

東京大学工学部 学生員 ○ 師 自海
東京大学工学部 正会員 伊藤 学

1. 研究の動機と目的

並列物体の空気力学的干渉については古くから注目されており、とくに並列円柱に関しては多くの研究成果がある。橋梁の分野でも、近年並列ケーブルあるいは既設橋梁に隣接して比較的剛性の低い橋梁が計画されるなどの事例が増えており、安全性・使用性のうえで問題を生じないよう対処する必要がある。この種の問題は wake buffeting, wake galloping あるいは wake resonance などのテーマのもとにさまざまなアプローチがなされているが、とくに非円形断面の場合についてはまだ一般的に適用しうる研究成果に乏しい。本研究は並列橋桁の空力干渉に着目し、もし有害な振動が発生するとすればいかなる対策があるかを探ることを意図して出発したものであるが、まず空力特性の知られている長方形断面をとり上げ、関連するパラメータの発生現象に及ぼす影響とそれら現象の発生機構を知ることを目的とした。ここでは更にその第一段階として、風上側の構造物は固定し、その後流中における弾性支持二次元模型の挙動を風洞実験によって観察した結果を報告することとする。

2. 実験の内容

対象とした断面は1:2の辺長比を有する偏平長方形で、図-1のように、全く同一の二次元模型を風洞内に設置し、風上側のものを固定し、他方を鉛直および回転振動を許しうるようにバネで支持した。この度は断面の相対位置の影響のみを調べることとした。したがって、以下の考察で支配的なパラメータは $x_0 = X/B$ および $y_0 = Y/H$ である。模型に関するその他のパラメータ値は次のようにとっている。

固有振動数比: $\alpha = f_t / f_b = 7.81/4.0 = 1.95$

構造減衰(対数減衰率): $\delta_b = 0.016$, $\delta_t = 0.02$

スクリーン数: $S_{cb} = 2m\delta_b / \rho BH = 48.34$

一様流中におけるほか、風向方向の乱れ強さ13%の格子乱流のもとにおける実験も実施し、気流の乱れが空力弾性応答に及ぼす影響も調べた。

3. 実験結果と考察

まず風上側に物体がない場合の対象断面の空力特性を図-2に示す。横軸は換算風速で、 $U_r = U/f_b \cdot B$ と定義している。さて、風上側に同じ断面が置かれた場合の本実験で認められた風下側断面の挙動を表-1にまとめて表示する。両断面の位置が風下側物体の挙動に微妙に影響することがわかる。とくに、 x_0 と y_0 の特定の範囲の組合せのもとでほとんど振動の見られない安定域が存在するのは興味あることである。これらの事実は当然のことながら、風下側物体にあたる気流の状態の変化によるものである。図-2 1:2長方形断面の空力特性

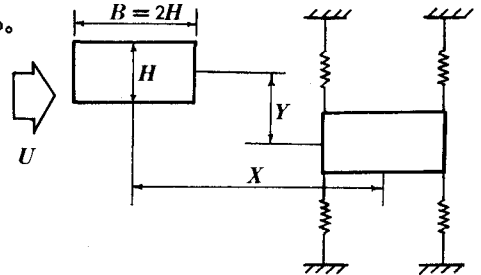
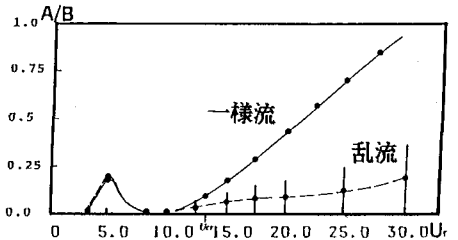


図-1 並列長方形断面模型



3.1 $y_0=0$ (タンデム配置) の場合

煙風洞による気流の可視化実験を参照して、この場合の流れのパターンは図-3のような3つに分類される。すなわち(1) 風上側物体のせん断層の中に風下側物体が包み込まれるケース、(2) 風上側の剥離せん断層が風下側物体に付着するケース、および(3) 風上側物体の剥離渦が風下側物体の手前に形成されるケースである。(2) から(3) への遷移は従来いわれてきたように本実験でも $x_0=4$ 付近である。(1) の場合、風上側物体よりの剥離渦が風下側物体背後にくるが、応答は図-4に示すごとく、単独に存在する場合(図-2)とは異なり、あたかも両物体を一つの偏平長方形断面とみたのに似たカルマン渦共振しか観測されない。低風速共振が現れていないのは興味あることで

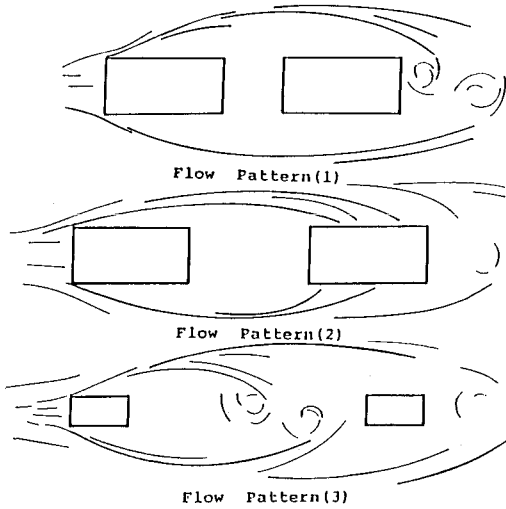


図-3 流れのパターン

ある。(2) の流れのパターンは $x_0=2.0-3.5$ の場合に対応するとみられる。しかし表-1にみるように、 $x_0=2.0, 2.5$ と $x_0=3.0, 3.5$ の2グループの間には応答の差異がある。いずれも図-4における似た共振を生じているが、後者の方が振幅が大きい。風上側物体よりの剝離層再付着位置の違いによるものであろう。図-5は流れのパターン(3)における例である。風上側物体からの剝離渦、自らの運動、そして自らの後流渦による同期か、かなり振幅が大きく、しかも風上側物体後流の乱れによるパフエーティングも含んでいる。

3.2 $y_0 \approx 0$ の場合

流れの場合は上下対称でなく、状況は複雑である。前述のような両断面が接近した範囲での安定域を越えると渦励振あるいはギャロピングが見られるようになる。図-6は $x_0=1.5$ の場合で、換算風速 $U_r=10$ を越えてのギャロピングは $y_0=3$ 程度までは y_0 の増加につれて顕著になっていく。これは、両物体の間を抜ける乱れたジェット的な気流の存在、風上側物体剝離流が多少の角度をもって作用することなどの競合的影響と考えられる。図-6のような場合でも場の流れが乱れている場合にはギャロピングが消え、パフエーティングにとって代わられることは既に指摘されているところと変わらない。静的空気力係数の測定結果と上記の考察との対比も行ったがここでは省略する。

4. むすび

定置した1:2 長方形断面の背後に弾性支持された同じ断面の空力弾性応答を調べ、両者の相対位置の違いによる興味ある現象の変化を見出した。ギャロピング応答の準定常解析も試み、一部のケースで実験結果とのよい一致もみたが、一般的に信頼しうる結果を得るには、風上側物体の存在による気流の乱れ、同じく風上側物体の存在による接近流のひずみなどを考慮した扱いが必要と考えられる。

表-1 実験結果のまとめ

$y_0 \backslash x_0$	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
1.5	渦励振	安定域				渦励振*		
2.0								
2.5								
2.5	ビート状渦励振					ギャロピング		
3.0	渦励振							
3.5								渦励振
4.0								パフエーティング
7.0				ねじれフラッタ ($U_r > 20$)				

* $U_r=5.13$ において2種。他の渦励振は $U_r=13$ においてのみ。

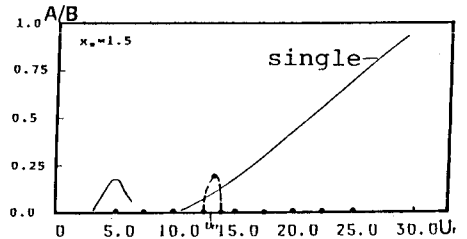


図-4 $x_0=1.5, y_0=0$ の場合

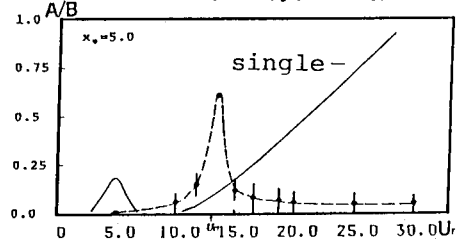


図-5 $x_0=5.0, y_0=0$ の場合

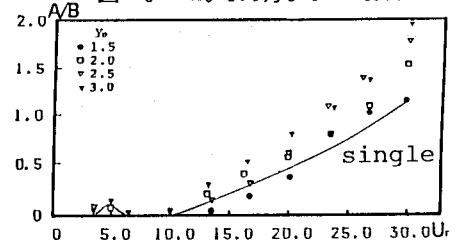


図-6 $x_0=1.5$ の場合