

大型パネルで覆われた4主I桁橋の耐風特性

川田テクノロジーズ 正会員 畠中 真一
甲木 里沙
フェロー 越後 滋

1. はじめに

主要な道路にかかる橋梁については、火災や塩害による損傷を抑えるために、主桁を大型パネルで覆う対策が検討されている。図1は耐火パネルの設置イメージ¹⁾であるが、既設橋に対するこのような対策は、断面形状を大きく改変するものであり、耐風性への影響が懸念される。このため筆者らは昨年度、幅員が8m程度の2主I桁橋(B/d=1.9)を対象に、パネルを設置した場合の応答変化を確認した²⁾。

今回は、幅員(B/d)のより大きな橋梁についても、風洞試験を行い、パネルの影響を検討したので、その結果を報告する。



図1 耐火パネルによる橋梁の耐火工

2. 試験概要

対象とする橋梁は、4車線と片側歩道を有する幅員21m級の4主I桁橋(B/d=4.7)をモデルとした。大型パネルとしては文献1)の耐火パネル(単位重量は60kg/m²程度)を想定し主桁部を覆う構造とした。なお、パネルの設置にあたっては、管理用スペースと断熱のための空気層厚さを保持する必要性から、主構造から600mm程度の間隔を保持して設置している。また、パネル設置に伴う振動数の変化は、質量の増分のみを考慮した。図2および表1に断面形状と試験諸元を示す。耐風設計便覧では、支間長65mの桁橋の構造減衰(対数減衰率)は、 $\gamma=0.04$ 程度が目安とされるが、今回の試験では振動現象の有無を確認することを主な目的としたため、実橋で想定されるよりも小さい $\gamma=0.02$ と設定し、パネル設置前後の応答振幅と三分力係数の変化、パネル表面圧力を確認した。試験に使用した風洞は、川田工業(株)所有の水平回流式ゲッチンゲン型風洞(閉鎖型測定洞:幅2.0m×高さ2.5m×全長15.0m)である。

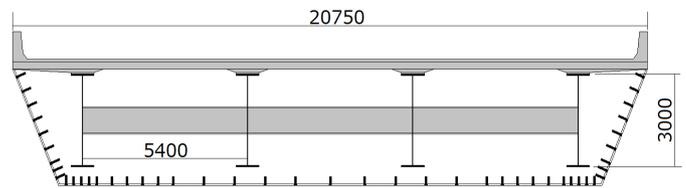


図2 パネル付き断面と圧カトップ位置

3. 試験結果と考察

図3(a)~(c)は、4主I桁橋におけるパネル設置前後の応答振幅を比較したものである。これらの図から判るように、 $\alpha=-3^\circ, 0^\circ, +3^\circ$ のいずれの迎角でも、実橋風速 $V_p=50\sim 60\text{m/s}$ の風速域を中心にたわみ振動の発現が認められた(図中 \square)。迎角毎の発現風速を比較すると、迎角 $\alpha=0^\circ$ においては、パネル設置前は $V_p=42\text{m/s}$ であった発現風速がパネルを設置することで 50m/s 程度へと上昇させる効果を示している。しかし、 $\alpha=-3^\circ, +3^\circ$ におけるパネル設置前後の発現風速は、ほとんど変化しておらず、パネルによる影響は一定していない。

ねじり応答(図中 \square)に着目すると、迎角 $\alpha=-3^\circ, 0^\circ$ では、 $V_p=30\sim 40\text{m/s}$ の風速範囲でねじり渦励振が発現しており、 $\alpha=0^\circ, +3^\circ$ では、 $V_p=50\text{m/s}$ を超える風速域で比較的大きなねじり振動が発生する

表1 試験諸元

項目	実橋値	実験値
縮尺		1/50
幅員	20 750 mm	415 mm
桁高	3 000 mm	60 mm
想定実橋長	65 m	1 620 mm
模型長		
質量	22.88 / 21.39 t/m	14.82 / 13.86 kg/model
極慣性モーメント	901.5 / 780.1 t·m ² /m	0.2337 / 0.2024 kg·m ² /model
振動数	たわみ	1.399 / 1.436 Hz
	ねじり	1.501 / 1.564 Hz
振動数比	1.07 / 1.09	1.29 / 1.30
構造減衰	たわみ	0.02
	ねじり	0.02
風速倍率	たわみ	16.6 / 16.5
	ねじり	13.8 / 13.8

(パネル設置後 / 設置前)

キーワード 風洞試験, 耐火, パネル, I桁橋

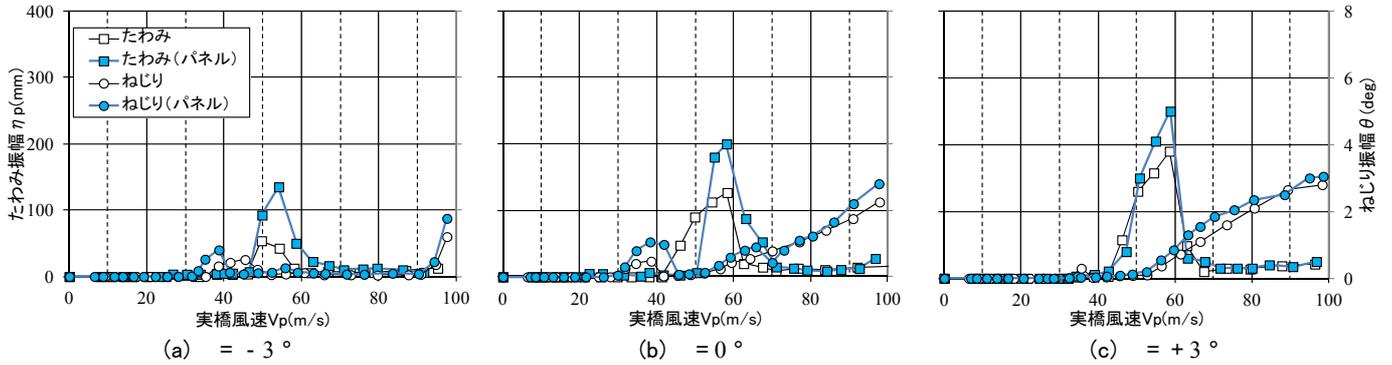


図3 パネル設置による応答振幅の変化(一様流)

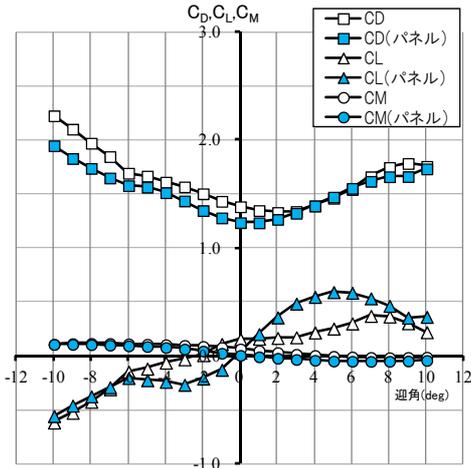


図4 三分力係数の変化

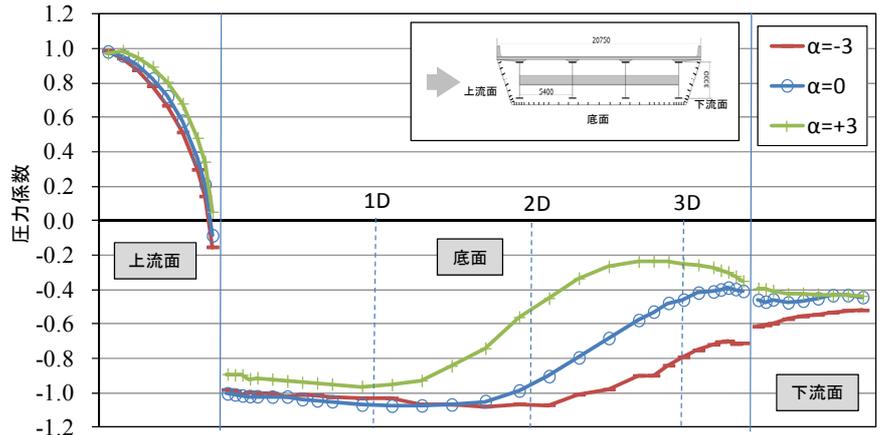


図5 パネルの表面平均圧力係数

ことが判る。これらの特徴はパネルの有無によらず共通しており、発現する可能性のある振動現象と風速の関係は、パネルを設置してもさほど変化しないことが判った。ただし、振幅に着目すると、たわみ・ねじりともにパネル設置後には一様に大きくなる傾向が確認できる。とりわけ、迎角 = -3°におけるたわみ応答では、パネル設置後の実橋換算振幅が2倍以上($\eta_p = 60\text{mm} \rightarrow 130\text{mm}$)となっている。

図4にパネル設置前後の三分力係数を、また、図5にはパネル表面の平均圧力係数を計測した結果を示す。4本の主桁による桁下面の凹凸が、パネルによって平滑化されることから、この部分に直接風が作用する正の迎角で抗力が減少するものと思われたが、試験では迎角が負となる領域で抗力が1割程度低下するという結果となった。抗力を決定づける要素として上流面の形状と迎角の関係が支配的であったものと考えられる。

図5の底面の圧力分布に着目すると、迎角 = -3°(-印)では、底面の負圧が吹送距離 2.0D 付近から緩やかに低減しているが、迎角がプラスになるに従い低減開始位置が上流側に移動し、迎角 = +3°(+印)では 1.3D 付近から負圧が顕著に低下していることが判る。剥離流の平均的な再附着位置が上流側へ移行しているものと考えられ、パネル設置後の揚力係数 C_L の勾配(図中)がこの迎角範囲で明確な正勾配となっていることに符合している。これと比較して、パネル無しの場合の揚力係数 C_L (図中)は勾配が緩やかであるが、剥離流に起因する負圧への感性が、パネルを設けることにより高められるものと考えられる。

本検討は、比較的小さい減衰率の条件下での試験を行ったが、スパンが長く、ゴム支承で支持されるなど、減衰率が小さくなる条件の重なる橋梁に大型パネルを設置する場合には、慎重に検討する必要があると言える。

4. おわりに

幅員が小さい($B/d=1.9$ 程度)場合にはパネルの影響は極めて小さいが²⁾、今回対象としたようにある程度の幅員(B/d)を越えると、パネルで覆うことにより振動振幅が拡大される傾向にあることが確認された。今後、乱流の効果や、パネル自体の振動現象の防止についても検討を進め、パネル設置への信頼性を向上してゆきたい。

【参考文献】1)柳澤,越後,長谷,大山,栗田:橋梁用耐火パネルの性能評価,構造工学論文集 Vol.58A,2012.3.

2)畠中,甲木,越後:大型パネルで覆われたI桁橋の耐風特性,土木学会第69回年次学術講演会概要集,I-239,2014.9.