単径間弾性模型を用いた防音壁付並列箱桁橋の空力的制振対策の検討

九州工業大学 学生員 島 賢治 九州工業大学 正会員 久保喜延 木村吉郎 加藤九州男 福岡北九州高速道路公社 正会員 古賀淳典 宮崎県庁 正会員 中村康輝

1.はじめに 本研究で対象とした連続3径間鋼箱桁並列高架橋は,最長径間 長が約113m であり固有振動数が小さいこと,4.5m 高の防音壁が設置さ れ空力的にブラフな断面となることから,その対風挙動の詳細な検討が必 要と考えられた.そこで,風洞実験により防音壁付並列箱桁橋の空力的制 振対策を明らかにすることを本研究の目的とした.

2.実験概要 回流式空力弾性試験用風洞(測定断面:1070mm×1070mm)を 使用し,一様流中で実験した.模型は縮尺率1/144の単径間弾性模型2体を 使用した(図1).模型断面中央の剛性棒で鉛直および水平曲げ剛性を相似させ た.模型外形材は1mmの間隔を設けて剛性棒に固定し,外形材の剛性が付 加されないようにした.支承部は剛性棒に板ばねを取付けることでモデル化 した.図2に固有振動解析で得た鉛直たわみ振動モードを示す.

2.1 応答実験 応答測定は2橋の支間中央および1/4点で行った.渦励振を対象とした空力的制振対策を検討するため,桁形状を試行錯誤的に変更して実験を行ったが,ここでは効果の高かった上流側橋梁の防音壁上端にフェアリングプレート(実橋での長さ3m)を傾斜(角度30°)させて設置したケース(図3)の結果のみを示すこととする.

2.2 非定常圧力測定 支間中央の模型の床版上面に測定点を 10 点設置して空力振動時に作用する変動圧力を同時測定した(上流側橋梁:測定点番号 1~5, 下流側橋梁:6~10).

2.3 可視化実験 可視化実験用小型風洞(測定断面:400mm × 400mm)を使用し,スモークワイヤー法を用いた.模型は応答実験で用いたものの 1/2 のサイズとした.模型は静止状態で風速は V=0.7m/s とした.

3.実験結果および考察 並列橋模型の応答には,固有振動解析に対応して, 2.橋が同相で振動する鉛直たわみ1次モード(以下,「同相モード」固有振 動数測定値7.6Hz)や逆相で振動する鉛直たわみ2次モード(以下,「逆相モ ード」8.1Hz)が見られた.振動モードに応じて2橋を同相および逆相 で加振する方法の2種類を用いて求めた構造減衰率。は,同相モー ドでは上流側橋梁が。=0.033,下流側橋梁が。=0.026程度であり, 逆相モードでは上流側橋梁が。=0.022,下流側橋梁が。=0.023程度

であった. 3.1 応答実験 応答図を図4,図5に示す.応答図は,横軸に換算風速

(Vr=V/fD),縦軸に無次元倍振幅(2A/D)とした(ここで,V:風速(m/s), f:鉛直たわみ1次,2次振動数(Hz),D:桁と防音壁を含む高さ(0.053m), A:振動片振幅(m)).基本ケースについては,換算風速 Vr=3 付近で2 橋に同相モードの渦励振が発生する.振幅は Vr=4.7 で無次元倍振幅





キーワード:防音壁付並列箱桁橋,渦励振,フェアリングプレート,非定常圧力,剥離渦 連絡先 :〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1 Tel(093)884-3109 Fax(093)884-3100

-678-

2A/D=0.17 程度(上流側橋梁)である.また,Vr=5 付近から逆相モードの 渦励振が発生し,振幅は Vr=6.1 で 2A/D=0.42 程度(下流側橋梁)と非常 に大きく,後流側に位置する橋梁で特に振幅が大きい.高風速域では, Vr=12 付近でギャロッピングと考えられる発散型の空力振動が発生して いる.制振対策ケースでは,Vr=4 付近から 2 橋に同相モードの渦励振 が発生しており,その振幅は Vr=5.3 で 2A/D=0.2 程度(上流側橋梁)と基 本ケースと比較して若干大きい.一方逆相モードの渦励振については制 振効果が顕著で,Vr=6.5 で下流側橋梁の振幅が 2A/D=0.1 程度とかなり 減少している.また,高風速域の空力振動も抑制されている.

3.2 非定常圧力測定 制振効果が見られた逆相モードの渦励振発生風速 域における非定常圧力係数(Cpf)を図 6,7 に示す.基本ケースでは,2 橋の振幅が大きくなるにつれてCpfも全体的に大きくなる傾向が見られ る.Vr=5.8~7.5 における Cpf の分布を見ると,上流側橋梁(測点番号1~5) の方が下流側橋梁(測点番号6~10)よりも Cpf が大きくなる傾向がある. 一方制振対策ケースでは,Cpf が基本ケースと比べて全体的にかなり小 さく,また分布について見ると,測点によらずほぼ一定の値となってい る.制振効果により2橋の床版上面に作用する非定常圧力の大きさが抑 制され,ほぼ一様な力が作用するようになっていると考えられる.

3.3 可視化実験 実験結果を図8,9に示す.基本ケースでは,上流側橋梁の防音壁上端および桁前縁で剥離し,床版上を流下して下流側の桁上下面で剥離渦が形成される.下流側橋梁の桁下面付近に巻込みの強い剥離渦が見られ,その付近に大きな負圧が作用していると考えられる.下流側の防音壁上端付近では,剥離流が防音壁の干渉を受けるような形で巻込みを開始している.制振対策ケースでは,流れがプレート端部で剥離し,基本ケースと比較して剥離流がより後流側で巻込みを開始して剥離渦を形成するのがわかる.これは,プレートの設置により桁断面形状が流線形化するのと同様の効果が生じており,剥離流れがスムースになったためと考えられる.

桁下面では非定常圧力を測定できなかったため可視化との対応は明らかで はないが,桁上面では,基本ケースの模型静止時ならびに同相モード振動時 において,下流側橋梁の防音壁に近付くにつれて非定常圧力が大きくなって いた.これは,図8で見られた剥離流と下流側防音壁上端との干渉の影響に よるものとも推察されるが,一方で逆相モード振動時には下流側橋梁上の非 定常圧力は比較的小さな値を示しており(図6),詳細についてはさらに検討が 必要である.

4.結論 対象とした並列橋では、2橋が同相で振動するモードの空力振動と逆 相で振動するモードの空力振動が見られた.そのうち2橋が逆相で振動する 振動モードの渦励振の発生時に後流側の橋梁の振幅が著しく大きくなった. 上流側橋梁の防音壁上端に傾斜をつけて設置したプレートは渦励振を有効に 制振し、応答振幅が低減した.これは、剥離渦がより後流側で巻込むように なり、床版上に作用する非定常圧力が抑制されたためであると考えられる.

-679-





図7 対策断面の非定常圧力



図8 基本ケースの可視化



図9 対策断面の可視化