並列2矩形柱の動的空力特性に関する実験的研究

京都大学 正員○白土博通、京都大学大学院 Cristiano A. Trein 大阪ガス㈱ 藤原慎也(研究当時京都大学大学院生)

1. まえがき

流れに対して上流、下流に並列に複数の物体が並ぶとき、下流側の物体は上流側物体の後流の影響を強く受け単独物体とは異なる空力特性が現れる。さらに、2つの物体間の距離が小さい場合には、下流側物体の存在 が上流側物体の空力特性にも影響を及ぼす。このこ

とより、単一の偏平な矩形断面の中央部に開口をも ち、断面全体が鉛直たわみ/ねじれの自由度を有す る断面の静的、動的空力特性は、単に上下流各物体 単独の空力特性の重ね合わせでは表現できない固有 のものとなる。超大橋に適用が検討された並列箱桁 構造もその一例であり、耐フラッター性能に優れた



桁断面として注目され、メカニズムに対する研究も行われている。[1][2] 本研究では断面辺長比 *B/D*=5 および 20 の矩形断面模型 2 体を並列に配置し、その間隔を種々変化させ、動的空力特性に検討を加える。

2. 対象断面

図-1 に並列 2 矩形柱の断面形状を示す。上下流の各矩形柱は同一の形状であり、幅員 B=100(mm)桁高 D=20(mm)(B/D=5)、もしくは B=150mm D=7.5(mm)(B/D=20)であり、スパン中央上面側に圧力孔が等間隔に 19 個(B/D=20 模型は 14 個) 設けられ、模型内部の導圧管を経て模型端部へ表面圧力が導かれる構造をもつ。上 下流両矩形柱は端板により剛桔され、2 体全体が一体化して並進(鉛直たわみ)と図心まわりの回転(ねじれ) 方向に自由度が与えられている。両矩形柱間の間隔(2d)は 0 より 3B まで変化させた。

3. 並列2矩形柱の非定常圧力、非定常空気力係数

図-2 に対象断面の非定常圧力(heaving/torsional 各 1 自由度加振時、加振振動数成分)を示す。図中 \tilde{C}_p は変動圧力の振幅、ψは相対迎角([·]/Uもしくは、η:鉛直たわみ変位(下向き正)、:ねじれ変位(頭上げ正)) 最大から上面側各圧力孔における負圧絶対値最大時までの位相遅れを表す。各図は上流側矩形柱の前縁を基準



に、各圧力孔までの距離を横軸に表示されている。図より、heaving/torsional 両加振時の非定常圧力分布形状 は相似形であることがわかる。この特性は単一矩形断面と同一であり、並列2矩形柱全体系の非定常空気力間 に従属関係が成り立つものと考えられる。また、上流側矩形柱の非定常圧力は、矩形柱間隔(2d)によらず ほぼ分布形が一定であり、下流側矩形柱の影響や、間隔の変化に伴う上流側矩形柱の振動モードの変化の影響 は小さいと言える。さらに、矩形柱間隔が0の場合(2d=0)、上流側矩形柱の圧力分布はB/D=40単一矩形断 面の上流側半分に相当するが、この状態で断面中央に開口部を設けても本質的に分布形が変わらないことがわ かる。これは開口部位置が再付着点より下流側に位置するためと考えられる。一方、下流側矩形柱の非定常圧

力はとくに $\widehat{C_p}$ が 2d の影響を敏感に受け、2d が小 さいほどその絶対値が小さくなる傾向が認められ る。2d が 1.5B 以上では、 $\widehat{C_p}$ の変化は小さくなる ものの、その分布形状は上流側矩形柱とは異なり、 乱れの影響により剥離バブルが縮小したときの形 状に近い。

図-3には非定常圧力より算出される非定常空気 カの一部を示す。連成フラッターのねじれ分枝の 空力減衰に影響を及ぼす A_2^* 、 H_3^* 、 $A_1^*[3][4]につ$ $いては、とくに矩形柱間隔の増加に伴う <math>A_2^*$ の低 下が顕著であり、間隔の増加がフラッターに対す る安定化効果を生むことを示している。これは間 隔の増加に伴い、位相差 ψ の特性が変わらず、 $\widetilde{C_p}$ が 増加する下流側矩形柱の非定常圧力によるものと 判断される。 H_3^* 、 A_1^* は矩形柱間隔による変化は 顕著ではない。

4. 並列2矩形柱のフラッター特性

図-4 には複素固有値解析による風速-減衰 (U-δ)図を示す。解析には、明石海峡大橋の構 造諸元を用いた。図より矩形柱間隔(2d)が0.5B 以上ではフラッターが発生せず、高い安定性を示 すことがわかる。なお、並列2矩形柱全体では明石 海峡大橋の車線数の2倍となる。このため、全体の 実幅員(2B)を明石海峡大橋に一致させ、振動数 比をパラメータ(1.0~5.0)とした解析も併せて行 い、2dが1.0B以上でフラッターが発生しない結果 を得た。また B/D=5並列2矩形柱の場合は、矩形柱 間隔2d=2.0B 以上かつ振動数比2.0以上で安定化し た。



V[m/s]

80



並列2矩形柱は連成フラッターに対して安定性に富み、とくに下流側矩形柱の存在が系全体のA₂*をより安定側に動かす効果を持つことによるものと考えられる。

0

-2

図-4

20

40

60

並列2矩形柱(B/D=20)のフラッター性状

(明石海峡大橋の諸元を適用、記号は図-2に同じ)

謝辞 京都大学名誉教授松本 勝先生より本研究テーマの重要性についてご教示頂いた。記して謝意を表する。 参考文献 [1]佐藤弘史、他、第16回風工学シンポジウム論文集、2000、[2]S.Suzuki, et al., Wind Engineering, JAWE, Vol.32, No.4, 2007、[3]M.Matsumoto et al., Flow-Induced Vibration, 2004、[4]M.Matsumoto et al., Journal of JSCE, 2009