

広幅員一面吊り長大エクストラードズド橋の並列ケーブルの制振対策

大成建設(株)
京都大学
西日本高速道路(株)
大成建設・ピーエス三菱 JV

正会員 ○新庄皓平, 正会員 細谷 学
正会員 白土博通, 正会員 八木知己
正会員 福田雅人, 黒川秀樹
正会員 大熊 光

1. はじめに

新名神高速道路生野大橋は PRC7 径間連続波形鋼板ウェブエクストラードズド橋である(図-1)。本橋のエクストラードズド橋区間の斜ケーブルは、当初計画では斜ケーブル間隔が比較的狭い並列ケーブルによる一面吊り構造であった。そのため、並列ケーブル特有の空力振動現象である風下側ケーブルにおいて風直角方向の振動が卓越するウェイクギャロッピング(以下 WG)や風方向と風直角方向の振動が連成するウェイクインデューストフラッター(以下 WIF)の発生が懸念された。これらの振動現象はケーブル定着部に疲労損傷等を与える可能性があり、注意が必要である。そこで、既往の知見を基に当初計画における斜ケーブル配置を見直したうえで、斜ケーブルの空力振動現象の発生を抑制するために実施した検討について報告する。

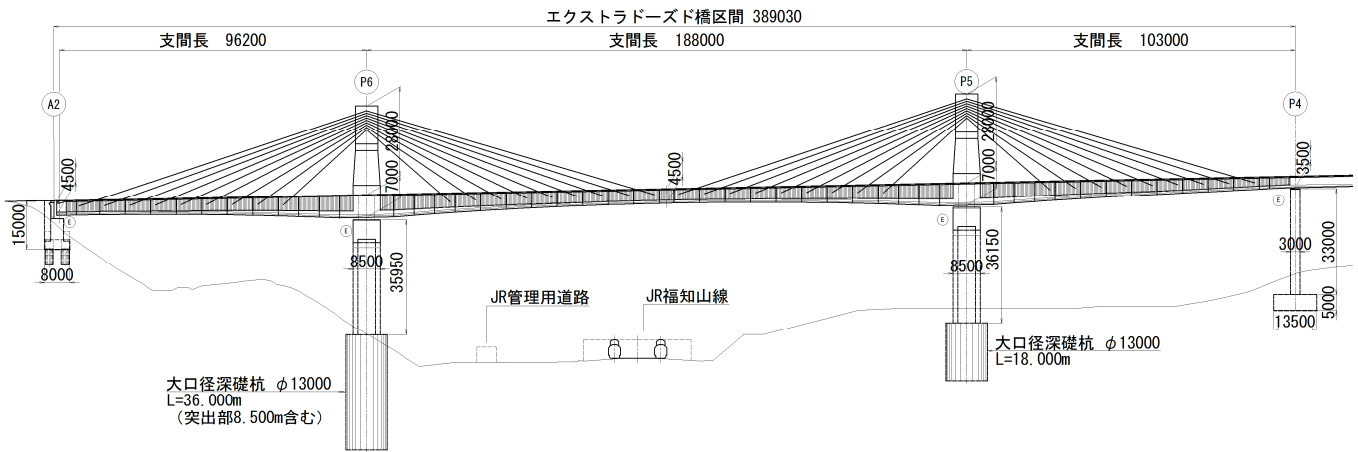


図-1 橋梁一般図(エクストラードズド橋区間抜粋)

2. 当初計画における斜ケーブル配置の概要

当初計画では、2種類の径の斜ケーブル(48S15.2及び37S15.2)を使用する予定であった。表-1及び図-2に示すようにWGやWIFの発現の重要なパラメータとなるケーブル間隔 W/D (ケーブル間隔/ケーブル径)が3.90(48S15.2)及び3.80(37S15.2)となっていた。一般にWGは $W/D=4.0$ 程度以下では励振力が大きく、ダンパー等の構造減衰を付加しても振動を抑えることが困難な大振幅のWGが発生すると考えられている¹⁾²⁾。そのため、本橋においても大振幅のWGが発生する可能性があるかと判断し、WGを含む各種空力振動現象の特性を踏まえ、次に示す流れで対策を検討した。

3. 斜ケーブルの制振対策

まず、WG及びWIFに対して、より安全な配置を検討し、その配置を考慮した風洞実験を通じて空力的安定性を確認する。そして、

表-1 斜ケーブル配置			
		見直し前(当初計画)	見直し後※
ケーブル種別		48S15.2	37S15.2
ケーブル径 D (mm)		187	166
ケーブル間隔 W (mm)	主桁側	730	730
	主塔側	730	1182
ケーブル間隔 W/D	主桁側	3.90	3.80
	主塔側	3.90	7.39

※見直し後についてはS1ケーブルを示す。

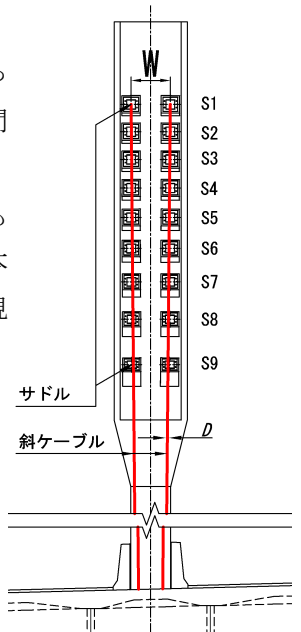


図-2 主塔断面図

キーワード 並列ケーブル, ウェイクギャロッピング, ウェイクインデューストフラッター

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) 土木技術部橋梁設計・技術室 TEL03-5381-5297

空力振動現象の発生が懸念される場合にはダンパーの設置を検討することとした。風洞実験の詳細に関しては別稿にて報告し、本稿では、ケーブル間隔の見直し並びにダンパーの設置について述べる。

3-1. ケーブル間隔の見直し

当初計画においては、 W/D が 3.90 及び 3.80 と比較的小さいため、 W/D を大きくするよう次の 2 点の対策を行った。この際、WIF の発生が懸念される $W/D=10\sim20$ の範囲³⁾にならないように併せて配慮した。

- 1) 当初計画で予定していた 48S15.2 及び 37S15.2 の 2 種類の斜ケーブルを 37S15.7 に統一するとともにケーブル径 D が小さくできる海外製の斜材を採用した。
- 2) 主桁側は中央分離帯があるためケーブル間隔を広げられないが、主塔部のサドル間隔を広げることで、 W/D を大きくし、併せて揖斐川橋³⁾で採用している非並行配置とすることで、WG の抑制に効果的な配置とした。

見直し後のケーブル配置を前出の表-1 に併せて示す。表-1 よりケーブル間隔は主桁側で $W=730\text{mm}$ 、主塔側は $W=1140\sim1182\text{mm}$ (すなわち、 $W/D=4.56$ (主桁側) ~ 7.39 (主塔側)) となり、WG に対して安定的な配置となった。さらに非並行配置となっているため、WG に対して最も厳しい主桁側 ($W/D=4.56$) の区間はごく一部の範囲だけである。この見直しにより構造減衰を高めるだけでは WG の発生を抑制することが困難と思われるケーブル間隔を避けることができたが、依然として低振幅の WG の発生が懸念された。そこで本橋の斜ケーブル配置を模した風洞実験を行い (構造対数減衰率は約 0.5%)、耐風安定性を確認したところ、図-3(a)に示すように本橋の W/D の範囲において低振幅の WG とみられる空力振動現象が確認された。しかし、ケーブル間隔を見直したことにより $W/D=4.0$ 以下の大振幅の WG が発生する範囲からは外れていることが確認できる。

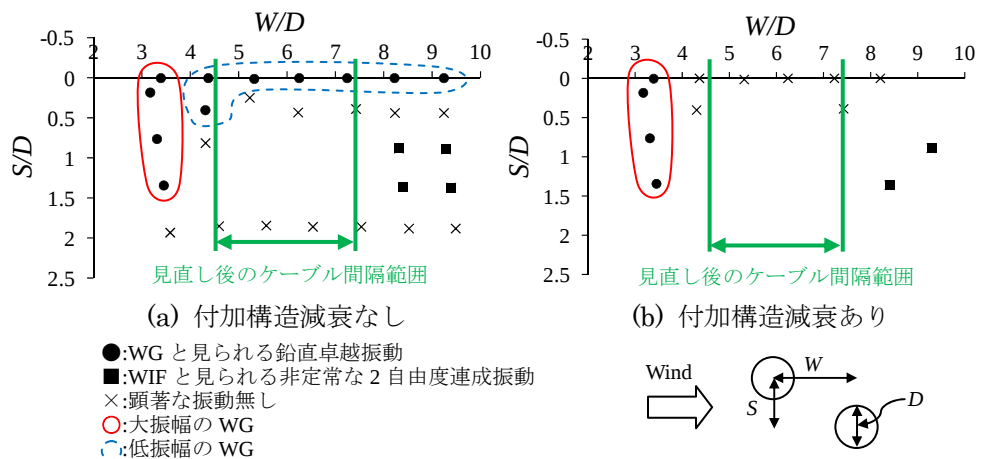


図-3 風洞実験結果

3-2. ダンパーの設置

対数減衰率約3%の構造減衰を与えた実験結果を図-3(b)に示す。これより本橋のケーブル間隔 W/D の範囲において構造減衰を高めることでWGが抑制されていることが確認された。道路橋耐風設計便覧²⁾では、降雨時に発生する空力振動現象であるレインバイブレーションによる振動の抑制に必要な減衰はスクルトン数 S_c で 140 $\sim$ 200 と示されており、これも踏まえて本橋で必要な構造対数減衰率は4.7% $\sim$ 6.7%と算出した。そこで、6.7%を満足するダンパーを各斜ケーブルに設置することとした。なお、今回の風洞実験では、ケーブル間隔 $W/D=8.0$ 以上で構造減衰を付加しても抑制が困難なWIFの疑いのある空力振動現象が確認されたが、本橋の斜ケーブルの W/D の範囲外であること、また非並行配置のためケーブル全体が振動する恐れはないと考えられることから本橋では問題ないと判断した。

4. まとめ

本橋の当初計画ではWGの発生が懸念される斜ケーブル配置となっている。そのため、構造減衰の付加では抑制が困難なWGが発生しないよう、ケーブル間隔を見直し、さらに、このケーブル間隔を模した風洞実験を行い、空力安定性を確認したうえで、制振に必要な減衰率を有するダンパーを設計した。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所他：斜張橋並列ケーブルのウェークギャロッピング制振対策検討マニュアル（案），1995年9月
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋耐風設計便覧（平成19年度改訂版），2007年
- 3) 水口和之，中須誠，春日昭夫，所伸介：三次元弾性体ケーブル模型を用いたウェークギャロッピングに関する検討，構造工学論文集，pp.1037-1042