

2 主桁橋の空力弾性振動メカニズムに関する研究

新日本製鐵(株) 正員 岡本有造
 九州工業大学 正員 久保喜延 山口栄輝
 九州工業大学 学生員 貞島健介 島田雅志

1.はじめに 近年、国民のニーズは多様化し、土木構造物にはその機能以上に多くのものが求められ、特に、バブル崩壊後はそのニーズが経済性に向けられている。そのような中、橋梁の分野では、軽量化や省力化により経済性の期待できる2主桁橋が注目されている。しかし、2主桁橋は耐風的に不安定な断面であり、長大橋に適用するには、耐風安定性を向上させる必要がある。そこで、本研究では主桁や高欄という構造部材のみで耐風安定化を図るために、2主桁橋の空力弾性振動メカニズム解明を目的として、ねじれ振動に着目した、非定常圧力測定、流れの可視化実験を行った。

2.実験概要 非定常圧力測定では、九州工業大学の境界層波浪型風洞(測定断面 1800mm×1100mm)を使用し、一様流中で、ねじれ1自由度の強制加振状態で測定を行った。供試模型を図1に示す。模型はB/D=10の2主桁断面であり、主桁から床版端部までの距離をCとして、C/D=0.5~2.0の範囲で主桁位置を変化させる。また、床版の上下面には計59点の圧力測定孔が配置してあり、全測点の圧力を同時に測定する。可視化実験では、図1に示す模型の縮尺1/2の模型を用いたねじれ1自由度の自由振動状態での、スモークワイヤー法による可視化を行った。

3.実験結果 (1)仕事について:各測点で加振成分の変動圧力が模型になした仕事の合計と、応答図との関係を、フラッターの生じたC/D=0.5,1.0については図2に、フラッターの生じなかったC/D=1.5,2.0については図3に示す。図の横軸には無次元換算風速($V_r=V/fD$)を、左縦軸には無次元仕事(圧力は風洞動圧 $1/2 V^2$,変位は代表長Dで無次元化)、右縦軸にはねじれ倍振幅[deg.]をとってある。図2より、渦励振の生じる風速域($V_r=23$ 付近)で仕事は正の値をとり、励振を示唆しているが、応答実験では渦励振は生じておらず、対応がいない。この原因としては、床版のない4主桁橋においても、ねじれの渦励振が生じるとの実験報告から、渦励振の評価を行うには床版の表面圧力のみでは不十分であることが考えられる。それに対して、図2,3を見るとフラッターの生じている風速域では、仕事は正の値を、フラッターの生じていないC/D=1.5,2.0では高風速域でも仕事は負の値をとっており、仕事と応答とが対応している。以上の結果から、2主桁断面について、フラッターは、床版表面の変動圧力が支配的となって励

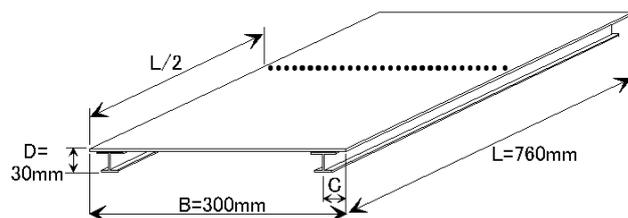


図1 供試模型

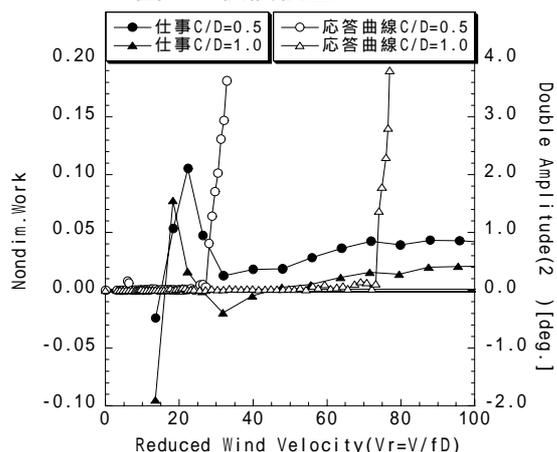


図2 仕事と応答の関係 (C/D=0.5,1.0)

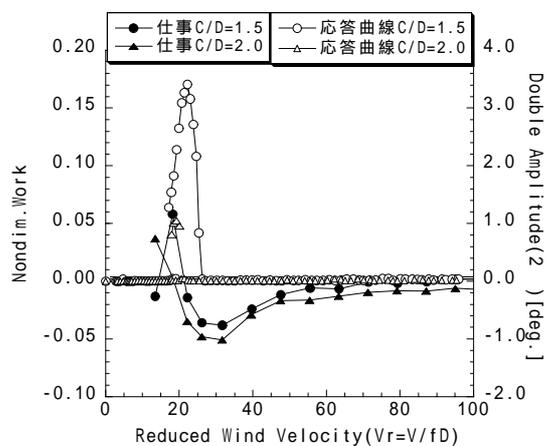


図3 仕事と応答の関係 (C/D=1.5,2.0)

キーワード: 2主桁橋, フラッター, 非定常圧力測定, 流れの可視化, 位相差

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

振されているのに対して、ねじれ渦励振は、他の要因が支配的となり励振されているのではないかと考えられる。そこで、以下の結果についてはフラッターに着目して述べる。

(2) 位相差について：床版上面における変動圧力の加振変位に対する位相差を、上流端を測点1とする測点番号に対して図4、5に示している。図4は、 $C/D=0.5$ の場合の各風速での位相差であるが、これを見ると、風速が上昇するに従い、測点1の位相が進んでいる。また、上流側(測点1)から下流側(測点20)へと見ていくと、測点間の位相遅れの勾配が、風速の上昇に従って、緩和されている。この測点1の位相の進みと、位相遅れの勾配が緩和されることによって、上流側で位相が正となる領域が広がり、励振への寄与が増加することにより、耐フラッター性が低下するといえる。図5は、 $V_r=80.0$ における各 C/D での位相差である。これを見ると、下面に設置された主桁を移動させることで、上面の位相差も変化している。また、 C/D が大きくなるに従い、上流側での測点間の位相遅れが促進されている。

(3) 可視化映像から：図6に $V_r=80$ における、 $C/D=0.5, 2.0$ の場合の可視化映像を示す。図6の床版上面について見ると、 $C/D=0.5, 2.0$ の両者ともに、の段階で、床版前縁から剥離渦が生成され始めている。この段階での剥離渦は、頭上げ方向の振動と、負圧により生み出される力が同一方向であるので、励振に寄与している。は、頭上げの変位がピークとなる段階であるが、 $C/D=0.5$ の場合は、この段階で渦が強く巻き込んでおり、頭下げ方向に振動しているの段階では、明確な渦の巻き込みは見られない。それに対して、 $C/D=2.0$ の場合は、 $C/D=0.5$ の場合に比べて剥離渦の成長と流下速度が遅く、の段階では成長途中である渦が、の段階で巻き込んでいる。このの段階での渦の巻き込みは、頭下げ方向の振動に対して、逆向きの力を生み出すために、制振に寄与している。以上より、図5で見られた C/D の変化に対する位相遅れの違いは、図6に見られる剥離渦の成長、流下速度の違いによるものであり、 C/D を大きくすることにより、床版上面での剥離渦の位相遅れが促進されて(図5)、剥離渦による寄与が励振から制振へと移行すること(図6)により、耐フラッター性が向上すると考えられる。

4. まとめ

- (1) 床版下面にある主桁を移動させることによって、床版上面の流況も変化する。このことにより、耐風安定化を図るには、床版の上下面を独立して考えることはできないといえる。
- (2) 風速の上昇に従って、床版上面の上流側における測点1の位相の進みと、位相遅れの勾配の緩和により、変動圧力が模型になす仕事が増加してフラッターが生じると考えられる。
- (3) 主桁を内側にすることにより、床版上面の位相遅れが促進されるので、耐フラッター性が向上する。

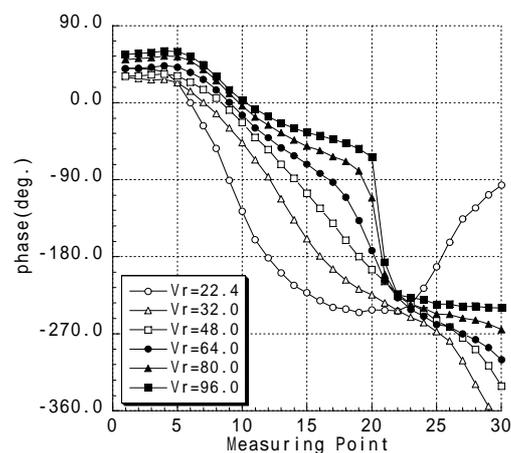


図4 風速別の位相差 ($C/D=0.5$)

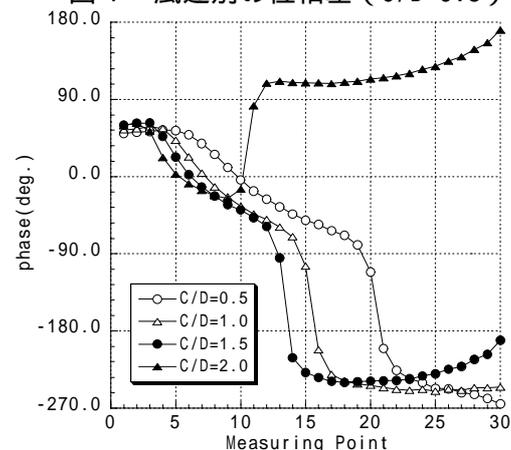


図5 C/D 別の位相差 ($V_r=80$)

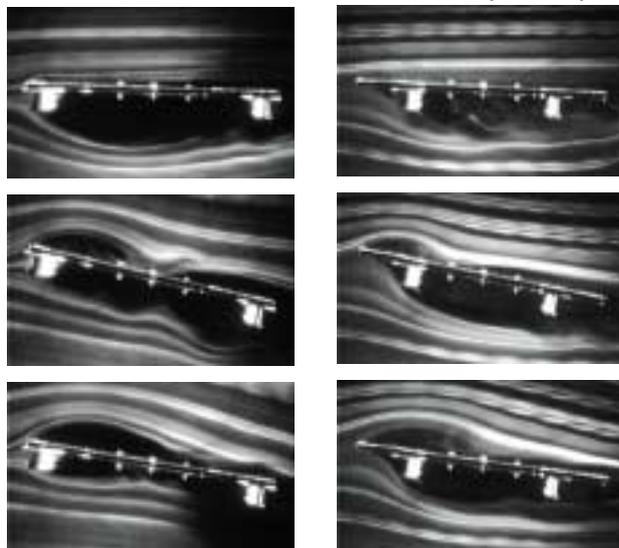


図6 $C/D=0.5$ (左), $C/D=2.0$ (右)の可視化映像