

I-316 並列配置偏平断面の静的空力特性について

総合技術コンサルタント 正員 周 春明 京都大学工学部 正員 松本 勝
 京都大学工学部 正員 白石成人

1. まえがき 偏平断面が一樣流の主流方向に並列配置される場合、上下流断面の空力特性が断面辺長比、間隔比、迎角比および上下流断面のそれぞれ動的構造特性(振動数、減衰など)に強く依存している(図1)¹⁾。著者らはこれまで、 $B/D=10$ 断面を並列配置する場合、下流側断面が存在することで上流側断面上の剥離流れの平均下流速度が低減されることおよび上流側断面が存在することで下流側断面上で流れの剥離が弱められることによって上下流断面の非定常空力特性が $B/D=20$ 断面の非定常空力特性と大きく相違していることを報告してきた。本研究では、まず、並列配置偏平断面の定常空力特性の表示式について説明し、更にこの式に基づいて並列配置偏平断面のダイバージェンス問題について検討する。

2. 並列配置偏平断面の定常空力特性の表示式について

本研究で使用した模型断面の符号表示法を図2に示す。ポテンシャル理論より上下流断面の揚力 L_1 , L_2 、抗力 D_1 , D_2 およびモーメント M_1 , M_2 は次のように書ける。

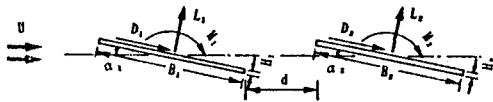


図2. 並列配置偏平断面の概念図

$$\begin{aligned}
 L_1 &= \frac{\rho U^2 B_1 \pi}{1 + a_1 a_2} \left(\alpha_1 + \alpha_2 a_2 + \frac{1}{2} \alpha_2 a_1 a_2 \right) \\
 D_1 &= \frac{\rho U^2 B_1 \pi}{1 + 2a_1 a_2} \left(-\alpha_1 \alpha_2 a_2 - \alpha_2^2 a_2^2 - \frac{1}{2} \alpha_1 \alpha_2 a_2^2 \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{2} \alpha_1 \alpha_2 a_1 a_2 \right) \\
 M_{\text{leading}1} &= -\frac{\pi \rho U^2 B_1^2}{4(1 + a_1 a_2)} (\alpha_1 + \alpha_2 a_2 + \alpha_2 a_1 a_2) \\
 L_2 &= \frac{\rho U^2 B_2}{1 + a_1 a_2} \left(\alpha_2 - a_1 \alpha_1 + \frac{1}{2} \alpha_1 a_1 a_2 \right) \\
 D_2 &= \frac{\rho U^2 B_2 \pi}{1 + 2a_1 a_2} \left(\alpha_2 \alpha_1 a_2 + \alpha_1^2 a_1^2 - \frac{1}{2} \alpha_1 \alpha_2 a_1^2 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{2} \alpha_1 \alpha_2 a_1 a_2 \right) \\
 M_{\text{leading}2} &= -\frac{\pi \rho U^2 B_2^2}{4(1 + a_1 a_2)} (\alpha_2 - a_1 \alpha_1 + \alpha_1 a_1 a_2)
 \end{aligned} \quad (1)$$

但し、 $a_1 = \frac{B_1}{B_1 + B_2 + 2d}$ $a_2 = \frac{B_2}{B_1 + B_2 + 2d}$

図3には、下流側断面を 3° の迎角に設定した場合、断面辺長比10の上流側断面の揚力係数とモーメント係数の

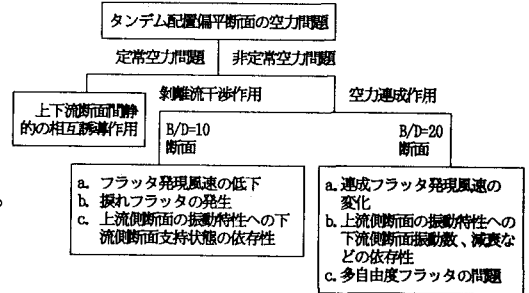
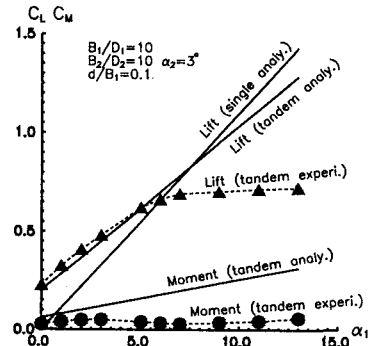
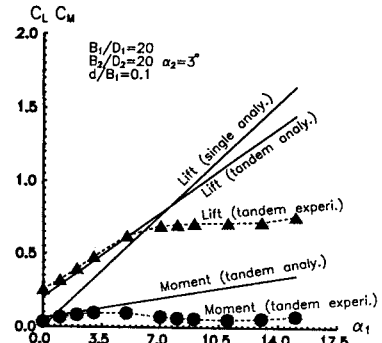


図1. 並列配置偏平断面の空力問題

図3. $B/D=10$ の上流側断面の揚力係数とモーメント係数図4. $B/D=20$ の上流側断面の揚力係数とモーメント係数

実験結果と式(1)による計算結果を示す。図4には、下流側断面を 3° の迎角に設定した場合、断面辺長比20の上流側断面の揚力係数、モーメント係数の実験結果および式(1)による計算結果を示す。これらの図から、 $B/D=10$ と $B/D=20$ の上流側断面の揚力係数が何れも単体断面のそれと異なっていることが分かる。また、この二種類断面の揚力係数の解析結果がほぼ 5° までの迎角範囲内で実験結果と一致している。モーメント係数については $B/D=20$ 断面の解析結果が実験結果と 3.5° までの範囲で一致しているが、 $B/D=10$ 断面の解析結果が実験結果と極めて異なっている。この現象は $B/D=10$ 断面の場合、断面の前縁剥離流の影響が大きいことによると考えられる。

3. 並列配置偏断面のダイバージェンス問題について

式(1)に基づいて、並列配置偏断面のダイバージェンスの発生風速は次のように書ける。

$$\frac{U^2 \pi \rho B_1^2}{2k_{\phi_1}} = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^2 \left(\frac{B_2^2}{B_1^2} + \frac{k_{\phi_2}}{k_{\phi_1}}\right) - \frac{B_1}{B_2} \sqrt{\left(\frac{B_1}{B_2}\right)^2 \left(\frac{B_2^2}{B_1^2} + \frac{k_{\phi_2}}{k_{\phi_1}}\right)^2 - 4(1+a_1 a_2) \frac{k_{\phi_2}}{k_{\phi_1}}} \quad (2)$$

但し、 ρ :空気密度、 k_{ϕ_1} , k_{ϕ_2} :上下流断面の捩れ剛性。

式(2)によると、ルート記号内の判別式が正の場合、並列配置偏断面系のダイバージェンスの発生風速が単体断面の発生風速より低下する傾向にある($B_1/B_2 > 1$)ことが分かる。判別式が負になると、ダイバージェンスが発生しないことが考えられる。 $B_1=B_2$, $a_1=a_2$ の場合、上下流断面の剛性比 k_{ϕ_1}/k_{ϕ_2} の変化に伴い、 a_1 の臨界値の変化が図5に示す。図中の黒く塗りつぶした部分はこの範囲の a_1 と k_{ϕ_1}/k_{ϕ_2} の値を有する並列配置偏断面系のダイバージェンスが発生しないことを示す。特に、 $k_{\phi_1}/k_{\phi_2}=1$ のところにおいては、全て可能な a_1 に対して、並列配置偏断面系のダイバージェンスが消えてしまう。また、図5に示す“no-divergence”区域はほぼ $k_{\phi_1}/k_{\phi_2}=1$ の点を中心として対称となっている。従って、 $B_1=B_2$ に際して、ダイバージェンスが発生しない並列配置偏断面系の k_{ϕ_1}/k_{ϕ_2} を求めるために、上流側断面と下流側断面とを区別する必要がないと考えられる。一般的に任意的な上下流断面の幅比と間隔比をもつ偏断面系ではダイバージェンスが発生しない条件はつぎの様に書ける。

$$\sqrt{\frac{k_{\phi_1}}{k_{\phi_2}}} = \frac{B_2}{B_1} \quad (3)$$

著者らはこれまで並列配置偏断面系で上下流断面のフラッタ発現風速の変化が上下流断面間のたわみ振動数と捩れ振動数との比に関連していることを報告してきた。よって、本報の結果から、並列配置偏断面のダイバージェンス問題を取り扱う場合、フラッタ特性の変化を共に考える必要があると思われる。

4. おわりに 本研究では並列配置偏断面の定常空力特性を定式化することについて

考察した。得られた近似式の計算結果は実験結果とある程度の迎角範囲でよく一致していることを明らかにした。また、並列配置偏断面のダイバージェンスが上下流断面の捩れ剛性比の変化によって抑えられることを説明した。今後、これらの結果を用いて、実際の偏箱桁断面を有する並列橋梁へ応用する問題について検討する必要がある。

<参考文献> (1)周、京都大学博士学位申請論文 (2)松本・白石・周、構造工学論文集、Vol. 39(A)、1993 (3)松本・白石・周、日本風工学会年次研究発表会、1993

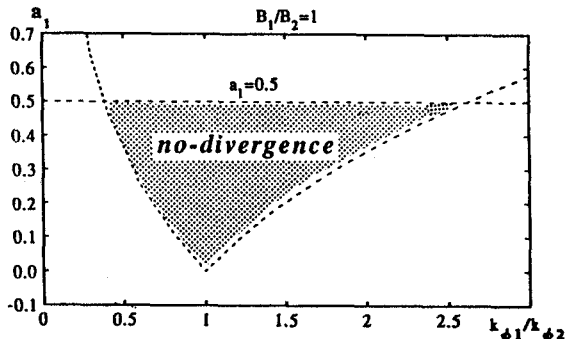


図5. a_1 と k_{ϕ_1}/k_{ϕ_2} に対応するダイバージェンスの変化特性