

立命館大学大学院 学生員 ○浮氣 久範
 駒井鉄工(株) 正会員 木場 和義
 立命館大学理工学部 正会員 小林 紘士

1. 研究背景と目的

合理化構造形式として 2 主桁形式は、経済的な効果から今後建設数が増え、支間長も大きくなることが予想される。しかし、この形式は従来の箱桁形式に比べねじれ剛性が小さく、また断面形状が風による影響を受けやすいことから、風による振動現象が問題となる可能性がある。本研究では 100m 程度の PC 床版 2 主桁橋の風による振動問題に着目し、基本的な耐風安定性を検討する。

2. 風洞実験概要

本実験で使用した風洞は立命館大学所有のゲッチンゲン型風洞（測定部 幅 1.2m×高さ 1.8m）である。実験は支間長 100m 程度の桁橋を想定した縮尺 1/60 の 2 次元剛体模型（ $B/D=3.4$ ）で行った。本研究で対象とした断面を図 1 に示す。実橋および模型の各諸元値を表 1 に示す。自由振動実験は、模型をたわみ、ねじれの 2 自由度にバネ支持し、気流迎角 $\alpha=0^\circ$ 、 $\pm 5^\circ$ （頭上げ正）の一樣流中に行った。非定常圧力測定実験は、模型をねじれ 1 自由度強制加振状態に設置し、床版上下面に設けた圧力孔より非定常圧力を測定した。加振条件は、加振振動数を自由振動実験のねじれ固有振動数（7.2Hz）に一致させ、加振振幅は、 $\theta_{ms}=0.02$ (rad) に設定した。なお、気流迎角は $\alpha=0^\circ$ とした。

3. 2 主桁断面の空力弾性振動特性

(1) 2 主桁基本断面の振動特性

2 主桁基本断面の風速一応答振幅特性を図 2 に示す。2 主桁基本断面の振動特性は、気流迎角の変化に敏感であり、気流迎角 α が 0° から $+5^\circ$ に変化すると、たわみ渦励振、ねじれ渦励振ともに応答振幅がほぼ倍となり、ねじれフラッターの発現風速も気流迎角 α が -5° から $+5^\circ$ になるに従い低風速側に移行するため、これらの振動現象に対する耐風安定化対策を検討する必要がある。

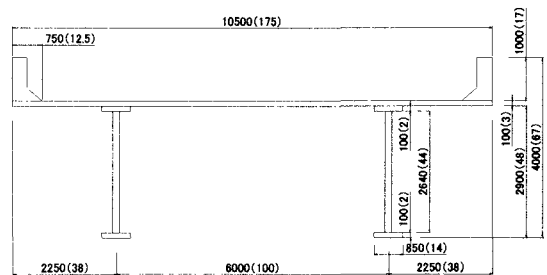


図 1 対象橋梁断面図 (単位 mm)

表 1 実橋および模型の各諸元値

項目	実橋	縮尺 1/60 模型 / 所要値
重量	18.946tf/m	5.553kgf/m / 5.263kgf/m
慣性モーメント	1847.6cm ⁴ /m	0.1508kgm ⁴ /m / 0.1428kgm ⁴ /m
横造減衰率	たわみ 0.02 ねじれ 0.02	たわみ 0.02 ねじれ 0.02
固有振動数(Hz)	たわみ 0.755 ねじれ 1.072	たわみ 5.05 ねじれ 7.18
固有振動数比	1.42	1.42
風速倍率	—	8.96 倍

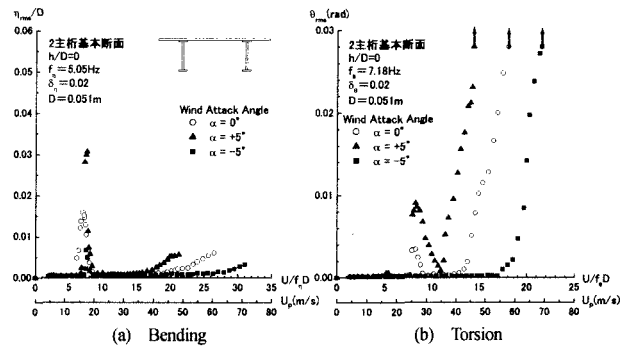


図 2 2 主桁基本断面の風速一応答振幅特性

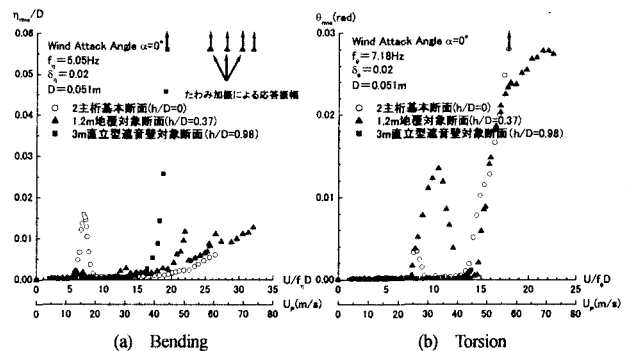


図 3 床版端部形状が振動特性に与える影響

(2) 床版端部形状が振動特性に与える影響

実橋寸法高さ 1.2m の地覆、3m 直立型遮音壁を対象とした部材を床版端部に設置し、床版端部形状が振動特性に与える影響を調査した。図 3 に風速—応答振幅特性を示す。床版端部形状高さが高くなると渦励振の発生に大きな影響を及ぼすことが認められる。また、高風速領域では発散振動が発生し、床版端部高さが高くなるに従って、ねじれ振動からたわみ振動へと移行する。

4. ねじれ振動発生メカニズムに関する検討

自由振動実験の結果、2 主桁断面では各種の振動現象が問題となることが明らかとなった。そこで、床版上下面の非定常圧力を測定し、振動発生メカニズムを検討した。非定常圧力測定実験より得られるデータは、模型振動数成分の圧力変動の倍振幅を読み取り動圧により無次元化し、圧力振幅 C_p として整理した。また模型変位と変動圧力の位相差 Ψ は、前縁側の変位（頭上げ正）と変動圧力の正圧を比較し、圧力の位相が遅れている場合を正とした。これらの値から、模型側面の各測定点に作用する圧力が、振動 1 周期の間にする無次元仕事 W_θ を求めた。なお、紙面の都合上、実験結果は床版上面のみを示す。

図 4 に 2 主桁基本断面の床版上面の非定常圧力特性を示す。図をみると、位相差は模型中央付近まではほぼ一定値を示し、後縁側で位相差（ Ψ の + の方向）の方向に変化している。また風速の上昇に伴い位相差

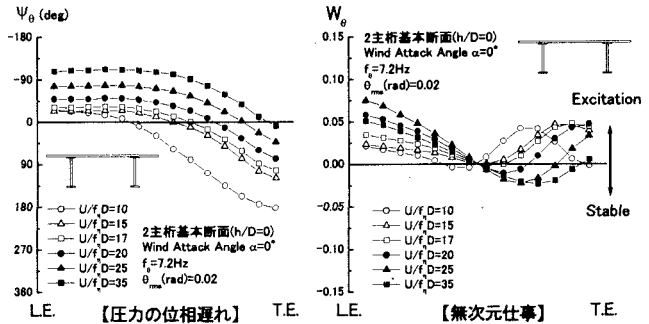


図 4 2 主桁基本断面 非定常圧力特性【ねじれ 1 自由度 上面 迎角 $\alpha=0^\circ$ 】

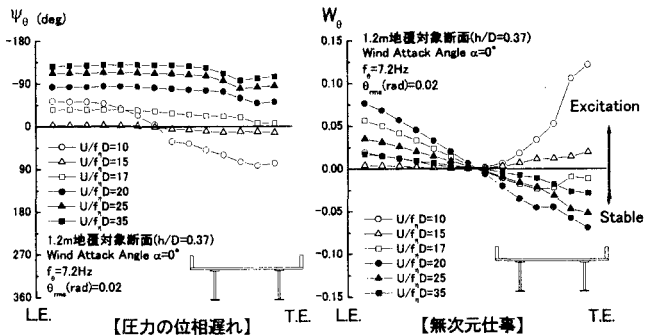


図 5 1.2m 地覆対象断面 非定常圧力特性【ねじれ 1 自由度 上面 迎角 $\alpha=0^\circ$ 】

みの側に全域にわたって変化している。仕事分布をみると、前縁側の圧力の位相進みと、後縁側の位相差れにより、床版両側で励振力が働く傾向を示し、床版上面だけみても耐ねじれフラッター性が低下すると思われる。後縁側の励振力のピークは、風速の上昇に伴い後縁側に移行するため、前縁側の励振力も考慮すると $U/f_0D=20$ 付近で最も不安定化する。

一方、1.2m 地覆対象断面（図 5）の位相特性は、 $U/f_0D=20$ を超える風速域では、基本断面とは異なり上面全域で位相進みとなるため、仕事分布が断面回転中心の前縁側と後縁側でほぼ点対象となり、後縁側で減衰力が働く。そのため、この風速域における床版上面の仕事量は基本断面より小さくなる可能性を示す。また $U/f_0D=10$ は、床版中央から位相が遅れはじめ、後縁端部で 90° 付近まで達し、模型後縁側で大きな励振力が作用するため、ねじれ渦励振が発生する可能性を有する。

5. 結論

- (1) 100m 程度の支間長を想定した 2 主桁橋では、特にねじれ渦励振とねじれフラッターが問題となる。
- (2) 2 主桁断面では、気流迎角の変化による影響を強く受け、吹き上げ角の方が不安定化の傾向を示す。
- (3) 2 主桁基本断面のねじれフラッターの発生は、床版上面前後縁側両方の励振力が寄与している。一方、1.2m 地覆対象断面におけるねじれフラッターは、高風速域になると仕事分布が断面回転中心の前縁側と後縁側でほぼ対称となり、耐フラッター性向上の傾向が伺える。