

I-509 再付着断面における剥離干渉効果のメカニズムについて

大日本コンクリート(株) 正 員 〇田崎 賢治

(研究当時、九州工業大学大学院生)

九州工業大学 正 員 久保 喜延

九州工業大学 学生員 幽谷栄二郎

九州工業大学 学生員 中桐 秀雄

1. まえがき

PC斜張橋の耐風制振法の1つとして、桁断面と一体化したフェアリングを用いる方法があるが、これまでの研究では、図1に示すように、フェアリング上に2個の剥離点を設け、1次剥離点からの剥離流を2次剥離点で制御することによって、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を検討してきた。そして、この考えを閉断面桁と開断面桁に適用したが、これらの研究に用いた断面は、実橋の桁断面であったため、形状が複雑であり、フェアリングの違いによる応答特性の変化は確認できたものの、フェアリングのみの効果と2個の剥離点間の干渉現象の把握までには至らなかった。

そこで、本研究では、フェアリングのみの効果で、応答特性にどのような影響を及ぼすかを検討するために、単純な偏平長方形断面柱を基本断面として、フェアリングの代わりに、図2に示すような制振板（以後突起と呼ぶ）を施すことにより、2個の剥離点を存在させた。そして、2個の剥離点における剥離流の干渉機構の解明を目的としている。

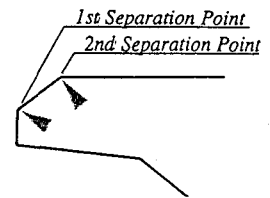


図1 2個の剥離点の定義

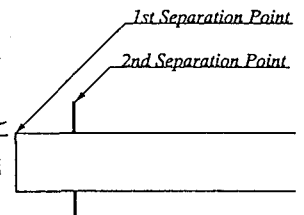
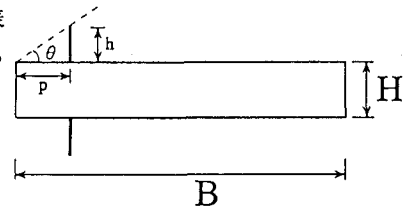


図2 2個の剥離点の定義

2. 実験方法と実験ケース

実験には、測定断面が1070x1070mmの風洞を使用し、振れ1自由度振動実験を行い、併せてSt数の測定と可視化実験も行った。図3は、実験に使用した模型である。これまでの研究結果より、2個の剥離点を結ぶ直線と模型表面とのなす角 θ が 30° 付近の場合に最も良好な結果が得られているので、今回は、 θ を 30° に固定して、1次剥離点からの突起位置 p を模型高さ H で無次元化した p/H をパラメータとして実験を行った。表1に、実験ケースを示す。なお、自由振動実験時の模型諸元としては、突起の位置によって多少異なるが、平均的に模型の極慣性モーメントは 0.0038057kgm^2 、模型の固有振動数は 5.20Hz 、対数構造減衰率は 0.0098 である。

図3 実験模型とパラメータの定義
(実験時、 $B=300\text{mm}$ 、 $H=50\text{mm}$)

3. 実験結果と考察

①自由振動実験 図4.5は、迎角 $\alpha=0^\circ$ で、突起位置 p/H を変化させた場合の応答図である。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、振れ倍振幅 2ϕ を示している。これらの図によれば、突起なしと突起位置 $p/H=0.10$ の場合の応答特性は類似している。また、突起位置 $p/H=0.30$ 付近($p/H=0.20, 0.30, 0.40, 0.50$)では、渦励振の応答振幅も小さく、フラッターも発生していないが、突起位置 $p/H=0.65, 0.85$ と大きくなると、振幅の大きな渦励振とフラッターが発生している。したがって、突起位置 p/H

表1 実験ケース

$h(\text{mm})$	$p(\text{mm})$	$\theta(\text{deg.})$	p/H
3	5	30	0.10
6	10	30	0.20
9	15	30	0.30
12	20	30	0.40
15	25	30	0.50
19	33	30	0.65
25	43	30	0.85

$=0.30$ 付近で剥離流の干渉現象が起こっていると考えられる。

②後流渦の振動数の測定 図6は、それぞれの突起位置の変化による St 数の変化と渦励振振風速の関係である。この図によると、突起位置 $p/H=0.30$ 付近では、 St 数が極大値をとっている。 $p/H<0.3$ では、突起の存在が断面比 B/H を小さくしたのと同じ効果を持ち、 p/H の増加につれて St 数が増大している。これに対して $p/H>0.3$ の領域では p/H が増加すると、2次剥離点からの剥離流の巻き込みがより上流側で生じ、断面比が大きくなったのと同じ効果を有することになり、 St 数が減少したものと考えられる。

③可視化実験 図7は、干渉現象を把握するために行った、静止時における可視化のスケッチである。この図によると、突起位置 $p/H=0.10$ の場合は、1次剥離流が2次剥離点に再付着していない。突起位置 $p/H=0.30$ の場合は、1次剥離流が2次剥離点に再付着して流れるが、 $p/H=0.50, 0.85$ と大きくなると、2次剥離点からの剥離流が卓越してくることが分かる。そこで、風速が変化しても $p/H=0.30$ の場合に、1次剥離流が2次剥離点に再付着するかどうかを確認するために、図8は、突起位置を $p/H=0.30$ として風速を変化させた場合の可視化写真である。一般に、風速が大きくなると、1次剥離流の鉛直成分が大きくなり、剥離境界層も大きくなるため、 p/H の小さい場所では、風速の上昇につれて、2次剥離点への再付着は無くなる。このことは、図4の応答図で、突起位置が1次剥離点に最も近い $p/H=0.10$ が、突起なしの場合と応答特性が類似していたことから裏付けられる。ところが、突起位置 $p/H=0.30$ の場合は、これらの写真からも分かるように、風速の変化によらず、1次剥離流は2次剥離点に再付着して流れている。

また、先の図4, 5の応答結果では、突起位置 $p/H=0.30$ 付近で良好な結果が得られたが、このように1次剥離流を制御できる2次剥離点の位置は、それほど厳密なものではない。このことは、迎角の変化に対する鈍さを意味しているものである。

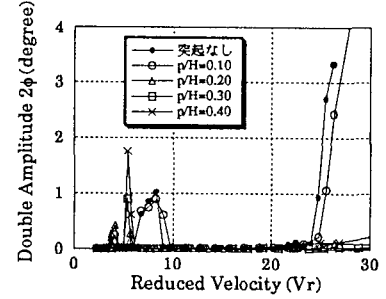


図4 応答図 - I

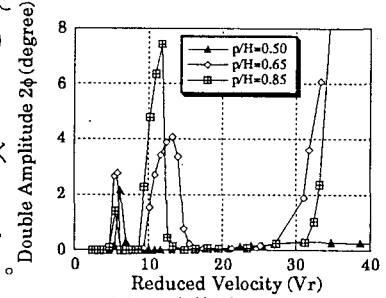


図5 応答図 - II

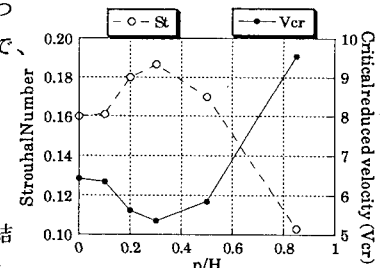


図6 St 数の変化

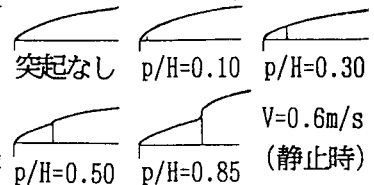


図7 可視化スケッチ

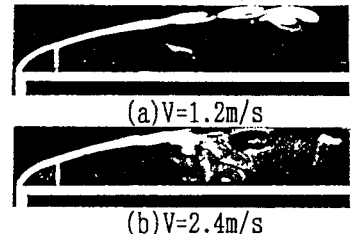


図8 可視化写真（静止時）

4. まとめ

- ① 2次剥離点の位置の選定は、単に1次剥離点とのなす角で行うのではなく、風速の変化に対して剥離流線の変動が少なく、1次剥離流の制御が可能な場所としなければならない。
- ② 矩形断面柱の場合、剥離干渉効果が最も有効に働いた2次剥離点の位置は、1次剥離点とのなす角が 30° で、突起位置 $p/H=0.30$ 付近であった。
- ③ したがって、フェアリングを選定する際、従来考えられてきたような先端の鋭い、流線型に近いものを用いる必要はなく、先端厚のある非流線型性の高いものでも耐風性能を高めることが可能である。このことは、死荷重の軽減やメンテナンスの面で有利となる。
- ④ 今後の課題としては他の辺長比でも同様のことが生ずるのか検討することである。

【参考文献】 ・久保、本多、野上 他；P C斜張橋の開断面桁および開断面桁の剥離相互制御法による耐風性能改善策に関する研究，構造工学論文集 Vol. 38A（1992. 3）