

コンパクト断面を導入した金谷郷高架橋の空力特性について

東日本高速道路(株) 正会員 高久英彰 正会員 安川義行 正会員 高橋一暢
 三菱重工業(株) 正会員 ○四條利久磨 正会員 本田明弘
 三菱重工鉄構エンジニアリング(株) 正会員 荒木健二

1. はじめに

NEXCO東日本では、日本で初めてコンパクト断面を導入し、限界状態設計法を用いて設計した金谷郷高架橋を計画し、これを実現している^{1),2)}。二主I桁橋梁では特にねじれ振動に関わる耐風安定性の評価に慎重な対応が必要であり、NEXCOでは平成11年から17年にかけて、高欄種(壁高欄、半壁高欄、鋼製高欄)、遮音壁の有無、断面辺長比(総幅員/断面高)をパラメータに風洞実験により耐風性の調査を行い^{3),4)}、これらの検討データを系統的にまとめた耐風設計指針⁵⁾を策定している。

図2に過去に風洞試験で耐風性を調査した既往二主I桁橋と金谷郷高架橋の断面形状パラメータの比較を示す。これより金谷郷高架橋断面は、既往二主I桁橋よりも扁平となることおよび断面高さに占める高欄の割合が増加する特徴を有することが分かる。そこで、これらの断面形状の違いが空力特性に及ぼす影響の目処づけを行うことを目的に、超小型の多目的簡易風洞試験ツール^{6),7),8)}(以下S-VFD*と呼ぶ)による耐風性調査を実施した。

*Super-Visualized Fluid Dynamics

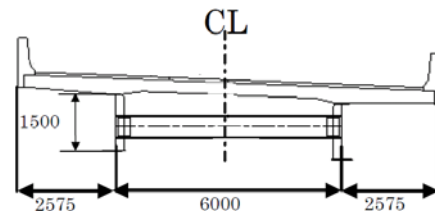


図1 金谷郷高架橋断面図

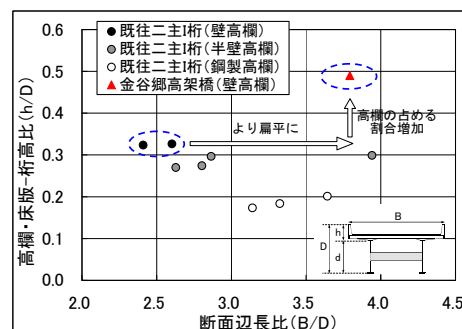


図2 既往二主I桁橋と金谷郷高架橋の断面形状パラメータ比較

2. 試験概要

三菱重工業(株)長崎研究所所有のS-VFD装置を使用し、鉛直曲げ・ねじれ各1自由度のバネ支持応答試験およびスモークワイヤー法による可視化試験を実施した。模型縮尺は1/100とし、スクルトン数を実橋と相似させた。なお、事前に過去に大型模型試験を実施した既往二主I桁橋断面でS-VFDバネ支持試験を実施し、S-VFDにより二主I桁橋の振動発生風速を10%以内の誤差で予測可能であることを確認している。

3. S-VFDバネ試験結果

横軸を総幅および振動数で無次元化した無次元風速(以下、 U/fB)にとって整理した応答図を図3に示す。ここで、金谷郷高架橋断面は横断片勾配がついており、床版の高い方から吹く風向きをA風向、低い方から吹く風向きをB風向と定義し、吹き上げの迎角を正とした。

(1) 鉛直曲げ振動： $U/fB=2$ 付近で渦励振が発生する。A風向よりB風向の方が、また正迎角の方が振幅が大きく、不安定となる傾向である。ギャロッピングは試験を実施した $U/fB=0\sim7$ の範囲内で発生しない。

(2) ねじれ振動：発散的な振動がA風向、B風向とも迎角によらず発生し、特に、A風向の迎角 0° 、 $+3^\circ$ では相対的に低い風速($U/fB=2$ 付近)で発生する。

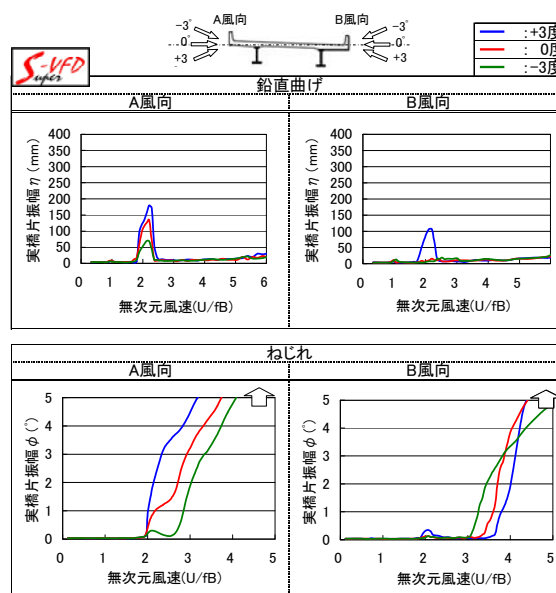


図3 S-VFD バネ支持試験結果一覧

キーワード：限界状態設計法, コンパクト断面, 2主I桁橋, 風洞試験, 空力特性

連絡先：〒851-0392 長崎県長崎市深堀町5-717-1 三菱重工業(株) 長崎研究所 流体研究室 TEL095-834-2820

4. 空力特性に対する考察

図4に既往の二主I桁橋と金谷郷高架橋のねじれ振動の応答と断面辺長比 B/D 、高欄比 h/D の関係を示す。ここで、既往二主I桁橋の応答図は大型模型試験の結果である。これより、既往の二主I桁では無次元風速 $U/fB=2$ 付近で大振幅の渦励振が発生後、 $U/fB=3.5\sim 4$ 付近でねじれフラッターが発生するのに対し、金谷郷高架橋では $U/fB=2$ 付近で発散的な振動が発生しており、断面形状の差の影響が現れているものと考えられる。そこで、金谷郷高架橋のねじれ振動の発生メカニズムを考察するため、スモークワイヤー法による可視化試験を実施した。可視化試験では模型を強制的に加振させ、その加振周波数を調整することで $U/fB=2.1$ に相当する流れを可視化した。

図5に代表的位相における可視化写真を示す。これより、流れに対して頭上げ最大時に断面前縁部の壁高欄上端より剥離渦が発生し、前縁に近い側面上で発達した後、側面に沿って流下し、剥離渦の発生から1.5周期後、すなわち流れに対して頭下げ最大時に断面後縁部の壁高欄上端より放出される様子が分かる。この流れパターンから金谷郷高架橋の $U/fB=2$ 付近より発生する振動は前縁剥離型渦励振⁹⁾であると考えられ、それが高風速域でフラッターへと連続的に移行しているものと推察される。

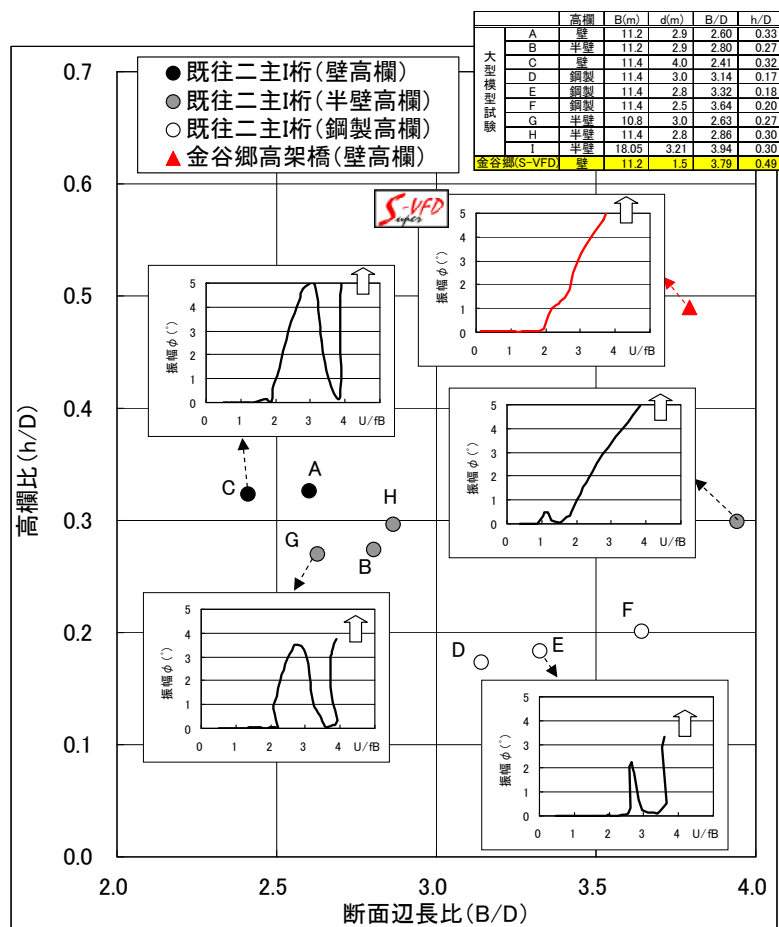


図4 既往二主I桁橋^{3),4)}と金谷郷高架橋のねじれ応答比較

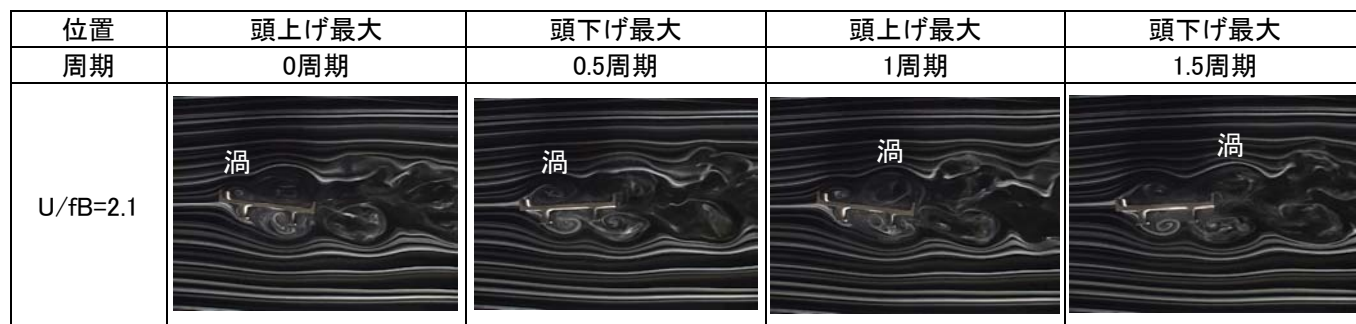


図5 可視化写真(金谷郷高架橋, 迎角 0° , $U/fB=2.1$, ねじれ加振状態)

5. あとがき

コンパクト断面を導入した二主I桁橋では空力特性が既往二主桁断面とは異なる傾向が示唆されていることから、今後、本形式の広範囲な適用を考える場合には、より詳細な検討を要するものと考えられる。

参考文献

- 高久, 本間, 及川, 酒井, 佐々木: 高速道路橋における鋼連続合成桁の限界状態設計法の適用に関する検討報告, 土木学会64回年次学術講演会, 2009年9月
- 高久, 藤野, 岸, 佐々木, 三宅, 田中: コンパクト断面を設計に採用した鋼連続合成桁橋, 橋梁と基礎, 2011年12月
- 芦塚, 斎藤, 本田, 平井: PC床版少数主桁橋の耐風安定性について, 土木学会第60回年次学術講演会, 2005年9月
- 東田, 中村, 本田, 所: PC床版鋼2主桁断面の空力特性について, 土木学会第57回年次学術講演会, 2002年9月
- 日本道路公団: PC床版鋼二主桁橋に関する耐風設計指針(案), 平成14年3月
- 斎藤, 岸, 本田, 杉山, 四條, 岩下: 超小型多目的簡易風洞試験ツール(S-VFD)開発の試み, 土木学会第61回年次学術講演会, 2006年9月
- 四條, 本田, 平井, 杉山, 古田, 齋藤, 山下: 超小型多目的簡易風洞試験ツール(S-VFD)の開発, 土木学会第63回年次学術講演会, 2008年9月
- 四條, 本田, 平井, 杉山, 古田, 齋藤, 岩下: 超小型多目的簡易風洞試験ツール(S-VFD)開発の試み(その3), 土木学会第64回年次学術講演会, 2009年9月
- 白石, 松本: 渦励振の発生機構と応答評価, 日本風工学会誌第20号, pp103-127, 1984年6月