

I-320

長大斜張橋塔部の空力制振対策に関する実験的研究

京都大学工学部	学生員	長田 信	京都大学工学部	正員	白石成人
京都大学工学部	正員	松本 勝	阪神高速道路公団	正員	石崎 浩
京都大学工学部	正員	白土博通	リクルート	正員	松井俊彦

1. まえがき・・・本研究は現在建設が進められている長大斜張橋塔部（高さ150 m）のギャロッピング特性とその制振対策について実験的に検討を加えたものである。空力制振対策は断面ごとに対策が異なり、気流の乱れ、風の迎角によって効果が変化するため、現在の段階では試行錯誤的な選定に頼らざるを得ない。しかし、空力現象を根本的に抑制することが可能となり大きな制振効果を期待できるため、今後の発展が望まれる。本研究では塔柱断面に隅切を設けることで断面まわりの流れを変化させ安定化を試みた。

2. 2次元剛体模型空力特性・・・2次元剛体模型は塔基部より70%

高さの断面を用い、この断面を原型（ $B/D=1.46$ B, D は図1参照）とし、ここに $D/18 \sim 6D/18$ の正方形隅切を設けたもの（図1-a）について、たわみ一次に支持しV-A実験を行なった。なお、実験はいずれも橋軸方向の風を対象としたが、これはこの風向に対してギャロッピングが発現するためであり、実際、図2に示されるように原型断面では無次元風速 $Vr=9$ 付近からギャロッピングが発生している。また、 $3D/18$ 断面でも同様にギャロッピングが発生しているが、その中間の $D/18, 2D/18$ 断面は似た傾向を示し、低風速域での比較的小さな渦励振だけで、発散振動は認められなかった。一方、さらに大きな隅切である $6D/18$ 断面では渦励振と思われる大振幅振動が発現している。以上から $D/18, 2D/18$ 隅切が効果的と思われるが、このことは迎角に伴う定常圧力の変化からもうかがえる。図3に原型、 $2D/18, 3D/18$ 断面における上下面の測定結果を示す。原型断面では $\beta=4$ から上面、下面それぞれでの圧力回復、圧力低下の結果 $\beta=12$ で圧力差が最大となり、また $\beta=17$ において上下面の圧力が逆転している。これに対し $2D/18$ 断面では圧力差のピークが $\beta=3$ と極端に小さく、またピーク値も原型に比べ60%ほどに落ちている。さらに圧力逆転の迎角も $\beta=8$ であって、これらの値はすべて次の $3D/18$ 断面に比べても小さく、V-A実験で得られた $2D/18$ 断面の安定性を裏付けるものと思われる。次に $\beta=0$ での Cp 値を比較すると、 $2D/18$ 断面で最も低い値を示している。これは剥離せん断層が物体側面に接近した結果によると判断され、 $2D/18$ 断面が安定なのは隅切の効果で前縁での剥離が抑えられ、Wakeの幅が小さくなり後縁付近での再付着を促進するためと考えられる。一方、隅切が大きすぎると前縁で剥離した流れが隅切面に衝突し、ここで再び剥離を起すために剥離せん断層が物体側面から遠ざかり、側面圧力が回復すると思われる。これらの様子は水槽での可視化観察においても確かめられた。

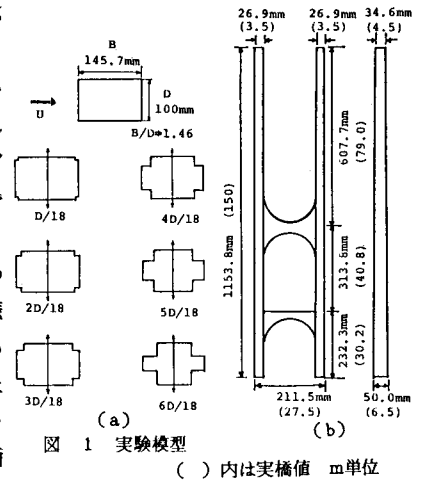


図 1 実験模型

() 内は実橋値 m単位

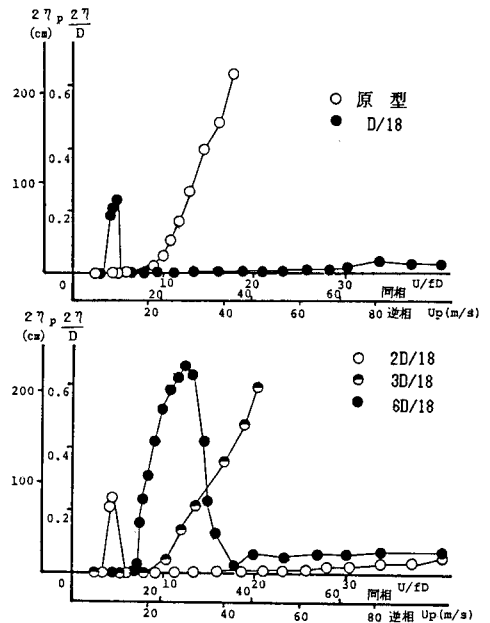


図 2 2次元模型応答図

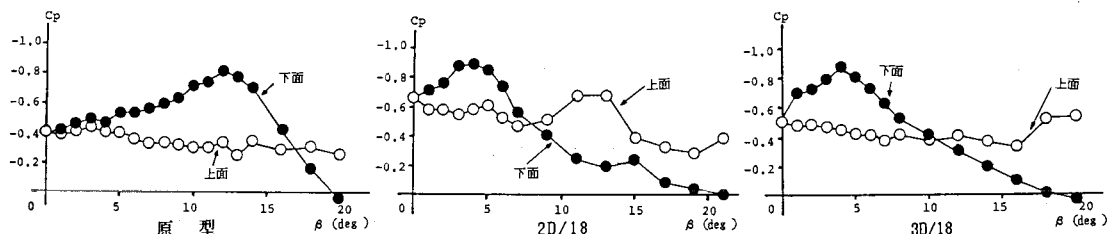


図 3 定常圧力特性

3. 3次元弾性全体模型空力特性・・・2次元実験の結果から 2D/18程度の隅切が効果的と考えられるが、これを踏まえ実況の1/130 縮尺モデル（図1-b参照）を用い実験を行なった。原型主塔では図4に示すように $Vr=8$ よりの渦励振からギャロッピングに移行している。次に塔の橋軸直角方向の各面にプレートを取り付け隅切を 1.6D/18とした場合の応答結果を図5に示す。原型に比べギャロッピングの発現風速が増加したものの大きな逆相の渦励振が見られ、2次元模型での安定効果は得られなかった。これは塔頂付近の断面が70%高さの断面より Bluff であって後縁部での再付着が不十分なためと判断される。実際、頂部9%のプレートを橋軸方向面に付け換え断面比を大きくし、隅切を 2D/18とすれば、図6のようにギャロッピングは認められず渦励振も小さなものとなった。このように隅切の抑制効果には断面比が重要な要素になると考えられ

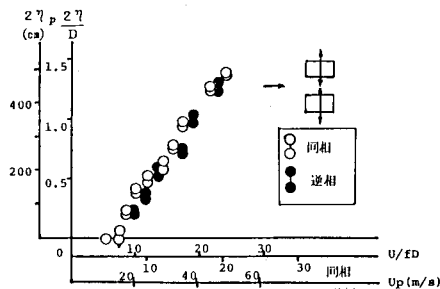


図 4 3次元模型応答図（原型）

る。図7はすべてのプレートを橋軸方向面に付設し一様に 2D/18隅切として実験を行った結果である。先ほどと同じく実橋換算風速100m/sまでギャロッピングは発生しなかった。また $Vr=11$ 付近に見られる逆相の渦励振も小さく、実橋ではケーブルによる乱れの効果などによりさらに小さくなると予想される。

4. まとめ・・・以上得られた結果をまとめると以下のようである。

1) 適度な大きさの隅切は前縁での剥離を抑える効果を持つ。このため、剥離せん断層が物体側面に近づき後縁部での再付着が促進される。隅切は小さすぎると剥離を十分抑えることはできず、また大きすぎると隅切面で再び剥離を起すため抑制効果が失われる。

2) 3次元模型の結果から、隅切は実構造物に対しても有効であると判断される。しかし、ギャロッピングの抑制効果には断面比が重要な要素になると考えられ、この点に関して注意深い検討が必要である。

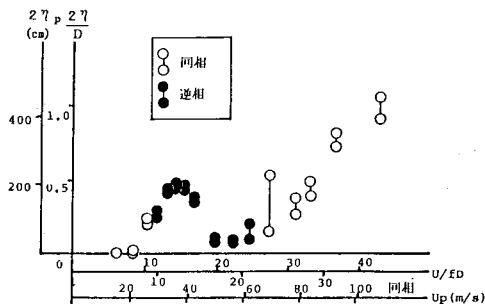


図 5 3次元模型応答図（1.6D/18）

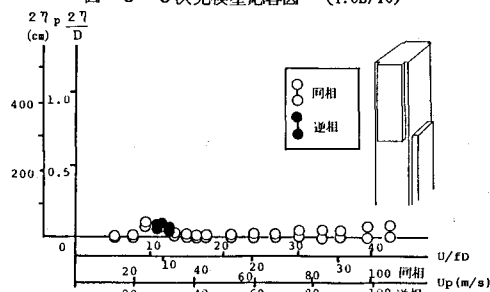


図 6 3次元模型応答図

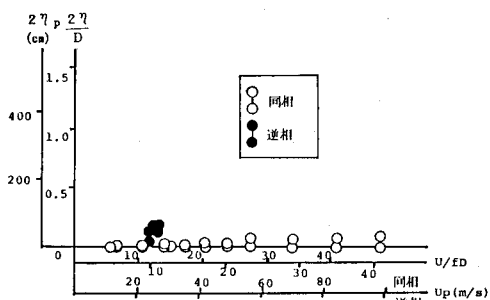


図 7 3次元模型応答図（2D/18）