

剥離干渉効果を利用した矩形断面柱の耐風制振法

九州工業大学・工学部 ○ 学生員 田崎 賢治
九州工業大学・工学部 正 員 久保 喜延
九州工業大学・工学部 学生員 小石 明
九州工業大学・工学部 学生員 幽谷栄二郎

1. まえがき 橋梁の架設中、主塔が単独で季節風の中にさらされることはまれではない。このとき、主塔には渦励振とギャロッピングの空力弾性振動が発生し、塔の基部に大きなモーメントが作用することになる。何らかの方法で、この空力弾性振動を抑制しなければならない。塔の制振法としてこれまで用いられてきた方法に、TMDによる制振や、隅切り、デフレクター、サイドプレート、スリットなどによる制振がある。本研究では、後者の空気力学的制振法として、図1に示すような制振板（以後突起と呼ぶ）を断面比 $B/H=1.2$ の矩形断面柱に取り付けることによって耐風制振が可能かどうかを検討する。このとき基本となる考え方は、図2に示すように、突起を施すことによって塔の表面上に2個の剥離点を設け、それぞれの剥離点からの剥離流の干渉効果により、空力弾性振動の原因となる有害な剥離渦の生成を抑制しようとするものである。そこで、2個の剥離点の位置関係を変化させて、剥離流の干渉現象の違いを把握すると同時に、応答特性への影響を考察することを目的とする。

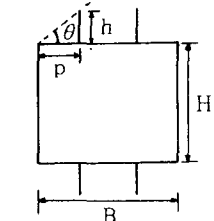


図1 制振板付矩形断面柱 (実験時、 $H=50\text{mm}$, $B=60\text{mm}$)

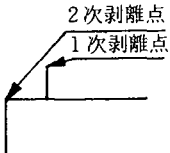


図2 2個の剥離点の定義

2. 実験方法 実験には、測定断面が $1.07\times 1.07\text{m}$ の風洞を使用し、たわみ1自由度振動実験を行った。実験に使用した模型は、図1に示すような断面比 $B/H=1.2$ の矩形断面柱に突起を取り付けたものである。実験パターンは、図1に示すように、突起高さ h と1次剥離点から突起までの距離 p をパラメータとして、様々に変化させて実験を行った。しかし、本論文では、剥離流の干渉現象の違いを考察し易くするために、突起高さ h を 9mm に固定して突起位置 p のみを、表1のように変化した場合について述べることにする。自由振動実験による応答特性の評価に加えて、スモークワイヤー法による可視化実験も行った。また、それぞれのパターンの渦励振風速域における耐風安定性の評価は、測定減衰率から構造減衰率を差し引いて求めた空力減衰率の形で行っている。なお、模型諸元として、模型の単位長さ当たりの重量は 1.551kgf/m 、模型の固有振動数は 8.579Hz 、構造減衰率は 0.0040 である。

表1 実験パターン

$h(\text{mm})$	$p(\text{mm})$	$\theta(\text{deg.})$	p/H
9	5	60.9	0.10
9	7	52.1	0.14
9	13	34.7	0.26
9	14	32.7	0.28
9	15	31.0	0.30
9	16	29.4	0.32
9	17	28.0	0.34

3. 実験結果 図3、図4は、それぞれ迎角 $\alpha=0^\circ$ における突起位置 $p/H=0.10, 0.14, 0.26$ と突起なしの場合の応答図および突起位置 $p/H=0.28, 0.30, 0.32, 0.34$ のときの応答図を示したものである。横軸には、換算風速 $V_r (=V/fH, V: \text{風速}, f: \text{固有振動数}, H: \text{模型高さ})$ を示し、縦軸には、無次元倍振幅 $2A/H$ を示している。これらの図によれば、突起位置 p/H が 0.10 および 0.14 のときは、共にギャロッピングが発生し、突起なしの場合よりも応答特性は良くない。ところが、突起位置 $p/H=0.26$ になると大きな渦励振に移行している。さらに、 $p/H=0.28, 0.30$ と突起位置を移動するにつれて、振幅も渦励振風速域も小さくなる。ところが、

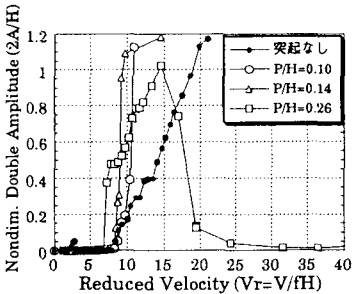


図3 応答図-1

$p/H=0.30$ よりも大きくなると、応答振幅は少しずつ大きくなっている。従って、突起位置 $p/H=0.30$ の場合が空力的に最も安定であると言える。この突起位置 $p/H=0.30$ は、2個の剥離点を結ぶ直線と模型表面とのなす角 θ が 30.1° となるときであり、この付近で剥離流の干渉現象が起こっていると考えられる。図5は、迎角 $\alpha=0^\circ$ で、渦励振が発生する突起位置 $p/H=0.26, 0.28, 0.30, 0.32, 0.34$ についての、渦励振域における、無次元倍振幅 $2A/H$ と空力減衰率 δa の関係を示したものである。この図によれば、各パターンで空力減衰率に大きな差はないが、突起位置 $p/H=0.30$ のときに最も空力減衰率が大きいことがわかる。

図6は、迎角 $\alpha=0^\circ$ で、静止時における突起なしと突起位置 $p/H=0.30$ の場合の可視化写真である。この図によれば、突起がない場合は交差的にカルマン渦が大きく巻き込むが、突起位置 $p/H=0.30$ ($\theta=31.0^\circ$) の場合は、それぞれの剥離点からの剥離流が干渉していると考えられ、後縁側で小さな交番渦はできるものの、巻き込みは見られない。この剥離流の干渉現象を把握するために、図7は、干渉現象が起こっている部分に着目した可視化のスケッチである。この図から、突起位置 p/H が最も小さい、即ち θ が最も大きい(a)では、1次剥離点からの剥離流が突起の中間くらいに当たり、新たに突起の先端部の2次剥離点から剥がれている。 θ がだんだんと小さくなっていくにつれて、1次剥離点からの剥離流は2次剥離点に近づいていき、突起位置 $p/H=0.30$ ($\theta=31.0^\circ$) のとき、ちょうど2次剥離点に当たっている。 θ が 31.0° よりもさらに小さくなれば、1次剥離流は、2次剥離点に再附着して流れるようになる。よって、 $\theta=30^\circ$ 付近で剥離流の干渉現象が起こっていると考えられ、このことは、応答特性からも関連づけられる。また、図8は、 θ の違いによる無次元ウーク幅(W/H)の変化を示したものである。この図によれば、 θ が小さくなるにつれて徐々にウーク幅が小さくなっており、 $\theta=30^\circ$ 付近では、ウーク幅はほぼ一定になっている。

4. まとめ

- 1) 1次剥離点からの剥離流が2次剥離点に当たる場合に干渉効果が最も強く、空力弾性振動の原因となる有害な剥離渦の生成を抑制することができる。
- 2) 剥離流の干渉効果は、偏平な桁断面だけでなく、矩形断面柱にも有効に働くことがわかった。従って、主塔の耐風対策としてこのような突起を施すことは、主塔の耐風性能の改善に有効である。

【参考文献】

- 1) 久保, 本多 他; 剥離流干渉効果によるP C斜張橋開断面桁の対風性能改善法, 第12回風工学シンポジウム論文集 (1992)

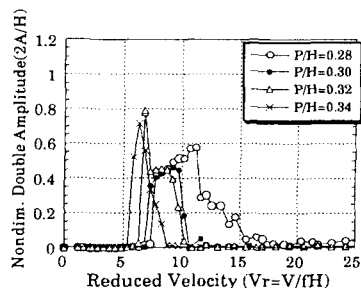


図4 応答図-2

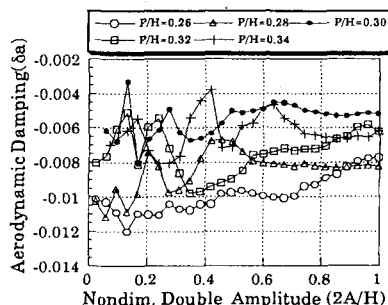
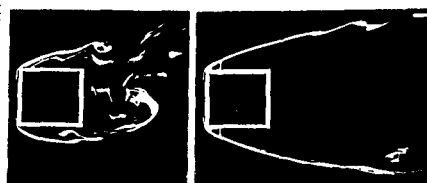


図5 渦励振域における空力減衰率



(a) 突起なし (b) $\theta=31.0^\circ$

図6 可視化写真 ($\alpha=0^\circ$ 、静止時)

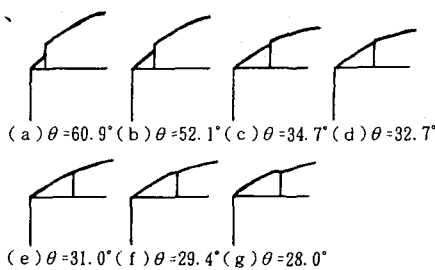


図7 可視化スケッチ ($\alpha=0^\circ$ 、静止時)

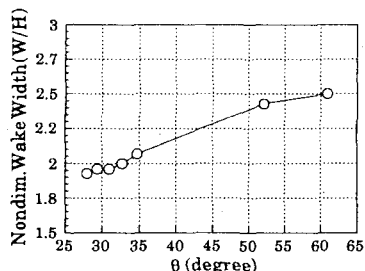


図8 θ とウーク幅の関係