

首都高速晴海線東雲運河渡河橋梁の耐風性評価

首都高速道路(株) 正会員 御嶽譲 木村真二 山本泰幹
横浜国立大学 フェロー 山田均
JFE 技研(株) 正会員 村上琢哉

1. はじめに 首都高速晴海線の東雲運河渡河部は、街路橋（木遣り橋）の上部約 9m に位置する 3 径間連続鋼床版箱桁橋（図－1：中央径間 132m）である。周辺地形は海岸近傍の運河渡河部ではあるものの、運河中央部には旧防波堤の緑地帯があり、中高層建築物が散在している台場地区周辺に架設される。桁断面は、図-2 の様に 4 車線の本線とその両側に併行する 2 つのサイドランプからなるが、当面の整備では、サイドランプ（ON ランプ，OFF ランプ）のみが設置される。この状態では、桁幅(B)と桁高(D)がほぼ同程度の箱桁断面が並列配置されること、街路橋の存在も空力的に無視できないことから、風洞試験を実施した。本稿では、耐風安定性の検証を目的として実施した風洞試験について報告する。

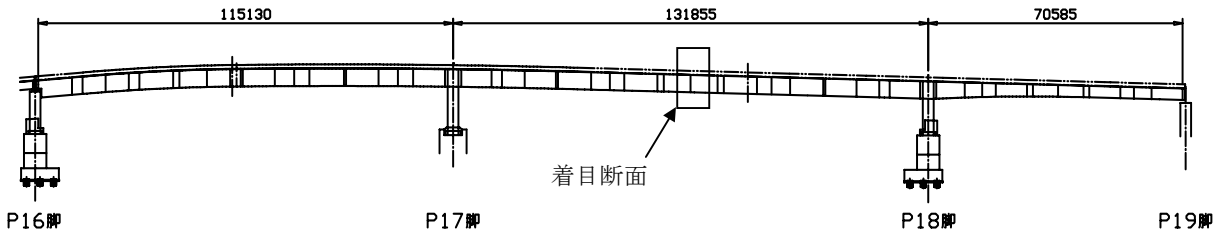


図-1 首都高速晴海線東雲運河渡河部 横断図

2. 風洞試験概要

2.1 概要 本橋の大部分が同一桁高構造であったことから、風洞試験方法は中央径間中央部（図-1の着目断面部分）を取り出した 2 次元模型による鉛直たわみ 1 自由度系のバネ支持試験とした。試験条件を表-1 に示す。これは、中央径間中央部の最低次モードを抽出したものであり、対数減衰率は、道路橋耐風設計便覧¹⁾（以下、耐風便覧）における桁橋の最小値である $\delta=0.04$ とした。対象は、主に等価質量の小さい OFF ランプとした。風向は橋軸直角方向の両側とも考慮し、OFF ランプが上流側の風向（図-2 中、風向 1）では ON ランプは設置せず、ON ランプが上流側の風向（風向 2）では ON ランプを風洞の上流側に固定して試験を実施した。また、街路橋の存在については、実験結果により振動応答に影響が認められたことから、影響試験実施後は、街路橋を常に固定のダミー模型として設置した。

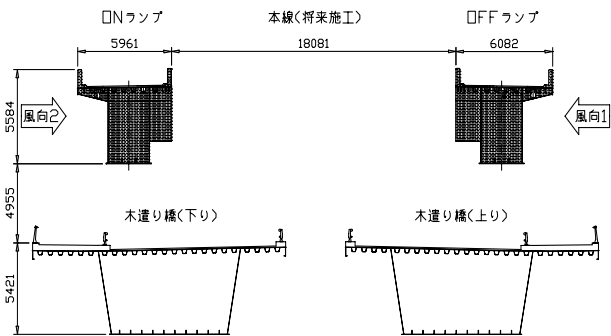


図-2 桁断面図

表－1 バネ支持試験条件

項目	OFFランプ		ONランプ	
	実橋値	要求値	実橋値	要求値
縮尺	－	1/40	－	1/40
質量	8.08 t/m	8.03 kg/模型	11.80 t/m	11.73 kg/模型
たわみ振動数	1.081 Hz	－	1.06 Hz	－
たわみ構造減衰	－	0.04	－	0.04

(備考) 模型長:1.59m

2.2 気流条件 気流は、一様流、格子乱流とし、主に格子乱流の試験を中心に実施した。格子乱流の生成方法については、Irwin²⁾ の考え方に準拠し、バネ支持試験の固有振動数以上の振動数領域における乱流スペクトル形状を実橋の気流条件と相似させる方法を採用した。実橋の気流条件は、現地周辺の地形状況を鑑み

箱桁、並列、ギャロッピング、耐風設計

て、耐風便覧¹⁾の粗度区分Ⅲ ($Iu=23\%$) とした。その結果、格子乱流の乱れ強度は 10% としている。迎角については、一様流中、格子乱流中ともに 0° , $\pm 3^\circ$ とした。格子乱流中の $\pm 3^\circ$ については、乱流スペクトルの低周波数成分を相似していないため、それを補完する位置づけとして実施した。

3. 試験結果

渦励振は発現しなかったものの、一部の試験ケースでたわみの発散振動が発現した。耐風性評価にあたっては、照査風速以下において、構造系が降伏応力に達する振幅以下（実橋振幅で約 16.4cm ）であることを耐風安定性を満足する条件とした。降伏応力に達する振幅は振動モードの補正係数³⁾により換算した値とし、格子乱流中のバネ支持試験の最大振幅値と比較した。照査風速は、耐風便覧¹⁾を基に 38m/s とした。格子乱流中の結果で評価した理由は、粗度区分Ⅲでは一様流に近い風は生起しないと考えられること、たわみ発散振動は発生メカニズムも明確で、乱れ強度が大きい気流では安定化することが知られていることによる。以下、OFF ランプの試験結果について概要を述べる。

3.1 OFF ランプが上流側の風向（風向 1）

代表的な試験結果として、迎角 0° の一様流、乱流の風速－振幅図を比較して、図－3 に示す。同図のプロットは変動振幅の平均値、線は変動幅を示している。これより、一様流中では、街路橋の影響によって、発散振動の発現風速は低下し、街路橋が応答特性に影響を及ぼしていることがわかる。また、一様流中では、照査風速 38m/s で振動が桁幅の 5% 以上と大きな振幅となるが、格子乱流中では照査風速内では最大振幅 11cm であり、今回定めた耐風安定性を満足していることがわかる。

3.2 OFF ランプが下流側の風向（風向 2）

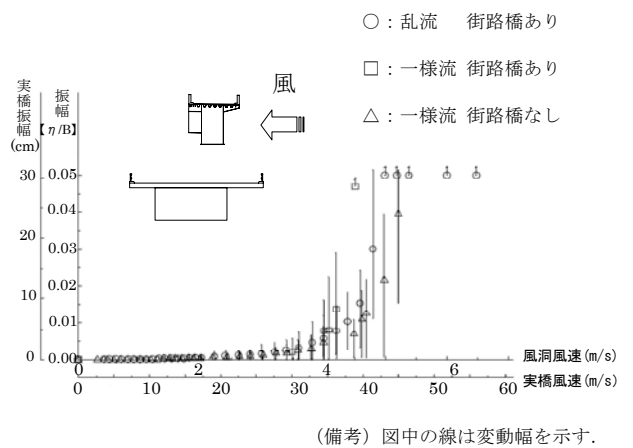
乱流中の並列状態の風速－応答図を図－4 に示す。これより、実橋風速 45m/s 付近の狭い風速域で風速限定型の発散振動が生じているものの、照査風速までは限定的な振動に限られ、耐風安定性を満足することがわかる。

4. まとめ

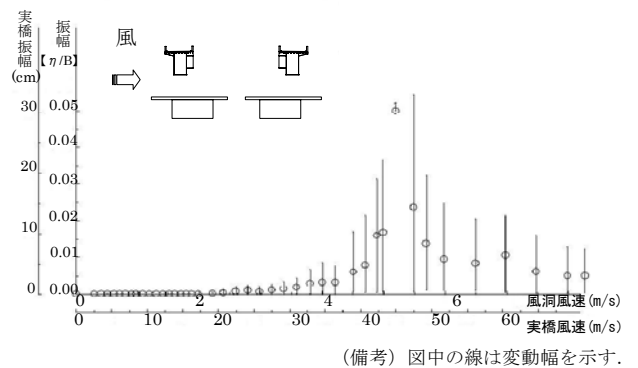
過去に例を見ない $B/D \approx 1$ の箱桁断面の並列配置に対して、バネ支持試験を実施した。現地の乱流スペクトルを部分的に相似した格子乱流による気流を用いた試験により耐風性を評価した。その結果、水平プレートや下部スカート設置などの耐風対策を行わなくても、耐風安定性を満足すると判断される。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋耐風設計便覧，平成 3 年 7 月。
- 2) P. A. Irwin: The role of wind tunnel modeling in the prediction of wind effects on bridges, *Bridge Aerodynamics*, Larsen & Esdahl(eds), pp.99-117, 1998.
- 3) 山田均，田中宏：部分模型実験の質量相似則とそれに基づく応答予測，土木学会論文集，第380号／I-7，pp.341-348，1987年4月。



図－3 風速－振幅図（風向 1：迎角 0° ）



図－4 風速－振幅図（風向 2：迎角 0° （乱流））