

橋桁側面に開口部を設けた箱桁橋の耐風性に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○潮田 潤
 京都大学大学院工学研究科 学生員 王 嘉奇
 三井住友建設株式会社 正会員 内堀 裕之

京都大学大学院工学研究科 正会員 八木 知己
 三井住友建設株式会社 正会員 永元 直樹
 京都大学大学院工学研究科 正会員 白土 博通

1. 背景

橋梁の長大化により、橋桁の軽量化に関する技術開発が行われるなか、新たな構造を有するバタフライウェブ橋が提案された。バタフライウェブ橋とは、橋桁側面部に開口部を有した橋桁であり、従来のコンクリート箱桁橋よりも軽量で、かつ施工が単純化される等の長所が挙げられる。その一方、耐風性については十分に検証されていないのが現状である。また、交通量の増大等に伴い、既存の橋梁に並列するかたちで新たに建設される橋梁も増えてきている。

そこで本研究では、側面に開口部を有する橋梁模型を用いて、単独配置および並列配置におけるバタフライウェブ橋の耐風性を風洞実験により検証した。

2. 実験概要

風洞実験は、図-1 および図-2 に示した断面を有する橋梁模型を用いて行った。また、側面開口部をアクリル板で閉塞し、開口部を持たない箱桁橋の耐風応答も明らかにすることで、側面開口部の有無が耐風応答に与える影響について考察した。模型の仕様は幅 $B=161.9\text{mm}$ 、高さ $D=50\text{mm}$ 、長さ $l=900\text{mm}$ (断面辺長比 $B/D=3.24$)である。なお、本研究の対象断面の諸元は、エクストラドーズド橋への応用を目的の1つとして決定した。

実験は単独配置、並列配置の各々で、鉛直1自由度弾性支持自由振動実験、静的空気力測定実験、非定常空気力測定実験の3種類ずつ行った。自由振動実験はたわみ1自由度のバネ支持実験とし、静的空気力および非定常空気力は模型両端にロードセルを装着して計測した。また並列配置での実験は、上述の橋梁模型を2体並列に配置し、上流側もしくは下流側いずれか一方を固定した状態で、もう一方の耐風応答を計測した。なお、実験では主桁の形状に起因する空力特性の変化を比較検討する目的から、減数係数を極力小さく(対数減衰率0.003程度)設定して

実験を行った。

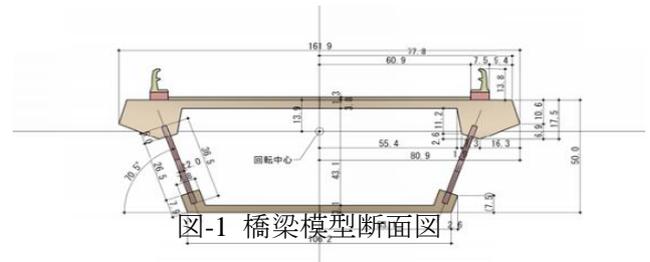


図-1 橋梁模型断面図

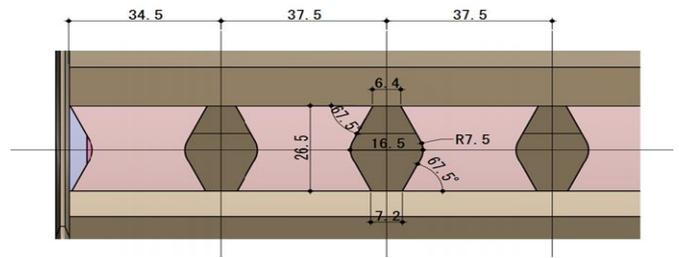


図-2 橋梁模型開口部

3. 実験結果および考察

実験結果に関して、単独配置、並列配置の順に以下に示す。

3.1 単独配置における空力応答特性

側面開口部を閉塞した模型と開放した模型のたわみ応答図(迎角 $+3^\circ$)を、図-3 に示す。側面開口部を閉塞したケースでは渦励振とギャロッピングが、開放したケースでは渦励振が発現した。両ケースで発現した渦励振は、その発現無次元風速から自己励起型渦励振と考えられる。渦励振の振幅を比較すると、側面開口部を開放したケースのほうが小さく、空力的に安定化することが明らかになった。また、側面開口部を閉塞したケースではギャロッピングが発現した一方、側面開口部を開放したケースでは、自由振動実験で計測した最大の風速(無次元風速 $U/fD = 65$ 程度)においてもギャロッピングの発現は見られなかった。ただし、非定常空気力より算出した非定常空気力係数 H_1^* の値から、側面開口部を開放したケ

キーワード：バタフライウェブ橋、並列橋、側面開口部

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学工学研究科社会基盤工学専攻 Tel 075-383-3244

ースにおいても、無次元風速 80 以上ではギャロッピング発現の可能性が示唆される結果となった。上記のように、単独配置において、側面開口部を開放することで空力的に安定化することが明らかになった。

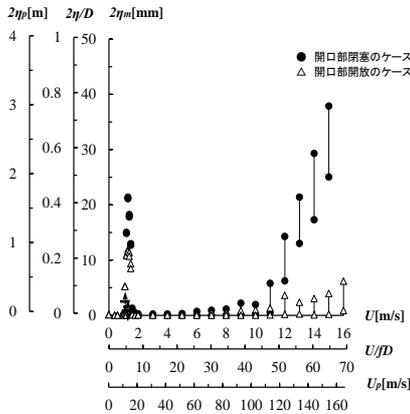


図-3 単独配置におけるたわみ振動応答図(迎角+3°)

3.2 並列配置における空力応答特性

3.2.1. 下流橋梁固定時における上流橋梁の空力応答

下流模型固定時における上流模型の自由振動実験は、上流側、下流側の各々開口部閉塞もしくは開放の合計 4 ケース行った。本論文では下流模型の開口部を閉塞して行った 2 ケース(迎角+3°)について、図-4 にたわみ振動応答図を示す。下流側に固定模型を設けると、渦励振に対しては単独配置での応答と類似している一方、ギャロッピングの発現風速が、単独配置でのギャロッピング発現風速よりも小さくなる結果となった。図-4 で示した通り、弾性支持した上流側模型の側面開口部を開放すると、渦励振、ギャロッピングともに安定化することが明らかになった。また別の実験ケースの結果より、下流側で固定した模型の側面開口部の有無は、上流側模型のたわみ振動に寄与しないことも明らかになった。

3.2.2. 上流橋梁固定時における下流橋梁の空力応答

下流側模型固定時と同様、4 ケースの自由振動実験を行ったが、本論文では上流側模型の側面開口部を閉塞した 2 ケースについて結果を図-5 に示す。無次元風速 8 付近での振動は、その発現風速および下流側模型の受ける空気力の振動数より、上流側模型から放出されたカルマン渦による強制振動であることが示唆された。各ケースでの振幅を見ると、開口部を開放したケースのほうが安定化することが明らかになった。また、単独配置で発現したギャロッピングが本ケースでは発現が確認されなかった。さらに別の実験ケースの結果より、上流側で固定した模

型の側面開口部の有無は、下流側模型のたわみ振動に寄与しないことも明らかになった。

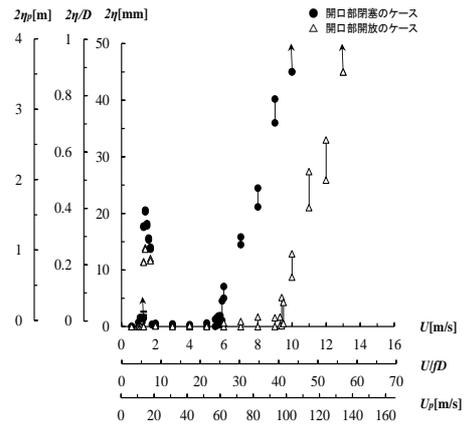


図-4 並列配置における上流側橋梁のたわみ振動応答図(下流側橋梁固定, 下流側橋梁側面開口部閉塞, 迎角+3°)

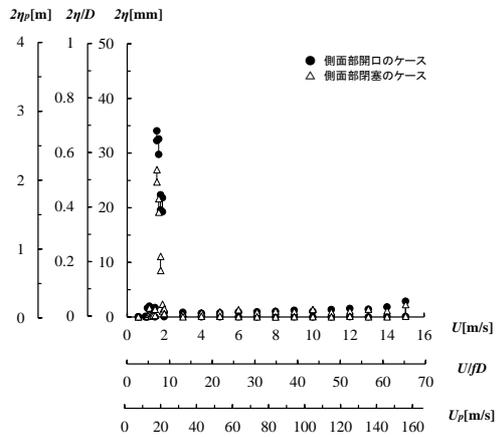


図-5 並列配置における下流側橋梁のたわみ振動応答図(上流側橋梁固定, 上流側橋梁側面開口部閉塞, 迎角+3°)

4. 結論

- 1) 単独配置では側面開口部の有無に関わらず自己励起型渦励振およびギャロッピングが発生し、側面開口部を開放することで、それらの振動に対して安定化する。
- 2) 並列配置での橋梁の振動は、上流側、下流側に関わらず、弾性支持された自身の開口部の開放によって安定化し、固定されたもう一方の橋梁の開口部の有無は影響しないことが明らかになった。

5. 課題

断面周りの流れについても検証し、側面開口部が空力応答に与える影響のメカニズムを検証する必要がある

参考文献

1) 永元直樹, 白土博通, 八木知己, 春日昭夫: 開口部を有する箱桁断面を用いた長大橋梁の耐風性に関する実験的研究, 土木学会第 71 回年次学術講演会, pp17-18, 2016