

## コンパクト断面を導入した金谷郷高架橋の耐風設計

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  
 (株)三菱重工業 正会員 四條 利久磨 三菱重工鉄構エンジニアリング(株) 正会員 荒木 健二  
 (株)東京鉄骨橋梁 正会員 佐々木 力

### 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た設計した金谷郷高架橋を計画し、これを実現している<sup>1),2)</sup>。

本橋は桁高が1,500mmであり、従来の鋼連続合成2主I桁橋と比較して低く、断面形状は扁平となる。この特徴により、既往の2主I桁橋と比較して、空力特性が異なり既存の推定式を使用できない可能性や剛性が低下し空力振動の発生風速が低くなる可能性が考えられた。

上記のような課題に対し、本橋の耐風性を明らかにし、耐風安定性を確保させるには一般的には風洞試験による耐風性検討が必要である。しかしながら、本橋架設位置の風環境は、桁架設高度が約5mと低く、乱れの強い風が作用すると考えられたことから、既存の試験結果<sup>3),4),5)</sup>を参考として、上記の空力特性の変化を目処付けし詳細なる確認・対策などの要否を見極めるために、超小型多目的簡易風速試験ツール(以下、S-VFD)<sup>6),7),8)</sup>を用いて、振動の発生無次元風速(以下、 $U/fB$ )の調査を行った。さらに、車輛を用いた段差落下衝撃加振による実橋振動試験より得られた固有振動数を反映させることで実橋における振動発生風速の推定を行った。本稿は、コンパクト断面を導入した本橋の一連の耐風性検討結果について報告するものである。

### 2. 試験結果概要

#### (1) S-VFD バネ支持試験

別報<sup>9)</sup>の通り三菱重工業(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2主I桁橋断面でS-VFDバネ支持試験を実施し、S-VFDにより2主I桁橋の振動発生風速を鉛直曲げ渦励振： $+1\%$ 、ギャロッピング： $+2\sim 8\%$ 、ねじれ

渦励振： $+3\sim 10\%$ 、フラッター： $+5\sim 8\%$ の誤差で予測可能であることを確認している。

金谷郷高架橋断面のS-VFDバネ支持試験の結果、A風向の方がB風向より不安定となる傾向にあったため、代表してA風向の試験結果を図-1に示す。これより空力振動として、次の特徴が予測される。

鉛直曲げ渦励振： $U/fB=2$ 付近で発生する。

ギャロッピング： $U/fB=0\sim 7$ の範囲では発生しない。

フラッター：迎角 $0^\circ$ 、 $+3^\circ$ では $U/fB=2$ 付近、迎角 $-3^\circ$ では $U/fB=3$ 付近で発生する。

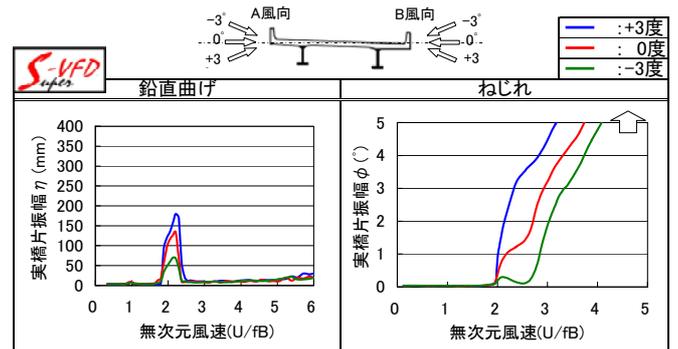


図-1 S-VFD バネ支持試験結果 (A 風向)

#### (2) 実橋振動試験

別報<sup>10)</sup>の通り、中央径間支間中央において20cmの高さから総重量10tfのラフタークレーン後輪が進み降りることによる衝撃加振を行った。その結果得られた固有振動数を表-1に示す。

表-1 固有振動数

項目	試験結果
鉛直曲げ1次振動	2.50 Hz
ねじれ1次振動	3.33 Hz

### 3. 耐風性の評価

#### (1) 照査風速

照査風速は、旧日本道路公団の耐風設計指針<sup>3)</sup>(以下、

キーワード：鋼橋 設計 限界状態設計法 コンパクト断面 風洞試験 耐風性

連絡先：〒110-0014 東京都台東区北上野 1-10-14 Tel:03-5828-8723 Fax:03-5828-8194

指針)の方法に則って表-2のように設定した。なお、参考までに道路橋耐風設計便覧(以下、便覧)による設定値も併せて示す。両方法では、ねじれ渦励振(大振幅)の照査風速の考え方が異なる。すなわち、2主I桁橋で発生するねじれ渦励振は発散的な性状を呈する場合があるため、指針ではフラッターと同じ考え方で照査風速を定めている。

表-2 金谷郷高架橋の照査風速

項目	指針	便覧
基本風速	40.0 m/s	40.0 m/s
路面高度	5.0 m	5.0 m
粗度区分	II	II
鉛直曲げ渦励振照査風速	40.0 m/s	40.0 m/s
ねじれ渦励振(小振幅)照査風速	40.0 m/s	40.0 m/s
ねじれ渦励振(大振幅)照査風速	55.2 m/s	40.0 m/s
ギャロッピング照査風速	48.0 m/s	48.0 m/s
フラッター照査風速	55.2 m/s	55.2 m/s

(2) 耐風性の評価

図-2に金谷郷高架橋の風速-応答振幅図を既往2主I桁の机上推定式と併せて示す。ここで、金谷郷高架橋のS-VFDバネ支持試験結果を実橋に換算するにあたっては次の事項に則った。

- ・ 最も不安定な、A風向、迎角+3°の結果を用いた。
- ・ 風速を実橋換算するにあたっては、表-1で示す車輦段差試験で得られた固有振動数を用いた。
- ・ 実橋の構造減衰は既往2主I桁橋の結果より、安全側と判断して対数構造減衰率 $\delta=0.02$ を用いた。
- ・ 事前に実施した既往2主I桁橋の大型模型試験とS-VFD試験の比較結果より、ねじれフラッターの発生風速はS-VFD試験で得られた風速を1割低減してプロットした。
- ・ 振動振幅はS-VFD試験の結果に対して、モード補正係数(1.3)を反映した。

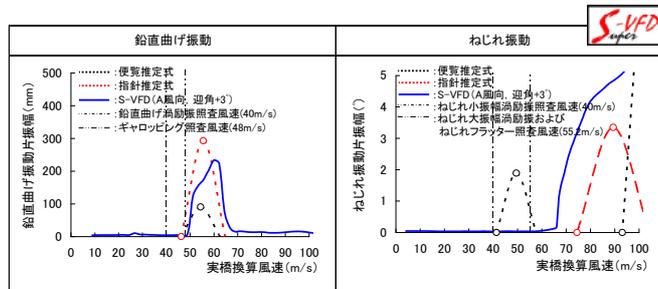


図-2 金谷郷高架橋の風速-応答振幅図

以上の結果から、渦励振、ねじれフラッター、ギャロ

ッピングとも発生風速は照査風速以上と推定され、耐風安定性を確保していることが確認された。

4. まとめ

新たな鋼橋の合理化として、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の耐風性を調査し、耐風安定性を確保していることを確認した。今後は、現在計画中の起振機による振動実験で計測された構造減衰、振動数を反映させ、最終的な耐風性評価を行う予定である。

本検討にあたっては、東京大学 藤野陽三教授にご指導頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 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, 土木学会第64回年次学術講演会, 2009年9月
- 2) 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
- 3) 日本道路公団: PC床版鋼2主桁橋に関する耐風設計指針(案), 平成14年3月
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 齋藤, 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
- 7) 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
- 8) 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
- 9) 高久, 安川, 高橋, 四條, 本田, 荒木: コンパクト断面を導入したII桁橋の空力特性について, 土木学会第67回年次学術講演会, 2012年9月
- 10) 佐々木, 三輪, 高久, 藤野, 岸: コンパクト断面を導入した金谷郷高架橋の実橋振動実験について, 土木学会第67回年次学術講演会, 2012年9月