

並列連続変断面箱桁橋の耐風性能改善について

九州工業大学大学院 学生員 ○東秀明 佐野啓介 山内一朗

九州工業大学 正会員 久保喜延 木村吉郎 加藤九州男

(株)建設技術研究所 正会員 鈴木泰之 田中英明

1. はじめに

並列箱桁橋の対風応答特性は単独橋の場合とは異なる性状を示すことが良く知られており、その特性は現在解明できていない。さらに対象橋梁は変断面で構成されており、この特性もやはり解明されていない。このことから橋梁を設計する際に対風特性を机上で検討することは困難であるため、風洞試験によって対風特性を把握することが多い。そこで本研究では、並列変断面箱桁橋を対象として風洞実験を行い、応答特性を把握して耐風安定化の手法についても検討することを目的としている。

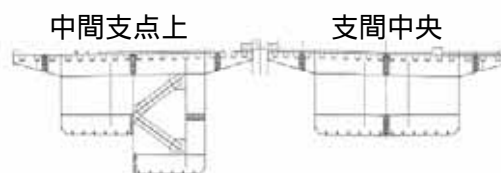


図-1 模型断面図

2. 実験概要

対象橋梁では設計段階で高欄にガラス板が採用されており、さらに箱桁下部は 1/4 円形部 (R 有りとする) となっている。これらの特徴が耐風挙動にどのように影響するかを検討するために、高欄をガラス板と普通高欄、桁下部を R 有りと R 無しに分けた。これらの各組み合わせを実験ケースとして、可視化実験及び応答実験を行った。

2-1 可視化実験 並列橋のスパン中央断面の周りの風の流況の状況を把握することを目的として可視化を行う。実験には可視化試験用小型風洞を使用した。

2-2 風洞実験 実験には、回流式風洞 (測定断面高さ 1800mm, 幅 900mm) を使用した。対象橋梁の実験用模型は弾性模型とし、縮尺率 ($S=1/n$) は 1/80 とした。対象橋梁の標準桁断面を図-1 に示す。実験はたわみ応答実験とし、並列状態および単独状態で測定した。

表-1 橋梁諸元

下り線	実橋	実現値
桁幅 (m)	12.75	0.159
桁高 (m) *	3.20 ~ 8.00	0.04 ~ 0.1
たわみ振動数 (Hz)	0.578	5.17
構造減衰率	-	0.013 ~ 0.015
上り線	実橋	実現値
桁幅 (m)	12.75	0.159
桁高 (m) *	3.20 ~ 8.00	0.04 ~ 0.1
たわみ振動数 (Hz)	0.584	5.22
構造減衰率	-	0.014 ~ 0.016

*代表桁高さ $D=0.040m$

3. 実験結果および考察

3-1 可視化実験 図-2 から図-5 はそれぞれ風を左から吹かした状態 (海側からの風に対応した場合) で、上流側は上り線、下流側は下り線である。高欄について検討するために図-2・図-4 の桁上面側の風の流況状態を比較すると、ガラス高欄である図-2 では図-4 に比べて渦の規模が大きく、上流側で発生しているため下り線上面に付着している。図-3・図-5 においても同様のことが言え、このことから普通高欄はガラス高欄に比べて耐風性に優れていると考えられる。次に桁下部の断面形状の影響について検討するため、図-4・図-5 の桁下面側の風の流況状態を比較した。高欄の比較時ほどではないが図-5 では図-4 に比べて渦の規模が大きく、発生位置が上流側となっている。図-2・図-3 でも同様に言えることから桁下 R 有りは R 無しに比べて耐風性に優れていることが考えられる。したがって、可視化実験の結果より、耐風安定性に優れているケースは図-4 の普通高欄・桁下 R 有りであると考えられる。

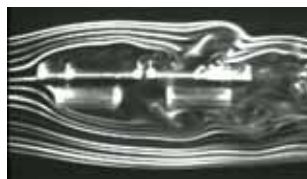


図-2 ガラス高欄・R 有



図-3 ガラス高欄・R 無



図-4 普通高欄・R 有



図-5 普通高欄・R 無

3 - 2 風洞実験 測定した応答については、横軸に換算風速 ($V_r = V/fD$)、縦軸にたわみ無次元倍振幅 ($2A/D$) として応答図に示す。ただし、 V : 風速(m/s)、 f : 鉛直たわみ固有振動数(Hz)、 D : 代表桁高さとする。

(1) 高欄の影響 設計段階でのガラス高欄・桁下 R 有りのケースと、可視化実験で耐風性に優れていた普通高欄・桁下 R 有りのケースを比較し高欄の検討を行う。上り線の応答図を図-6、下り線の応答図を図-7 に示す。ガラス高欄について下り線で $V_r=10$ から、上り線で $V_r=20$ から振幅が大きくなり、特に $V_r=30$ から上下線ともに発散的に上昇している。

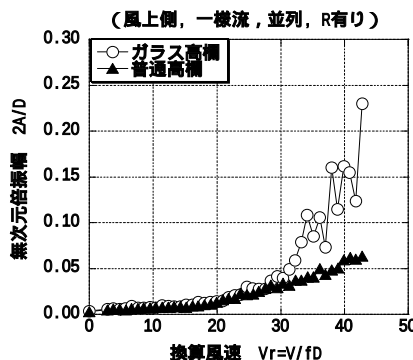


図-6 上り線応答図

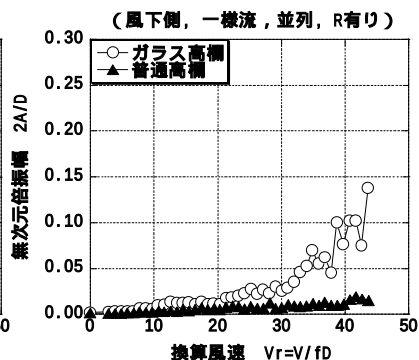


図-7 下り線応答図

一方、普通高欄では上下線ともにガラス高欄程の振幅は発生していない、特に下り線においては高風速域でもほとんど振幅は生じていない。このことから可視化実験での検討と同じく高欄において普通高欄を用いる場合が耐風性に優れていると考えられる。

(2) 単独橋での桁下部断面の影響 これまでの実験の結果からガラス高欄は耐風性が悪くなることが確認されたので普通高欄を採用する。単独橋としては下り線を用い、桁下 R 有り・無しの場合について一様流中での応答実験を行った。その結果を図-8 に示す。大きな差は出なかったが、 $V_r=8.2$ で桁下 R 有りの場合で渦励振が発生し、高風速域で R 無しより振幅が小さくなっている。こ

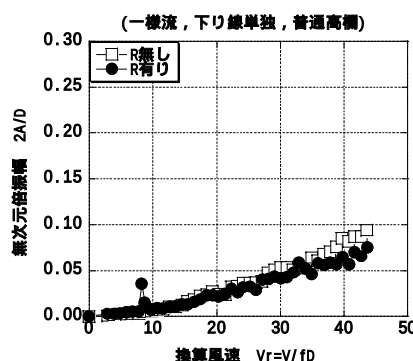


図-8 桁下 R 有り・無しの応答図

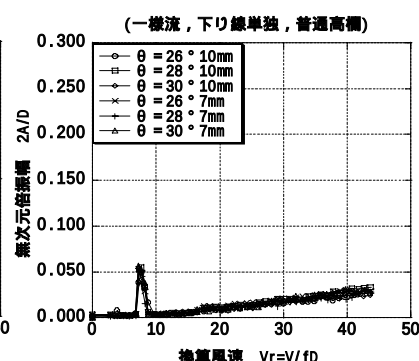


図-9 角面取化の応答図

こでさらに耐風性に優れた断面を検討するために図-10 に示すように模型桁下面から 7mm と 10mm の位置から水平との角度を $\theta=30^\circ \cdot 28^\circ \cdot 26^\circ$ で角面取化を行い、単独橋で実験を行った。応答図を図-9 に示す。図-8 の場合と比較すると、各ケー

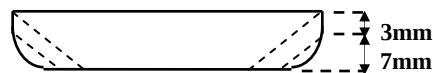


図-10 角面取化の模型断面図

スとも $V_r=7.25$ 前後で渦励振が発生したが、渦励振域以外では振幅は 1/2 程度に抑制されている。一方、並列橋では渦励振は図-6・図-7 のように発現しないと考えられることから、角面取化によって耐風性の向上を確認することができた。面取高や面取角度の差で応答に違いは見られなかった。そこで、構造的に有利となる箱桁下フランジ幅を長くとれる $\theta=30^\circ$ 、7mm の場合を採用することにした。

(3) 並列橋での $\theta=30^\circ$ 、7mm の検討 単独橋で耐風性が良好であった桁下角面取 $\theta=30^\circ$ 、7mm のケースを再度並列橋で桁下 R 有りのケースと比較する。上下線の応答図を図-11・図-12 に示す。いずれも大きな変化は見られないが、角面取により発生した単独橋の渦励振は並列時には大幅に抑制されている。

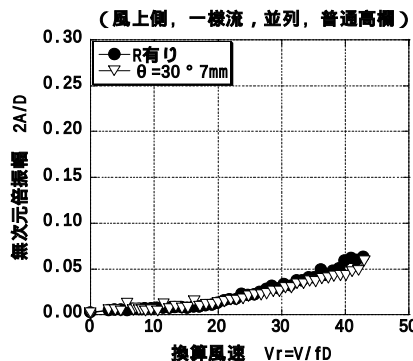


図-11 上り線応答図

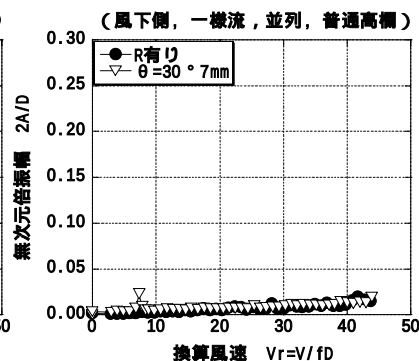


図-12 下り線応答図

4. まとめ

可視化実験と風洞実験により、設計段階のガラス高欄は普通高欄に比べて耐風性が悪いことが確認され、桁下部の断面においては R から角面取化を施したことで耐風性を向上させることができた。このことから本橋の場合、普通高欄・桁下角面取化の組み合わせの場合に耐風性が良好になることがわかった。