に加算した。

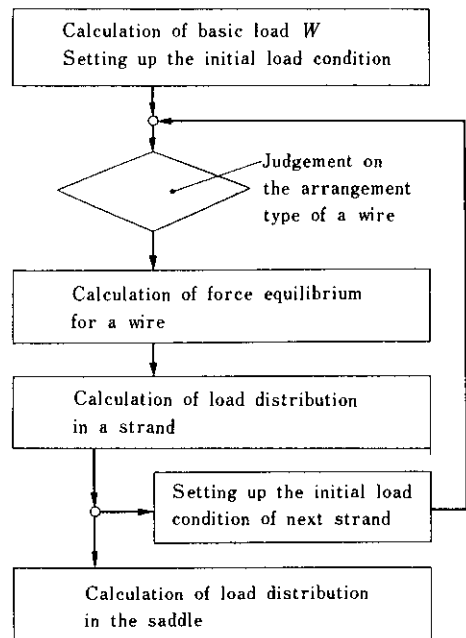


Fig. 5 Flow chart for calculating the load distribution in the saddle

2・2・2 計算結果

ケーブルとサドル壁面の摩擦係数および素線の接点での摩擦係数の最大値を 0.15 として計算した結果、次の荷重分布を得た。

(1) ケーブル軸方向の荷重分布

ケーブル軸方向の荷重分布は、(1)～(3)式に $T_{C0}=39\,600t$ 、 $r=9\,100mm$ 、 $\mu=0.15$ を代入して得られ、指数分布をなす。 T_c 、 W_c 、 F_c とも端部より中央部に向かって減少する傾向にあり、中央部と端部の相対差は約 6% である。

(2) ケーブル横断面の荷重分布

ケーブル横断面の荷重分布の計算結果を Fig. 6 に示す。図のように鉛直方向、水平方向ともに線形分布をなしている。これらの結果は従来の経験値ともよく一致しているので、以下の応力解析の荷重条件として採用した。

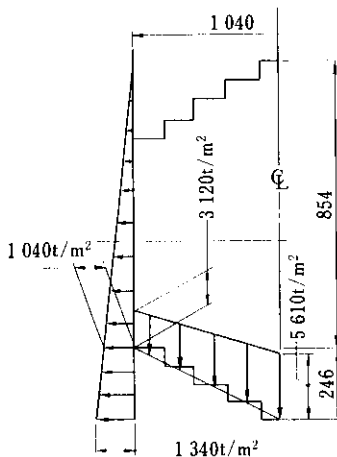


Fig. 6 Load distribution in the cross section of the saddle

3. サドルと塔頂部の連成一体解析

サドルと塔頂部は相互に剛性の影響を受けるため、各々を単独に解析しても実際の力学的挙動を示しているとは言えない。したがって相互の剛性の影響を考慮するため、両者を連成させ有限要素法^{5,6)}を用いて立体解析を行った。

3・1 解析方法

3・1・1 サドルと塔頂部の連成方法

サドルと塔頂部の接合面は、鉛直方向の荷重は伝達するが水平方向には接合面の摩擦力に相当する荷重しか伝達しない。有限要素法は連続体を解析の対象としており、このような接合面を含む構造物を直接解析することはできないが、ここでは水平方向の摩擦力は無視し、接合面に鉛直力だけを伝える棒要素を挿入することによって両者を連成し、一体構造として有限要素法を適用することにした。

棒要素の特性としては、接合面での両者の相対変位量が零となるよう剛棒とすることが望ましいが、あまり剛性を大きくすると棒要素の変形量が接合面の変位量に比べて著しく小さくなり計算機の処理上不都合を生じるので、そうした支障を生じない程度の剛性を与えた。

なお、プログラムは NASA(米航空宇宙局)の開発による大型構造解析汎用プログラム「NASTRAN」の「基本静解析」を使用した。

3・1・2 解析モデル

解析モデルを Fig. 7 に示す。塔頂部の解析範囲は鉛直方向の変位がほぼ平衡状態に達するとみられる 10m に限定した。適用した要素の種類と特性を Table 1 に示す。サドルには主として立体要素を、塔頂部には平板要素を適用した。計算条件を Table 2 に示す。A ケースは上記の解析モデルによる連成解析である。B ケースはケーブル側圧の影響をみるため A ケースより側圧を除いたものであり、C ケースは連成解析と比較するために底面を固定したサドルの単独解析である。

荷重条件は 2・2 で得られた結果を採用し、解析モデルの各節点で 3 次元方向に比例配分した。ただし B ケースについてはケーブル側圧を省略している。

3・2 解析結果

解析結果については、次に述べる 4. の解析結果とあわせて後述の 5. において考察を加えるので、ここでは立体解析結果の対応図番を示すにとどめる。

Fig. 9 にサドルの各点の橋軸方向の応力分布を

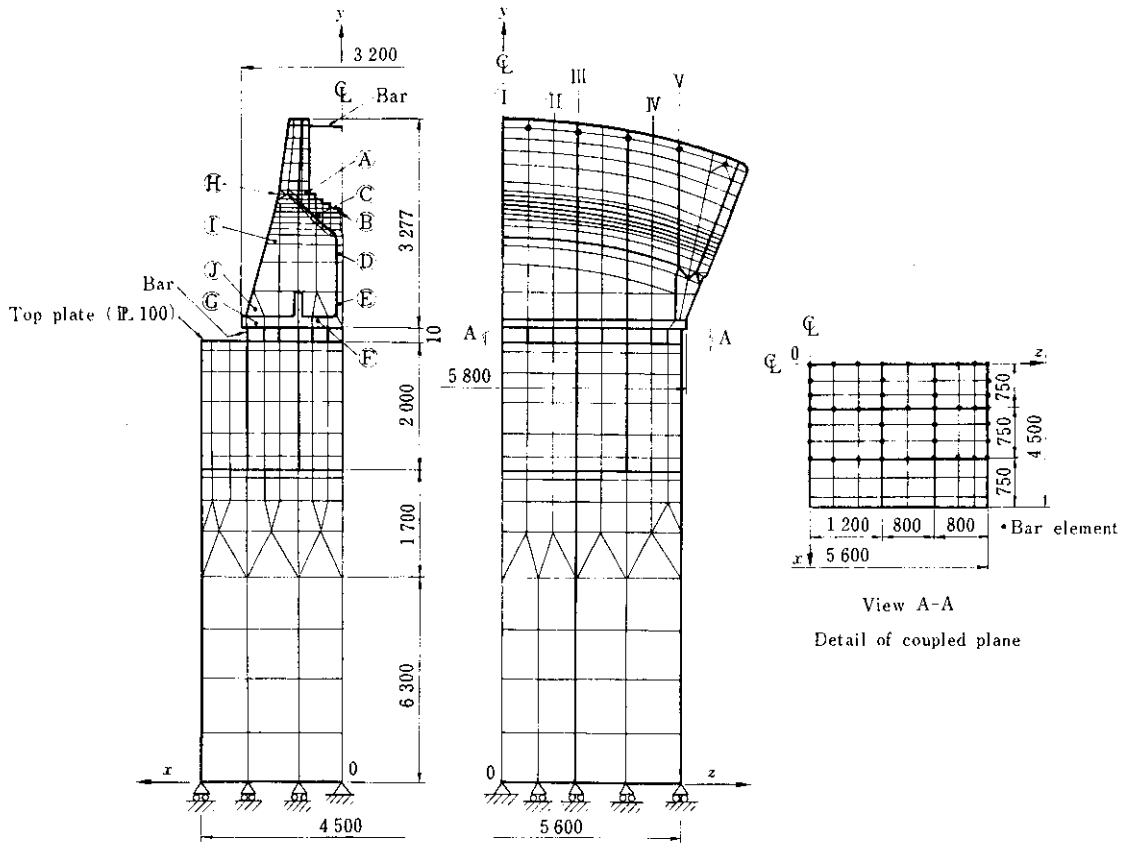


Fig. 7 Finite element mesh of the saddle and tower head for 3 dimensional analysis

Table 1 Properties of elements applied for 3 dimensional analysis

		Element		Nodal point		
		Type	Number	Degree of freedom	Condition of strain	Number
Saddle	Main body and bottom plate	Solid	558	3	3 dimension	1 072
	Rib	Plate	258	5	Membrane Bending Membrane shear	
	Tie bolt	Bar	5	1	Extension	
Coupled plane		Bar	43	1	Extension	—
Tower head		Plate	630	5	Membrane Bending Membrane shear	579
Total		—	1 494	—	—	1 651

応力成分別に示し、Fig. 11 に接合面に挿入した棒要素の軸力から求めた格子交点での接合面の反力分布を示す。また Fig. 12 には塔頂部の頂板の

たわみを示す。さらに Fig. 15 と Fig. 16 は塔頂部の応力分布を応力成分別に示したもので、応力値は平板要素の表面での応力を表している。

Table 2 Conditions for 3 dimensional structure analysis

	Main analysis	Sub analysis	
	Case A	Case B	Case C
Type of model	Saddle coupled with tower	Same as case A	Saddle only
Effect of horizontal pressure by cable load	Considered	Not considered	Considered
Condition of coupled plane	Arranged bar element on each nodal point of the grating girders	Same as case A	Fixed on bottom of saddle
Number of elements	1 494	1 494	821
Number of nodal points	1 651	1 651	1 072

4. 塔頂剛性をバネに置換したサドルの解析

塔頂の剛性の変化がサドルの応力分布に及ぼす影響を検討するため、塔頂の剛性を代表させたバネ要素でサドルを支持し、そのバネ定数を変化させて有限要素法により平面解析を行った。

また、3.の連成解析は計算機容量の制約から要素分割が比較的粗くなっているため、この解析では集中応力の評価もできるように要素分割を細かくした。

4.1 解析方法

4.1.1 塔頂剛性のバネ要素への変換

塔頂がサドルの応力分布に与える影響は、鉛直方向の剛性によるものと見なせる。したがって、塔頂部を平面格子桁にモデル化し、その鉛直方向の剛性を示す剛性マトリックスを求め、その対角要素で与えられる独立バネ定数 K_0 によって塔頂剛性を近似した。

平面格子桁モデルの剛性マトリックスは、格子桁の各節点の鉛直方向に順次単位荷重をかけたときのたわみ量よりたわみ性マトリックスを求め、その逆行列として求めた。

なお、塔頂の平面格子桁モデルの解析は日本ユニバック(株)の開発による骨組構造解析用プログラ

ム「FRAME」を使用し、サドルの平面解析は当社開発の有限要素法による平面応力解析用プログラム「GYK10/A」を使用した。

4.1.2 解析モデル

解析モデルを Fig. 8 に示す。サドルは分割面より2番目のリブを中心とした断面で代表される平面モデルとし、塔頂の格子交点の位置で独立バネで支持されるものとした。バネ定数の与え方は、塔頂の格子交点 P, Q, R のバネ定数 k_P, k_Q, k_R をサドル底面の隣接節点に分配し、 $k_1 = k_P/4$, $k_2 = k_Q/2$, $k_3 = k_R/2$ とした。モデルの分割は節

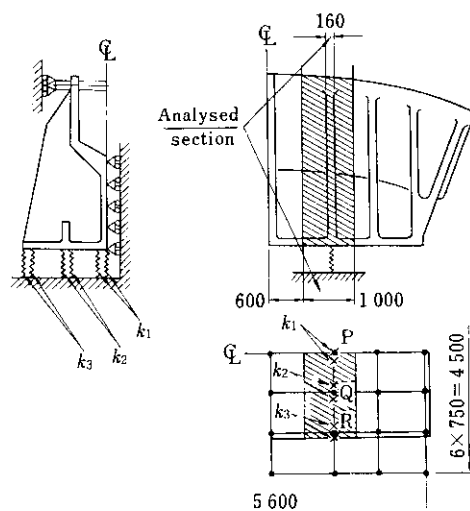


Fig. 8 Finite element model of the saddle for 2 dimensional analysis

点数 736, 要素数 434 である。

計算条件を Table 3 に示す。支持条件のバネ定数としては塔頂剛性を近似した前述のバネ定数 K_0 のほか、塔頂剛性の影響を検討するため、 $K_0/10$ および剛板に塔載した例を示す無限大をも設定した。

Table 3 Conditions for 2 dimensional structure analysis

Case No.	1	2	3	4	5	6
Supporting condition on coupled plane K	∞	K_0	$K_0/10$	∞	K_0	$K_0/10$
Thickness of analyzed section t (mm)	1 000			160		

K_0 : Independent spring constant equivalent to the stiffness of tower (kg/mm)

$$K_0 = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9198 \times 10^6 \\ 1.293 \times 10^6 \\ 1.136 \times 10^6 \end{bmatrix}$$

サドルの解析断面の厚さ（以下解析厚という）としてはリブの厚さの影響をみるため、リブを中心に橋軸方向に幅 1 000mm と 160mm を選び設定した。

荷重条件は 2・2 で得られた結果を採用し、解析

厚範囲内の荷重を解析モデルの該当する節点に比例配分した。

4・2 解析結果

Fig. 10 にバネ定数 K_0 の場合のサドルの応力分布とバネ定数の変化に対するサドル各点の応力変化を示す。また Fig. 13 にバネ剛性および解析厚の変化に対するサドル底面の反力分布を、また参考のため立体解析による反力分布もあわせて示す。これらに関する考察は後述する。

5. 解析結果の考察

連成立体解析および平面解析の結果より、サドルと塔頂部の特性について検討する。

5・1 サドルの応力分布

(1) 応力分布の傾向

サドルの応力分布は、Fig. 9 に示すように鉛直方向の成分 σ_y が支配的である。分布の傾向としては、鞍部と底板を結ぶ中央のウェブ材の応力が上部から下部に向かって減少するとともに、橋軸直角方向のリブ材の応力がリブの両下端部に向けて増加していく傾向を示している。これより鞍部を支えるリブ材は橋軸直角方向の荷重分散に対し

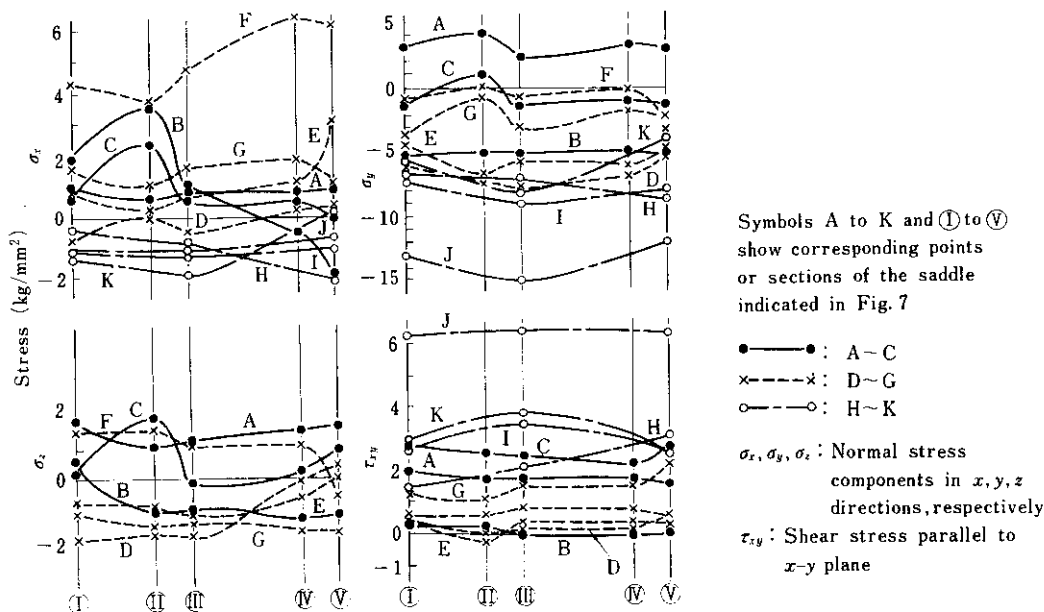


Fig. 9 Normal and shear stress distributions in the saddle

てかなり有効であるといえる。応力レベルは局所的な応力集中を除くとほぼ 15kg/mm^2 以下にあり、全体として比較的よい分散を示している。

(2) 鞍部の溝底面の応力集中

Fig. 10 に示すように、ケーブルを受ける鞍部の溝段付部の隅には局所的な応力集中がみられる。その最大値は側壁との交線にそって生じ、隅角部の曲率半径を 10mm とした場合に約 29kg/mm^2 になる。溝の底面を階段状にする構造では、この高い集中応力について考慮する必要があるだろう。

(3) 塔頂の剛性による影響

塔頂の剛性は、Fig. 10 に示すようにサドル上部の応力分布にほとんど影響しない。しかしサドルの下部、特に底板については後述の接合面の荷重分布の変化に対応する影響がみられる。

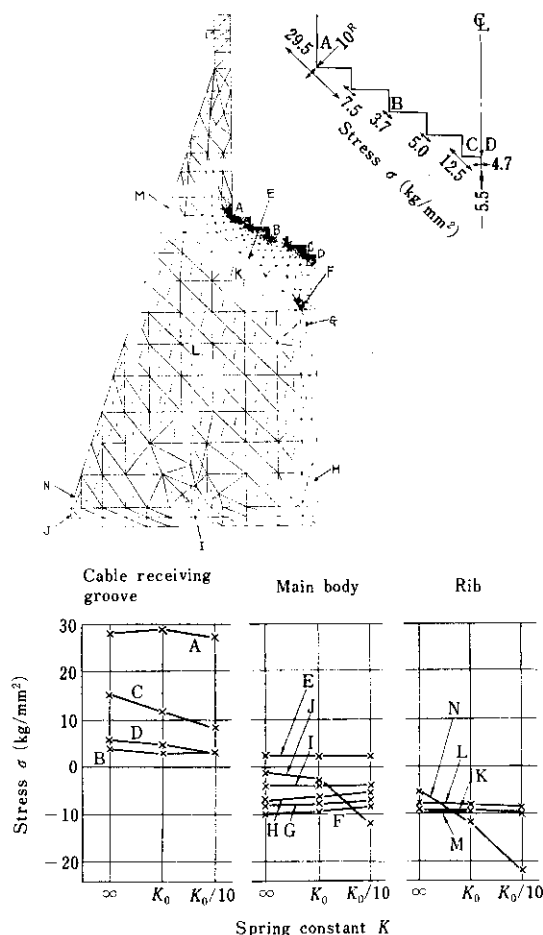


Fig. 10 Principal stress distribution in the saddle

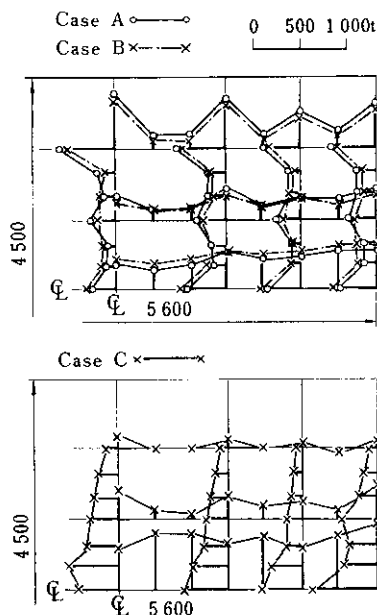


Fig. 11 Distribution of reaction on the coupled plane

5.2 サドルと塔頂部の接合面の荷重分布

(1) 荷重分布の傾向

接合部の荷重分布は、Fig. 11 に示すように塔頂の補強格子の交点の荷重が格子梁上の荷重よりはるかに大きく、塔頂部での荷重伝達は主として格子交点を介して行われているといえる。その分布の傾向は接合面の全域にわたって比較的よい分散を示しているが、橋軸方向には端部がやや大きい凹面形の分布を示し、橋軸直角方向では両端に

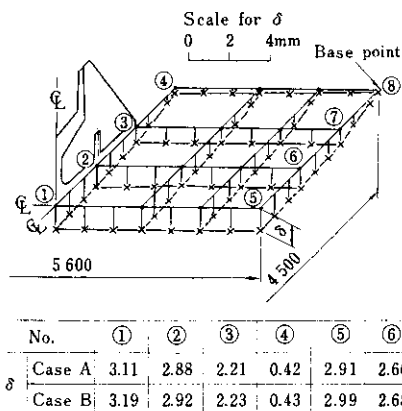
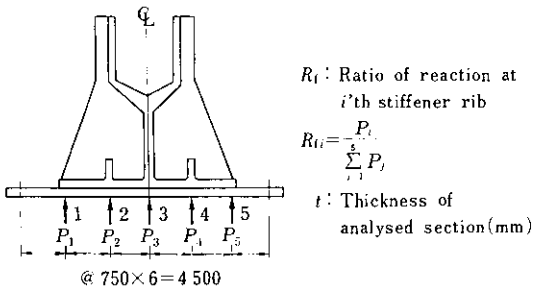


Fig. 12 Distribution of deflection δ on the top plate of the tower

集中する傾向を示している。塔頂板のたわみは、Fig. 12 に示すようにサドル底面が接する面ではほぼ均等であり、荷重分布の傾向とよく対応している。この傾向はサドルの剛性が塔頂の剛性に比べて十分に大きいことによる結果であると思われる。

(2) 塔頂の剛性による影響

立体解析による接合面の荷重は、Fig. 11 に示したように塔頂剛性と連成させたケース A と塔頂を完全剛体としたケース C でまったく異なった分布傾向を示している。これはサドルと塔頂部が相互に剛性の影響を強く受けることを示すものであり、構造解析を行う場合には相互の剛性を考慮することが不可欠であるといえる。塔頂の剛性変化の荷重分布への影響を、支持バネの剛性を変化させた平面解析の結果(Fig. 13 参照) からみると、バネ定数 K が小さいほど、すなわち塔頂の剛性が小さいほど荷重分布が均一になる傾向がみられる。また解析厚が小さいほど、すなわちサドル端部の剛性の割



K	2 dimension		3 dimension	
	∞	—○—○—	—●—●—	
	K_0	—○—○—	—●—●—	
	$K_0/10$	x---x	—●—●—	

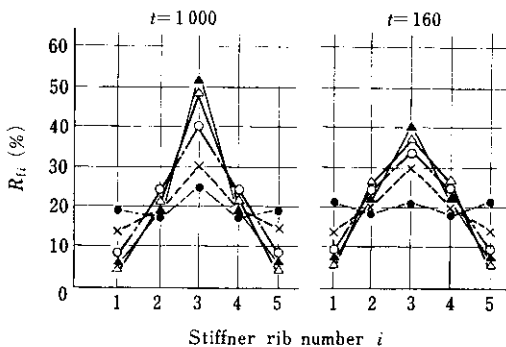
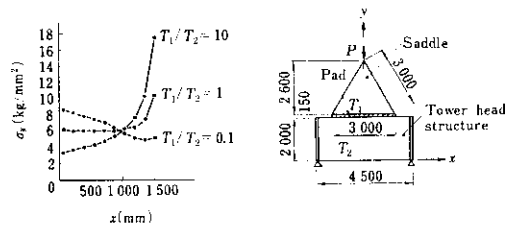


Fig. 13 Reaction distribution on the coupled plane by 2 dimensional analysis in comparison with 3 dimensional analysis

合が大きいほど荷重分布は均一になる。以上の結果より塔頂部の剛性がサドルの剛性に比べて大きい場合は、中央部に集中した3角形分布となるが、塔頂部の剛性が相対的に低下するにしたがって分散し、均一分布からさらに端部に集中した谷形分布になるものと考えられる。この関係は Fig. 14 に示す堀川らの研究結果⁷⁾ともよく一致している。この図から、サドルと塔頂部の剛性比(板厚比)の増大につれて荷重が両端に分散する傾向が明らかに認められる。また解析厚の異なる解析結果から、荷重分布はサドルと塔頂の剛性比によるだけでなく、中央部と端部の剛性の比によっても変わることが指摘できる。すなわち相対的に端部の剛性をあげても、荷重分布の端部への分散がよくなる。Fig. 13 には立体解析と平面解析を比較



P : Load T_1 : Thickness of saddle plate

T_2 : Thickness of tower head plate

Note on the analysis: The tower head structure and the saddle are simulated to the plate elements for analysis by 2 dimensional finite element method as shown in the right figure; then the stress of the pad is regarded as the reaction at the bottom plate of the saddle.

Fig. 14 Reaction distribution at the bottom plate of the saddle⁷⁾

してあるが、あまり一致しているとは言えない。サドルに影響する塔頂の剛性は各節点で相互に影響を及ぼし合う連成されたバネで置換すべきであるが、平面解析では独立バネを使用したため近似が十分でなかったものと思われる。平面解析でサドルを塔頂に連成させるためには連成バネの適用やバネ定数などを考慮したモデル化が必要であろう。したがって Fig. 13 は荷重分布の変化の傾向をみるにとどめ、その値については立体解析の結果によるのが妥当である。

(3) ケーブル側圧の影響

サドルの荷重条件よりケーブル側圧を除くと、Fig. 11 に示したように接合面の荷重分布はやや中

央に集中する傾向がみられるが、その差はほとんど無視できる程度である。これは側圧が左右対称に作用するため、タイボルトおよびサドル上部の内力として打消され塔頂部にまでその影響を及ぼさないことを示している。したがって、塔頂部を目的とする解析にはケーブル側圧による影響は少なく、これを無視しても解析結果にはほとんど影響しない。

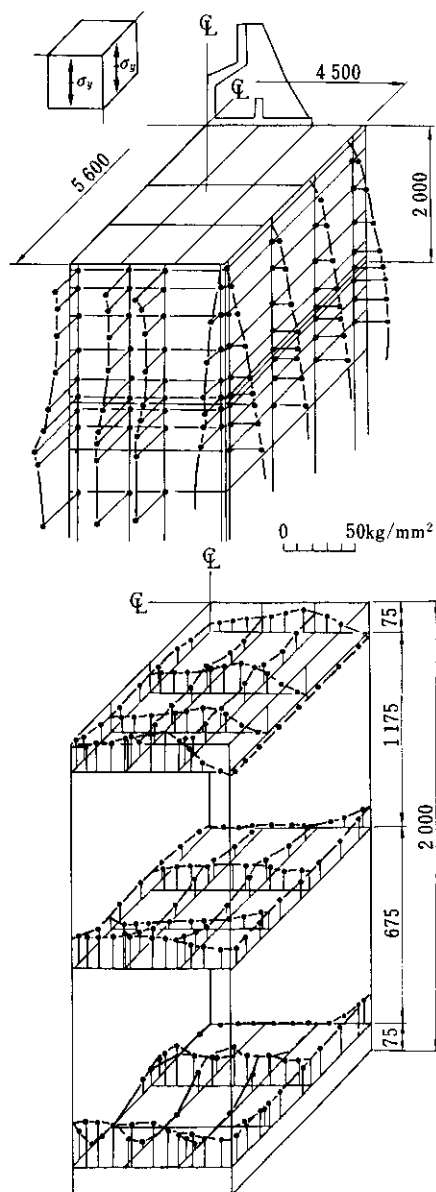


Fig. 15 Normal stress distribution in tower head structure in y direction

5.3 塔頂部の応力分布

(1) 側壁への荷重伝達傾向

塔頂部の応力もサドルと同様に鉛直方向成分 σ_y が支配的である。Fig. 15 によりその傾向をみると、塔頂付近ではサドルが塔載された面内の各部材でほぼ一様に受けているが、下部に向かうにしたがって側壁および隔壁に向かって徐々に分散されている。この傾向は補強格子リブが荷重の分散に対してかなり有効であることを示している。

(2) 補強格子の応力分布

塔頂上部の補強格子部材は、前述の σ_y の傾向に加えて Fig. 16 に示すように面内曲げ応力 σ_x , σ_z もかなり大きな値になる。特にリブ下端の引張応力は 20kg/mm^2 に達し、 σ_y の応力レベルと同程度の値を示している。この傾向は塔頂構造が Fig. 12 の頂板の変形になじんでいることを示している。また、Fig. 15 および Fig. 16 に示すように格子リブの応力成分 σ_y , τ_{xy} , τ_{yz} は、側壁および隔壁との交線に集中傾向が見られる。しかし、この応力集中は σ_x , σ_z も含めてリブ下端部に偏っているため、リブ接合部にハンチなどを設けることによってかなり緩和できるものであろう。

6. ま と め

以上の解析結果をまとめると次のとおりである。

- (1) サドルの応力は、リブ材が有効にはたらいて底板に対し比較的良好な分散を示している。しかし、鞍部の溝の段付部には高い応力集中がみられる。
- (2) 塔頂の剛性がサドルの応力分布に与える影響は底板付近を除いて比較的少ない。
- (3) サドルと塔頂部の接合面の荷重分布は、相互の剛性の影響を大きく受ける。その分布は塔頂の剛性がサドルの剛性に比べて小さいほど端部に分散する傾向を示す。解析モデルとした吊橋は、接合面の荷重分布の傾向からサドルの剛性が塔頂の剛性に比べて相対的に高い例であるといえる。
- (4) 接合面の荷重分布に及ぼすケーブル側圧の影響は無視しうるほど小さい。
- (5) 接合部の荷重分布は、塔頂部の補強格子の交

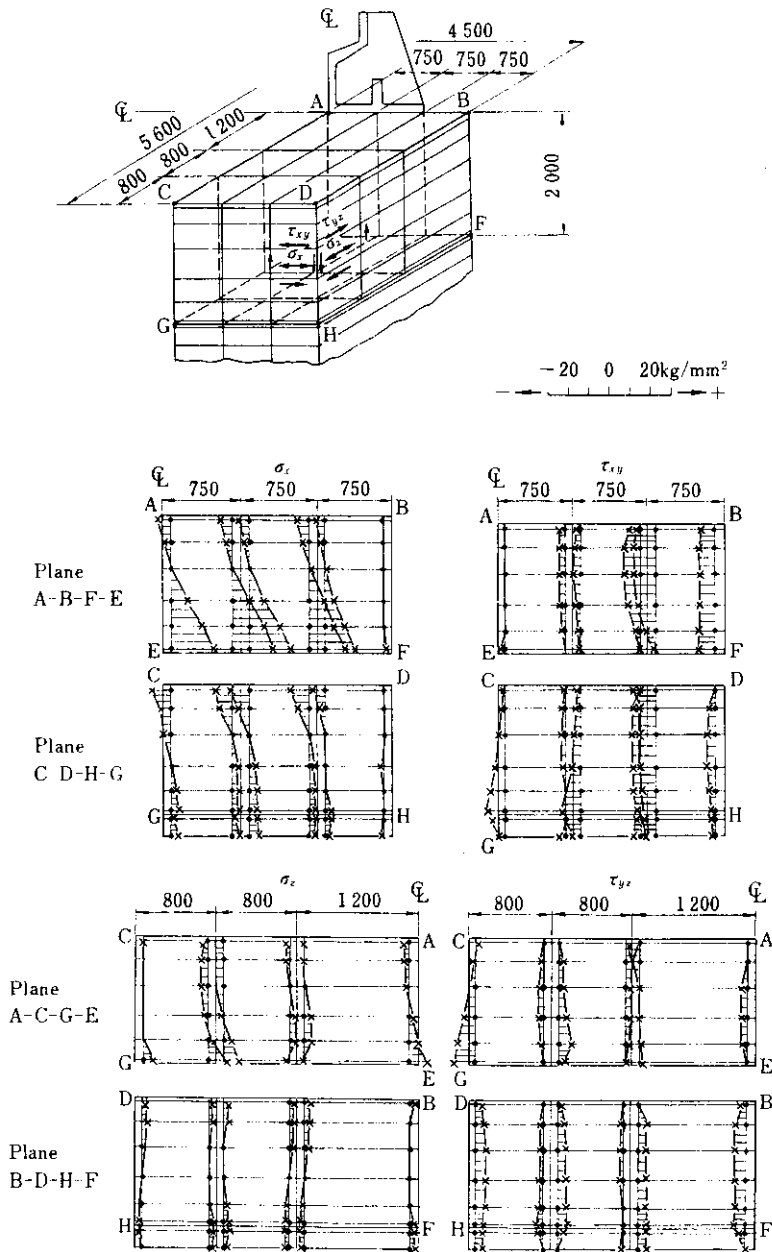


Fig. 16 Normal and shear stress distributions in tower head structure

点で高い値を示している。

(6) 塔頂部の荷重分散には補強格子リブが有効にはたっている。

(7) 塔頂部の格子リブの側壁または隔壁との交線の下端部には応力が集中する傾向がみられる。

本解析は、サドルを塔頂の剛性と連成させることに重点を置いて、大鳴門橋クラスの長大吊橋モ

デルについて行ったものである。したがって、サドルに関しては平面解析をも併用し細部の応力値まで求めたが、塔頂部はかなり粗い分割になっているので、その細部の応力を評価するにはさらに細分割した解析が必要である。しかし実物に近いモデルの解析であるので、サドルおよび塔頂部の構造検討や信頼性の向上に対し有益な情報が得ら

れたものと考えている。本報告が吊橋の大型化に 政大学山下清明助教授に深く感謝するしだいであ
対し何らかの形で参考になれば幸いである。 る。

なお、この解析に貴重な御意見をいただいた法

参 考 文 献

- 1) 高田, 村上: 関門橋上部構造の概要とその特長, 土木施工, 11 (1970) 11, 34
- 2) 村山, 佐伯, 古道: 関門橋上部構造の設計概要 (その2), 土木施工, 12 (1971) 1, 51
- 3) 小松, 福島, 坂上: 吊橋主塔における頂部基部の設計について, 第11回日本道路会議論文集, 第4部会, (1973), 461
- 4) 本州四国連絡橋公団編: 大鳴門橋下部工準備工事, 橋梁と基礎, 11 (1977), 4
- 5) O. C. Zienkiewicz: マトリックス有限要素法, (1970), [培風館]
- 6) R. K. Livesley: マトリックス構造解析入門, (1968), [培風館]
- 7) 鈴木, 堀川: サドルの底面反力に及ぼす剛性の影響, 第5回土木学会関東支部年次研究発表会, (1978年春発表予定)