

高欄を設置した橋梁箱桁断面の乱流効果 —— 渦励振への影響 ——

Effect of Turbulent Flow on Vortex-induced Oscillation of Box Girder Bridge with Handrails

松本 勝*、白石成人**、三澤 彰***、村上琢哉***、佐野祐一***、
高橋邦夫****、金田士郎*****、川邊弘美*****

By Masaru MATSUMOTO, Naruhito SHIRAISHI, Akira MISAWA, Takuya MURAKAMI, Yuuichi SANO,
Kunio TAKAHASHI, Shiro KANEDA and Hiromi KAWABE

Vortex-induced oscillations in heaving motion of a box girder with handrails were examined and the effects of turbulent flow on its amplitude are discussed. Experimental results indicated that the amplitude of vortex induced oscillation in turbulent flow was much bigger than in smooth flow. This phenomenon is different from the general phenomena that amplitude of vortex induced oscillations in turbulent flow is smaller than in smooth flow. This phenomenon raised a problem about the way of evaluating reliability of bridge sections against wind by considering the responses in smooth flow on wind tunnel tests. In this paper, the effects of the shapes of handrail models on the responses of vortex induced oscillations in turbulent flow were investigated by wind tunnel tests.

1. はじめに

近年、箱桁断面を有する斜張橋や吊橋が多く建設される傾向にあり、それらについて渦励振などの空力不安定振動に対する研究も多く行われてきている。それらの研究は、断面形状に関するものが多く高欄などの付加物による影響を考慮に入っていないものが多い。しかし、宮崎ら¹⁾は一樣流中において迎角がゼロの場合高欄の存在によって渦励振応答振幅が大きくなることを報告しており、高欄の耐風安定性への影響は無視できないと言える。特に幅員の小さな橋梁ではその影響は大きいと考えられる。

そこで本研究では幅員の比較的小さな断面について高欄の空力的影響について実験的研究を行った。対象とする空力振動は渦励振とし、特に乱流中での応答に着目したところ、一樣流中と比較して、乱流中の方が渦励振振幅が大きくなる(約4～7倍)現象が生じた。渦励振に関する過去の研究において、一部では乱流効果によって一樣流よりも乱流の方が渦励振振幅が若干大きくなる断面の報告もなされているが²⁾、一般には、乱れの影響のため、一樣流よりも乱流の方が渦励振応答振幅が小さくなると言われている。³⁾ よってこ

- | | | |
|-------|----------------------|---------------------|
| * | 工博 京都大学助教授 工学部土木工学教室 | (〒606 京都市左京区吉田本町) |
| ** | 工博 京都大学教授 工学部土木工学教室 | (〒606 京都市左京区吉田本町) |
| *** | 京都大学大学院 | (〒606 京都市左京区吉田本町) |
| **** | 岩手県 土木部河川課 ダム企画管理室長 | (〒020 盛岡市内丸10-1) |
| ***** | 岩手県 日向ダム建設事務所長 | (〒020 盛岡市内丸10-1) |
| ***** | 東京建設コンサルタント 東北支店 | (〒020 盛岡市本町通1-9-14) |

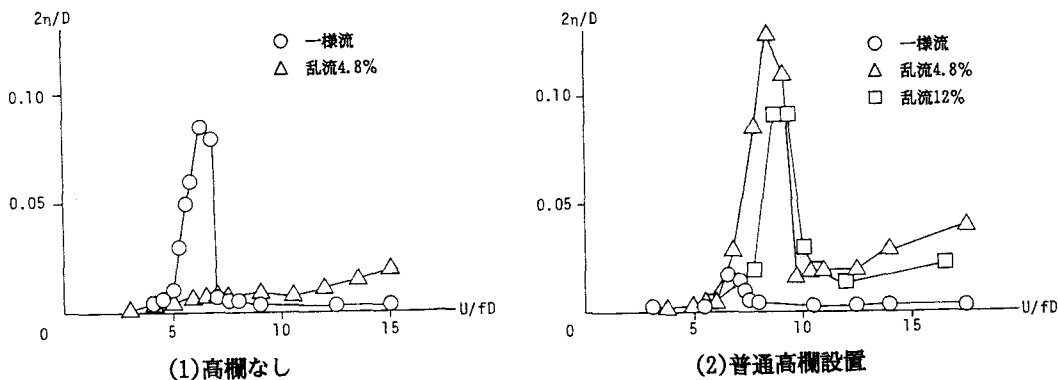


図4 高欄の有無による応答の変化

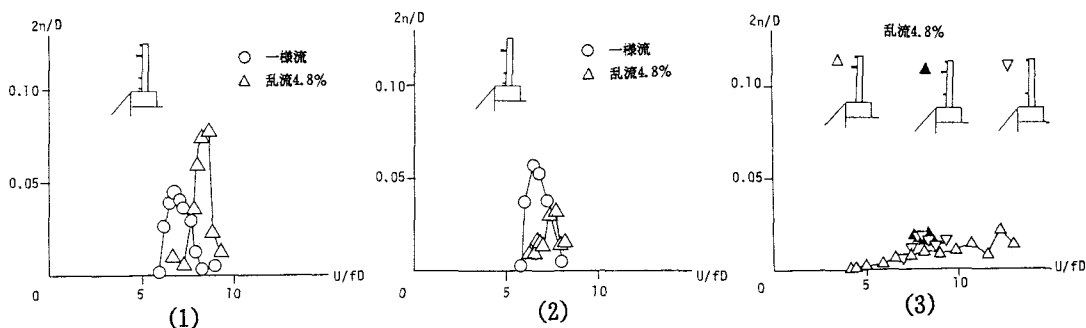


図5 高欄の形状の影響

励振は認められなかった。これに対して高欄を取り付けたケースでは一様流中より乱流中の方が渦励振最大応答振幅が大きくなっており、本モデルの渦励振特性は一般的な現象、つまり乱流中において渦励振の振幅が低減する現象とはかなり異なった挙動を示していると言える。過去の松本らの研究において、辺長比が1:3の矩形断面モデルでのたわみ渦励振において、乱流中での応答振幅の方が若干大きい例も確認されている。²⁾しかし、今回の高欄付のモデルにおいて一様流中の渦励振最大振幅に対して乱流 ($I_u=4.8\%$) 中では7.4倍、乱流 ($I_u=12\%$) 中では5.6倍の最大振幅を示していることや高欄付の場合と高欄無しの場合で挙動が著しく異なることを考えると、この高欄付のモデルの渦励振特性は特に注意すべき現象であり、本モデルのような橋梁断面において耐風安全性を評価する際には高欄付のモデルで乱流中の挙動についても検討することが必要であることが示唆される。

さらに、格子乱流12%よりも格子乱流4.8%の渦励振の最大応答振幅が大きいことに着眼すれば、乱れの強さが大きいほど応答振幅が大きくなるとは必ずしも言えず乱れの強さ以外の因子、例えば乱れのスケール等も応答振幅に対して影響を与えているように思われる。このような空力特性への影響の高欄に関するパラメータとしては高欄の形状、支柱の取り付け位置、高欄の充実率などが考えられる。

また、本試験範囲では渦励振の発生領域が高風速域に移動しているのは、乱れ強度が大きいほど乱れの連行作用によりアフターボディーが伸びた効果を与えているからと思われる。

②高欄の形状の影響

図6(1)は図2に示めた高欄と寸法の等しい水平バーを片側3本の支柱に固定して、図2の高欄と比較的

近い形状を再現した高欄を設置した応答振幅図である。図により、渦励振応答振幅は乱流4.8%中、一様気流中で、それぞれ無次元振幅0.077、0.043となっており、図4では渦励振最大応答振幅が乱流4.8%中で無次元振幅0.116、一様気流中で0.041であることと比較すれば、乱流4.8%中の応答振幅に若干の差異がみられる。これはわずかであるが充実率に違いがあることや、図2の高欄を設置したケースの方が支柱の本数が多いことが影響しているとも考えられる。しかし、現象としては十分に再現されていると言える。

図5(2)は図5(1)の高欄の最上部の水平バーを除いたケースであるが、図5(1)のケースとの振幅比は乱流4.8%中で、0.41、一様気流中で1.34となっており、また渦励振最大応答振幅は乱流4.8%および一様気流中でそれぞれ無次元振幅0.031、0.057となり、結果的に乱流4.8%中の応答よりも一様気流中の応答の方が大きくなっている。この結果、最上部の水平バーの有無が本現象に非常に大きな影響をもたらしていると考えられる。また、図5(3)は、中央部のバーを取り除いた高欄の場合の乱流中の応答であるが、いずれも応答振幅が比較的小さい。よって高欄の最上部の水平バーだけでなく高欄の充実率や水平バーの間隔も高欄部を抜ける気流に影響を与えていると思われる。

③水平バーの位置による影響

図6は高欄の形状を一定にして水平バーの位置を変化させた場合の応答振幅を示した図である。これは回転可能な支柱(図3)を回転することによって結果的に高欄モデルの水平バーが、(1)では地覆の中央部に、(2)では地覆の外側部分より3mmの位置に、(3)では地覆の外側部分より4mmの位置に、(4)では地覆の内側部分の延長上に、それぞれ設置されている。図に示されるように、渦励振最大応答振幅は(2)では一様気流及び乱流4.8%中で、ほぼ同じ値となっている。(4)は一様気流中の方が乱流4.8%中よりも大きい。また、(1)、

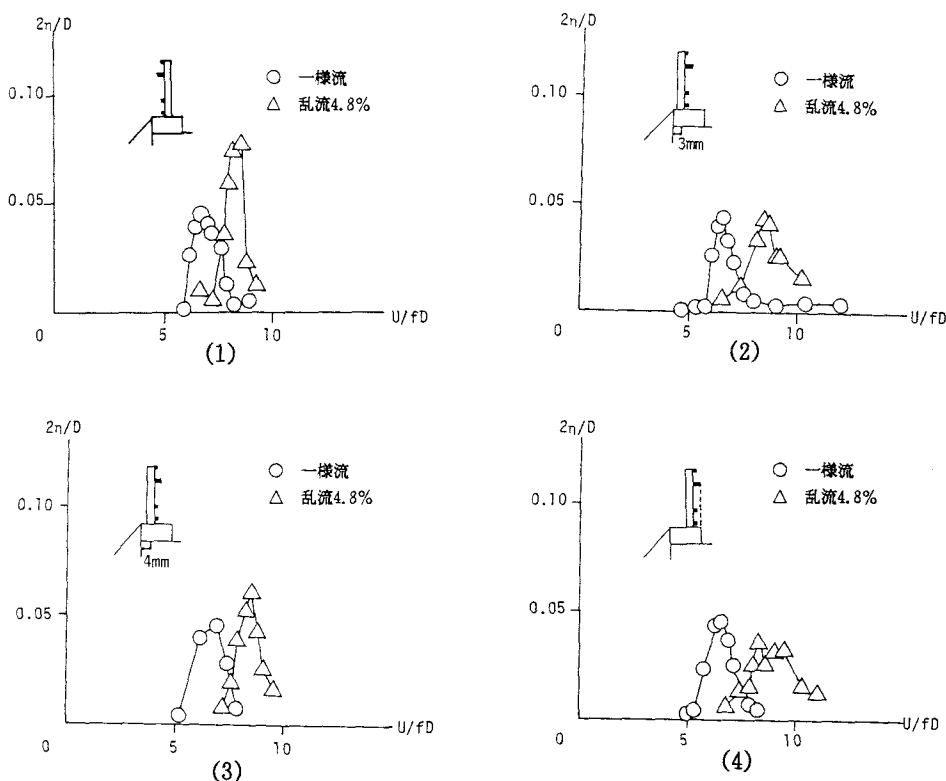


図6 水平バーの位置の影響

(3)では一様気流中よりも乱流4.8%中の方が大きい。この結果から考えて、充実率及び水平バーの高さ以外の因子として、水平バーの位置も重要なパラメータであることがわかる。

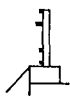
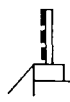
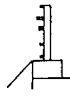
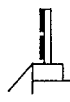
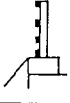
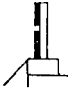
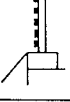
④高欄の充実率の影響

図7に高欄を地覆の中央部に設置した状態で充実率を変化させたときの、一様流中と乱流中($Iu=4.8\%$)における渦励振最大応答振幅の様子を示す。表2に使用した高欄モデルの種類と充実率を示す。図に示されるように、多数の風抜部を有する高欄(図8; Type1)の充実率が約20%~70%の範囲で乱流4.8%中の応答振幅が一様流中よりも大きくなっていることがわかる。また、風吹抜け部が下側に集中した高欄(図8; Type2)では充実率が60%~70%でも乱れによる渦励振応答の低減効果が生じていることがわかる。これらのことより「一様流中よりも乱流中の方が渦励振応答が大きくなる」特異な現象は本モデルでは、多数の風抜部がある高欄でその充実率が約20%~70%の範囲の場合に生じている。よってこの現象は、高欄の風吹抜け部を気流が通ることによって断面上部の渦に影響を与えることによって生じる現象と思われる。

⑤片側のみの高欄の影響

図9はそれぞれ上流側にのみ高欄を設置、下流側にのみ高欄を設置したケースである。図より、上流側にのみ高欄をつけた場合は一様流中での応答の方がやや大きくなっているが、乱流中での応答も無次元振幅0.056とかなり大きい値となっている。下流側にのみ高欄をつけた場合は一様流中でのみ渦励振が発生しており、高欄を設置しない場合と似たような応答を示している。よって上流側の高欄が乱流中での渦励振発生に重要な役割を果たしていると考えられる。しかし、両側に高欄を設置したケース(図6(1))の乱流中の応答

表2 高欄モデルの種類

No	モデル 充実率	No	モデル 充実率	No	モデル 充実率
1		6		11	
	23%		70%		70%
2		7		12	
	31%		80%		80%
3		8		13	
	40%		90%		90%
4		9			
	50%		100%		
5		10			
	60%		80%		

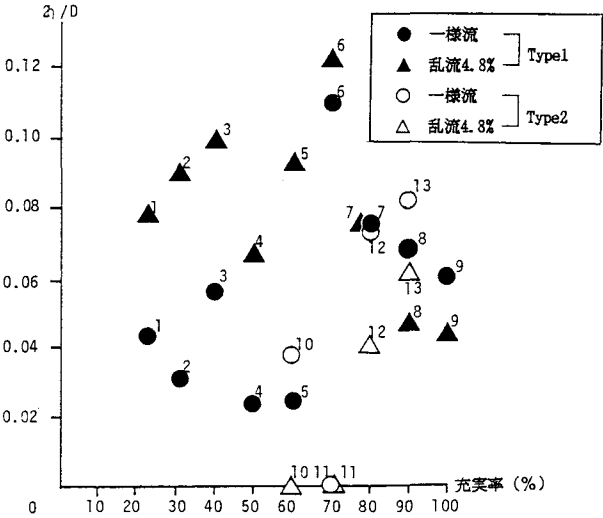
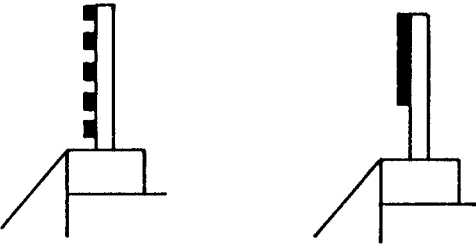


図7 高欄の充実率の影響



Type 1 多数の風抜部を有するモデル Type 2 風抜部が下側に集中したモデル

図8 高欄モデルのタイプ

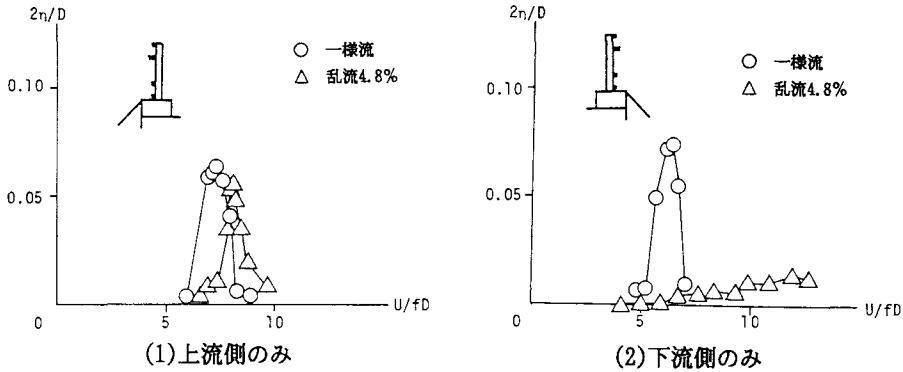


図9 片側のみの高欄の影響

の方が上流側のみに高欄を設置したケース（図9(1)）の乱流中よりもかなり大きいことより、下流側の高欄の存在も「一様流中よりも乱流中の方が渦励振応答が大きくなる」現象発生に寄与していると考えられ、両側の高欄を設置した場合にのみこの現象が発現すると判断される。

4. 結果及び今後の課題

本研究では、高欄をつけた箱桁断面モデルの渦励振振動応答に及ぼすの乱流効果について検討を行った。特に本研究で対象とした「一様流中よりも乱流中の方が渦励振応答が大きくなる」現象は、本モデルの場合、

- 支柱の位置によって微妙に変化する、
- 高欄の形状によって微妙に変化する
- 高欄の充実率が重要なパラメータの1つであり、充実率が約20～70%の場合に発現する、
- 高欄の高さ方向の中央部分に数多くの風抜部を有する高欄を設置した場合に発現する、

と言う特徴を有していると考えられる。また、上流側の高欄がこの現象の発生にとって重要な役割をしていることとあわせると、水平バーの位置により変化する上流側の各水平バーからの剝離流れに大きな影響を受けていると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 宮崎、古高、伊藤；”耐風性を考慮した長大箱桁橋梁の桁形状選定に関する実験的研究”、第8回風工学シンポジウム論文集、1984年
- 2) 松本、白石、本田；”渦励振に及ぼす乱流効果についての実験的研究”、第37回土木学会年次学術講演会、1982年
- 3) 武田、園部、橋本；”渦励振応答振幅の推定に関する実験的考察”、第9回風工学シンポジウム論文集、1986年

(1989年10月2日)