

総合技術コンサルタント 正 員 〇 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 京都大学工学部 正 員 白土博通
 住友重機械工業 正 員 武内隆文

1. まえがき 近年、産業、経済の発展に伴い、並列橋梁は益々増える傾向にあり、並列橋梁の一般的な空力特性を把握することは極めて重要である。これまで、著者らは既に並列配置偏平断面の一般的な空力特性と並列配置偏平断面の空力特性を定式化する可能性について報告してきた^{1), 2)}。本報では、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ジェンスの問題について検討を行う。

2. 並列配置偏平断面の定常空力特性の表示式について

ここで、上下流断面の幅、厚さをそれぞれ B_1, B_2, H_1, H_2 で表示し、上下流断面間の間隔を d で表示する(図1)。ポテンシャル理論により、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。

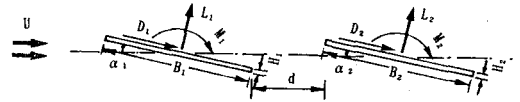


図1. 並列配置偏平断面の概念図

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

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

図2には、下流側断面を 3° の迎角に設置した時の断面辺長比10の断面の上流側断面の揚力係数とモーメント係数の実験結果と式(1)による計算結果を示す。図3には、上流側断面を 3° に設置した時の下流側断面の揚力係数とモーメント係数の実験結果と式(1)による計算結果を示す。明らかに、揚力係数の計算結果がモーメント係数の

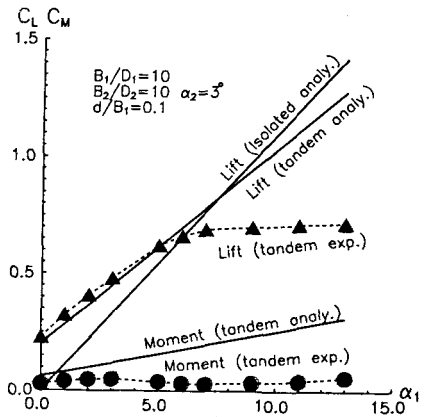


図2. 上流側断面の揚力係数とモーメント係数

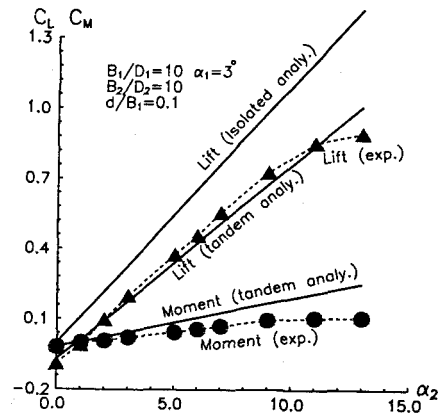


図3. 下流側断面の揚力係数とモーメント係数

結果より実験結果と一致していることが分かる。上流側断面の結果と下流側断面の結果とを比べると、下流側断面の計算結果の方が実験結果により一致している。この要因の一つとしては上流側断面の存在により下流側断面上の前縁剥離流による影響が抑制されることが考えられる。

3. 並列配置偏平断面のダイバージェンス問題について

式(1)に基づいて、並列配置偏平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、 $k_{\phi 1}$ 、 $k_{\phi 2}$:上下流断面の振れ剛性。

式(2)によると、ルート記号内の判別式が正の場合、並列配置偏平断面のダイバージェンス発生風速が単体断面のダイバージェンス発生風速より低下する傾向にあり($B_1/B_2 > 1$)、判別式がゼロの場合、並列配置偏平断面のダイバージェンス発生風速が単体断面のダイバージェンス発生風速より増大する傾向にあることが分かる。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 $k_{\phi 1}/k_{\phi 2}$ の変化に伴い、 a_1 の臨界値の変化は図4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 $k_{\phi 1}/k_{\phi 2}$ の値を有する並列配置偏平断面系のダイバージェンスが発生しないことを示している。特に、 $k_{\phi 1}/k_{\phi 2} = 1$ のところでは、全ての可能な a_1 に対して、このような並列配置偏平断面系のダイバージェンスが消えてしまう。また、図4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、 $B_1=B_2$ の場合、ダイバージェンスが発生しない並列配置偏平断面系の $k_{\phi 1}/k_{\phi 2}$ を決定する場合、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、任意の上下流断面の幅比と任意の間隔比で並列する偏平断面系でダイバージェンスの発生しない剛性が満足すべき条件は次のように書ける。

$$\sqrt{\frac{k_{\phi 1}}{k_{\phi 2}}} = \frac{B_2}{B_1} \quad (3)$$

著者らが今まで並列配置偏平断面系では上下流断面のフラッタ発生風速の変化は上下流断面間のたわみ振動数と振れ振動数との比と関連していることを報告してきた。よって、本報の結果を利用し、並列配置偏平断面のダイバージェンスの問題を取扱う場合、並列配置偏平断面の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平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迎角の範囲でよく一致していることを明らかにした。また、並列配置偏平断面のダイバージェンスは上下流断面の振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、実際の偏平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。

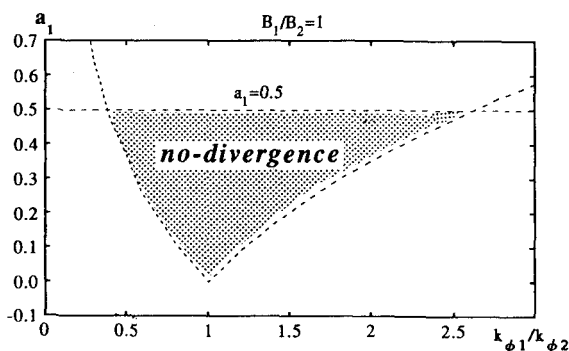


図4. a_1 と $k_{\phi 1}/k_{\phi 2}$ の変化に対応するダイバージェンス発生の変化

(参考文献): (1)松本・白石・周, 風工学シンポジウム論文集(1992)

(2)松本・白石・周, 構造工学論文集、Vol.39A(1993)