

大阪大学溶接工学研究所 学生員 鈴木 博之
大阪大学溶接工学研究所 正員 堀川 浩南

1) はじめに

吊橋の長大化に伴い、塔頂サドル(以下サドルと略記する。)も大型化している。サドルは主塔の頂部に設置されるので、軽量であることが好ましい。アレータの溶接組立によって製作されたサドルは鉄鋼製のサドルに比べ軽量であり、長大吊橋のサドルに適していると考えられる。溶接組立によって製作されたサドルは構造上の応力集中箇所と溶接箇所が一致し、その箇所の強度がサドルの耐力を支配すると言っても過言でない。従って、合理的で信頼性の高い溶接組立サドルの設計を行なうためには、まずケーブル荷重が作用した場合のサドルの溶接部近傍の応力分布を把握する必要がある。

2) 解析モデル

解析モデルを図-1に示す。サドルと塔頂部のように剛性の異なる構造物の接合部においては互いの剛性の影響を受けるので、本研究においては塔頂部を含めた解析モデルを使用した。直接ケーブルが接する鞍部を簡略化し棒要素($A=1200\text{ cm}^2$)に置き換えた。塔頂部の頂板がサドルの応力分布に及ぼす影響は少ないと考えられるのでこれを省略した。実構造物ではサドルから塔頂部へ鉛直荷重は伝達されるが水平方向には摩擦力に相当する荷重しか伝達されない。従って、接合面に棒要素を挿入し、水平方向荷重を無視し鉛直方向荷重だけを伝えることとした。作用荷重はサドルの曲率の中心に向かう等分布荷重と仮定した。

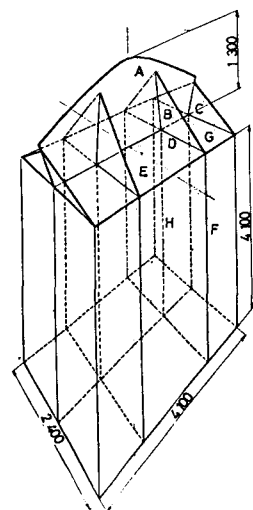


図-1 解析モデル

計算ケースは設計の際に考えられる3種類の設計理念を取り上げた。

1. ケーブル荷重をすみやかに塔頂部に伝達しようとする場合($T_A = T_B = T_E = 10.0\text{ cm}$, $T_B = T_C = T_F = T_G = T_H = 1.0\text{ cm}$)。

2. ケーブル荷重をサドルで分配し直接塔壁に伝達しようとする場合($T_A = T_C = T_F = T_G = 10.0\text{ cm}$, $T_B = T_D = T_H = 1.0\text{ cm}$, $T_E = 0.5\text{ cm}$)。

3. ケーブル荷重をサドルである程度分配し、さらに塔頂補強構造によって塔壁に伝達しようとする場合($T_A = 2.5\text{ cm}$, $T_B = T_C = T_D = T_F = T_G = T_H = 10.0\text{ cm}$, $T_E = 5.0\text{ cm}$)。

T_A は主ウェブAの板厚、 T_B , T_C はリブB, Cの板厚、 T_D は底板Dの板厚、 T_E , T_F , T_G , T_H は隔壁E, Fおよび塔壁F, Gの板厚である。ケース1と2については剛板上においた場合(塔頂部の剛性を考慮しない場合)の解析も行なった。

解析は平面応力要素と棒要素を組合せた有限要素法である。

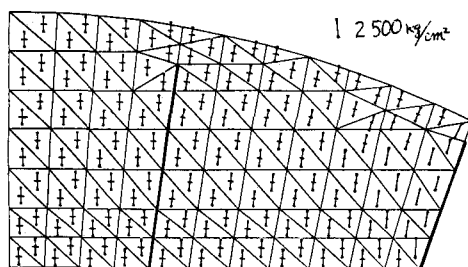


図-2 主ウェブA(ケース1)

3) 解析結果と考察

ケース1の主ウェブAの主応力図を図-2に示す。鉛直方向応力が支配的であり、リブB, Cがほとんど働かず主ウェブAがケーブル荷重を伝達していることがわかる。最下段の要素にも引張応力が生じていないことから、主ウェブAは曲げを受けていないことがわかる。ケーブル荷重をすみやかに塔頂部に伝達しようとする場合には主ウェブ直下の隔壁の剛性は高い方が良く考えられる。従って、このような場合には主ウェブ直下に塔頂補強構造として隔壁が配置されている必要がある。サドルを剛板上においた場合の解析もほぼ同様の結果が得られた。

ケース2の主ウエブAの主応力図を図-3に示す。ケーブル荷重がリブCに向けて伝達されている様子がよくわかる。下段の要素に引張応力が生じていることから、主ウエブAは曲げと受ける梁としての性質を示している。ケーブル荷重をサドルで分配して直接塔壁に伝達しようとする場合には主ウエブ直下の隔壁の剛性は低い方が良く考えられる。従って、このような場合には主ウエブと隔壁または塔壁は同一平面内にはない方が好ましい。サドルを剛板上においた場合の解析はケース1と類似の結果となった。それ故、ケース2のような場合には塔頂部を含めた一体解析を行なう必要がある。

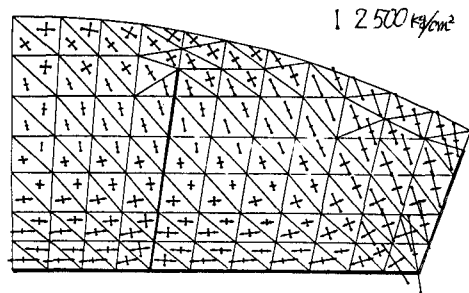


図-3 主ウエブA(ケース2)

リブCの主応力図を図-4に示す。主ウエブAから伝達された応力がリブC内であまり分散されずに塔壁Gに伝えられている。従って、このような場合には塔壁GはリブCから集中荷重を受けることになるので、この部分に対する補強が必要であると考えられる。

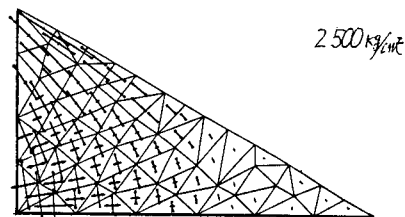


図-4 リブC(ケース2)

底板Dの主応力図を図-5に示す。主ウエブAが曲げと受ける梁としての性質を示したことによって、底板Dが主ウエブA、リブB、Cのフランジとして作用したために大きな応力が発生している。ケース2のような場合には底板は荷重分配に対して有効に作用すると言える。本研究においては鞍部を簡略化したか、底板と同様に考えると鞍部を構成する平板にも主ウエブ、リブのフランジとしての作用があると思われる。

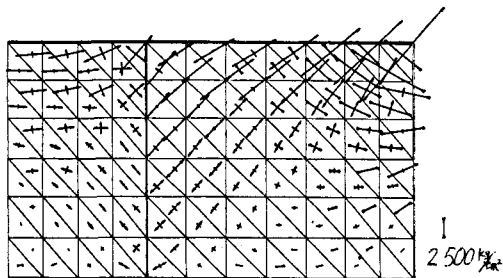


図-5 底板D(ケース2)

ケース3のリブBの主応力図を図-6に示す。主ウエブAから伝達された応力が分散され隔壁Hに伝えられていく様子がよくわかる。このように主ウエブの剛性に対してリブの剛性が適切なのであるならば、リブは橋軸直角方向の荷重分配に対してかなり有効であると言える。ただし、塔頂部の剛性が非常に高い場合にはケース1、2のサドルを剛板上に置いた場合と類似の結果になると予想される。

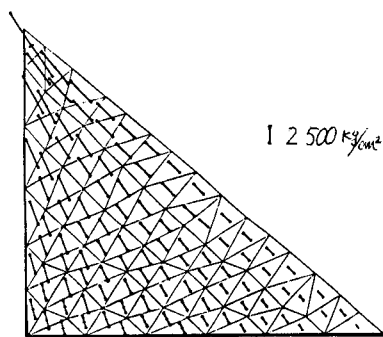


図-6 リブB(ケース3)

4) おわりに

本研究はサドルを簡略化したモデルを使用したか、実際に近い境界条件のもとで解析を行なったので、サドルを構成する主ウエブ、リブ、底板それぞれの応力分布および荷重分配作用に対し有益な結果が得られた。さらに、塔頂補強構造としての隔壁および塔壁の構造特性がサドルの応力分布に及ぼす影響についても明らかになった。

応力集中のきびしい容接箇所のような細部の評価を行なうためには、さらに詳細な解析が必要であろう。

本研究は堀川の東京郡立大学在職中にはじめられ、堀川の大阪大学転任後は伊藤文人教授の御指導の下につづけられ、鈴木の大阪大学連学使は上げられた。記して伊藤文人教授はじめ東京郡立大学の関係者への謝辞とする。

関連論文：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

鈴木、堀川「サドルの底面反力に及ぼす剛性の影響」土木学会第33回年次学術講演会講演概要集