

本州四国連絡橋公団 正会員 岡野 哲  
住友重機械工業(株) 正会員 ○武内 隆文  
住友重機械工業(株) 大野喜久雄

### 1. はじめに

長大橋主塔の塔柱断面には一般に長方形断面が採用されるが、この場合、主塔の架設時及び独立状態時等において、風による渦励振などの不安定振動の発現が予想される。多くの場合、この振動に対し何らかの制振対策が実施されている。ここでは、空力制振対策法の一つとして、塔柱断面の四隅に四角形の隅切り部を有する隅切り断面を取りあげ、隅切り断面の形状とその制振効果について、二次元剛体模型を使用した応答計測（風速－応答：V－A計測）の結果から考察を加える。

### 2. 風洞実験概要

一様流中、二次元剛体模型を用いたバネ支持実験で、V－A計測を行った。対象とした隅切り断面の寸法表示を図1に示す。実験は長方形断面を基本に、隅切り量を大きく変化させていく実験と、最適隅切り形状を求める実験とに大別される。前者の実験では、図1に示す通り、流れ方向の隅切り長さSを一定とし、流れ直角方向の隅切り量Tを変化（Tの変化にともない $\theta$ も変化）させ、後者の実験では、図4に示す通り、主として流れ直角面の長さD及び塔柱間隔Bを変化させるが、入射角 $\theta$ 及び、偏角 $\beta$ も変化させ、それぞれのパラメータが応答に及ぼす影響を個別的・総合的に調べることにする。

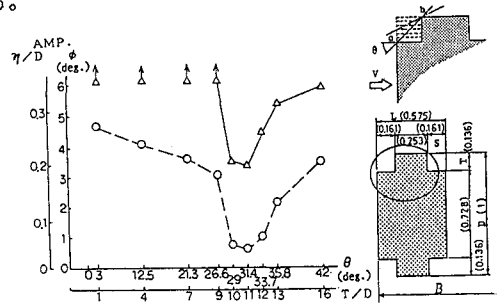


図1 隅切り量T/Dと最大応答値

### 3. 風洞実験結果及び結果の考察

3.1 隅切り量と制振効果・・・(1) 長方形断面から隅切り量Tを大きくしていくと、図1に示す通り、 $T/D=0.10\sim0.11$ において極小値をもち、隅切りがそれより大きくても、小さくても耐風性は悪くなることが分った。図2に示すV－Aから判断すると、矩型断面に近い断面では、 $V\eta=5.5\sim6.5$ 付近と $V\eta=7.5$ 付近の2風速で曲げ渦励振の発現がみられ、 $T/D$ の増加と共に $V\eta=7.5$ の渦励振が小さくなっている。 $T/D=0.10\sim0.11$ で最小となった後、 $T/D$ の増加に従って、今度は $V\eta=6$ 付近の渦励振が大きくなっていく傾向にある。

(2) 現在までの研究報告<sup>1)・2)</sup>から判断すると、 $V\eta=6$ 付近の曲げ渦励振は、みかけ2本の塔柱を一体とした図3(a)に示す前縁剝離型の渦励振であり、 $V\eta=7.5$ （St.数=0.13）付近の曲げ渦励振は、図3(b)に示す上流側柱から放出される単柱からの渦放出に起因する、完全剝離型の渦励振ではないかと考えられる。

(3) すなわち、本主塔断面における隅切りは、曲げ渦励振に対しては、単柱（上流側柱）としての渦放出に起因する完全剝離

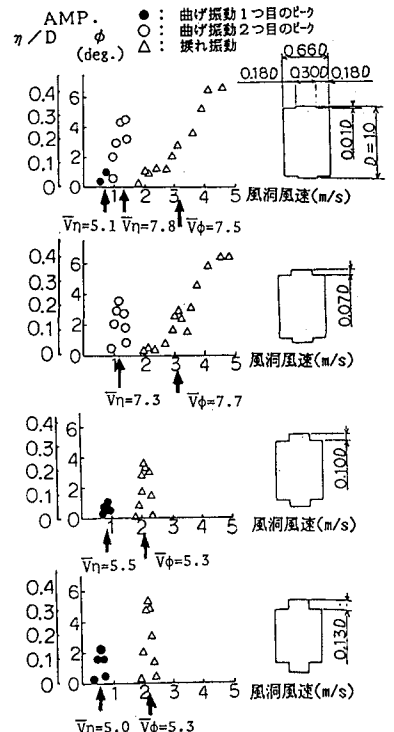


図2 隅切り断面V－A図

型の渦励振を大きく抑制し、又、2本柱を一体とした前縁剝離型の渦励振もかなりの値にまで小さく抑える効果をもつものと理解される。＜但し、 $V\eta$ ：換算風速 $=V/(f\eta\cdot D)>$

### 3.2 最適隅切り形状の選定・・・以上の実験において塔柱

隅切り断面形状のうち、 $T/D$  が重要なパラメータであり、渦励振振幅に対して極値を示すことが判明したので、続いて断面形状のうち塔柱間隔 $B$ 、塔柱見付け幅 $D$ 、並びに入射角 $\theta$ により最適となる $T/D$ の値が変化するかどうかを調べ、最適隅切り形状として、いかなる形状が考えられ、その場合の応答値がどの程度のものなのかを把握し、空力制振対策法としての隅切り断面对策がどの程度まで期待しうるものなのかについて検討を加える。

(1) 図4に示す、 $B/D=4$  付近において、 $B$ と $D$ を変化させた断面A、B、Cを対象として実験を実施した。この場合、入射角 $\theta=30^\circ$ として、断面A、B、Cについて $T/D$ を変化させた。 $T/D$ とそれぞれのケースでの最大応答値の関係を示したものが図5であるが、結果から言うと、今回実施した $B/D \approx 4$  (3.87～4.19)の範囲においては、いずれの断面についても $T/D=0.105$ において応答は最小となっている。

(2) 上記の3.1の(2)からすると、ここで現われている応答は $V\eta=5.5\sim 6$ において最大応答を示す前縁剝離型（図3の(a)）の渦励振と考えられるが、この渦励振に対しては $B/D=3.87\sim 4.19$ の間での $B$ の変化は大きな影響は及ぼさず、流れ直角面の幅 $D$ に対する隅切り量 $T$ が大きな影響を及ぼすものであることが分る。

(3) 更に、 $T/D=0.105$ に固定して、入射角 $\theta$ を変化させた場合の、応答への影響を図6に示す。この図から、 $\theta=30^\circ$ において渦励振は最小値を示し、 $\theta$ を $35^\circ$ 、 $40^\circ$ と増加させると応答が増大し、逆に、 $25^\circ$ と減少させると、比較的低風速において振れの発散型の振動が現われることが分かる。

(4) 又、偏角 $\beta$ を $5^\circ$ 、 $10^\circ$ とすると $\theta=30^\circ$ においても、 $\theta=25^\circ$ の $\beta=0^\circ$ の応答と同じように振れの発散振動が現れるようになる。従って、この結果からは、三次元構造物に隅切りを採用する場合、 $\theta=30^\circ$ 以上 $40^\circ$ 程度とするのが良いと考えられる。（但し、二次元実験・低風速域での渦励振に関しては、 $\theta=30^\circ$ の場合が良好である）

3.3 今後の課題・・・渦励振の発現が図3に示す機構によるものかどうかを可視化等により確認し、隅切り効果のメカニズムを明確にすることが必要である、と同時に、隅切り形状の僅かな変化により応答がかなり大きく変化するため、乱流に対する応答変化についても調べておく必要があるものと考えられる。

文献>1)白石・松本：充膜構造断面の渦励振応答特性に関する研究、土木学会論文報告集第322号1982年

2)武内・北原：タンデム角柱の断面形状と耐風性の関係について、第10回風工学シンポジウム、1988年

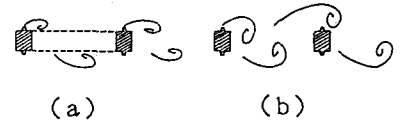


図3 断面からの渦放出の概念図

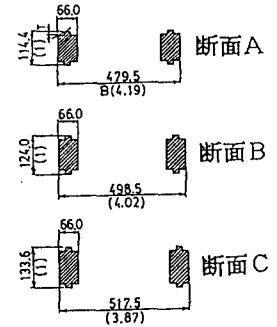


図4 最適隅切り形状実験用模型図

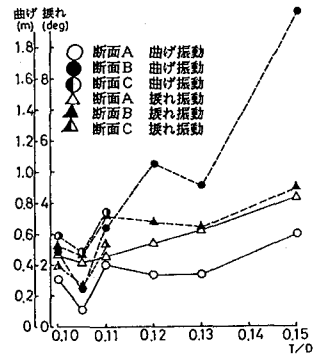


図5  $T/D$ と最大応答値  
(最適隅切り形状 $\theta=30^\circ$ 、 $\beta=0^\circ$ )

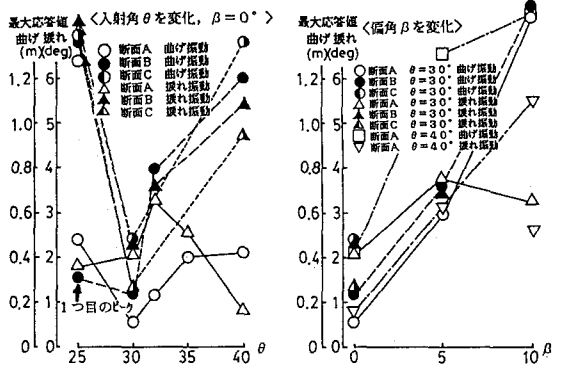


図6 入射角及び偏角の応答への影響 ( $T/D=0.15$ )