

非対称断面箱桁橋の渦励振に及ぼす乱れの影響

徳島大学 学生会員 植松 謙太

徳島大学 フェロー 長尾 文明

1. はじめに

風による橋梁の振動は、橋梁断面形状や橋梁周辺地形や作用する気流特性などにより異なることから、個々の橋梁ごとに慎重な検討を行う必要がある。現在、長大橋と呼ばれる中央支間長が比較的長い橋梁は、風による振動がないかどうか机上評価¹⁾を行い、風力不安定振動の発生が予想される場合には、風洞試験によってその耐風安定性を確認することが一般的に行われている。通常、気流の乱れは、橋梁の渦励振を安定化させる効果があることが知られている。本研究では、風洞実験にて風洞内に格子を設けて乱れ強さの異なる乱流中における渦励振応答の抑制効果に関する検討を行う。

2. 実験概要

今回対象とした橋梁断面を図 1 に示す。対象断面は、最大支間 134.5(m) となる径間の支間中央とし、本橋は曲線橋であるが、 $R=1100\text{m}$ 程度であるため直線橋とし、部分模型で試験を行った。

風洞は徳島大学工学部多機能境界層風洞試験装置（測定胴:幅1m×高さ2m×長さ5m）を使用し、縮尺 1/50 の 2 次元剛性模型を用いたバネ支持模型試験を実施した。一様流中での実験の後に、格子（格子間隔 $w=150\text{mm}$ ，格子幅 $d=30\text{mm}$ ）を設置し、模型との距離を変えることによって乱れ強さを変化させ実験を行った。図 2 に格子設置時の実験の様子を示す。また、横断勾配により、左右で桁高が変わることから、桁高大が風上（陸側から海側の風）の場合の実験を行った後、桁高小が風上（海側から陸側へ吹く風）の場合についても実験を行った。

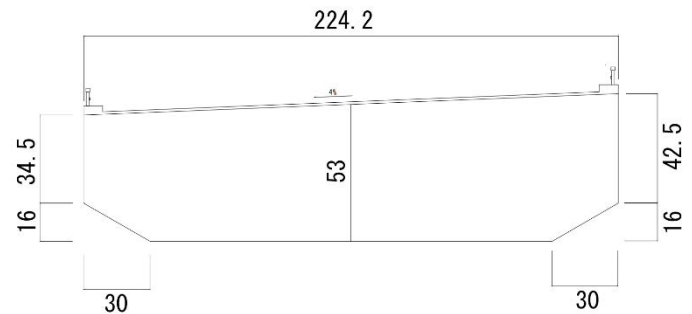


図 1: 模型断面 (mm)



図 2: 格子設置時の実験の様子

3. 格子による乱れの測定

格子を模型との距離と模型断面中央の桁高 ($D=53\text{mm}$) で基準化し、 $x/d=9.4, 13.2, 16.0, 18.9, 23.0, 27.0$ の時の主流方向乱れの強さ I_u と鉛直方向乱れの強さ I_w と両方向の乱れのスケール Lu 、 Lv を熱線風速計により求め、表 1 に示す。試験結果より得られた主流方向の乱れ強さ I_u の平均値を利用して、乱流場における応答についての検証を行う。

x/D	I_u (%)	Lu/D	I_w (%)	Lv/D
9.4	23.7	0.94	17.2	0.377
13.2	20.2	0.94	15.0	0.377
16.0	17.5	0.85	13.3	0.472
18.9	15.4	0.94	12.0	0.377
23.0	13.9	0.85	10.8	0.472
27.0	13.6	1.51	10.3	0.472

表 1: 平均乱れ強さと乱れのスケール

4. 乱流場における応答特性

乱れ強さ約 0.5% の一様流中と乱れ強さ 23.7%, 20.2%, 17.5%, 15.4%, 13.9%, 13.6% の乱流中における剥離干渉法の制振効果の検証を行う。

・桁高大が風上の場合

迎角 0° での風洞実験の結果を図 3 に示す。図 3 は横軸に風速、縦軸に実橋換算の振幅 rms をとっている。乱れ強さ 17.5%, 15.4%, 13.9%, 13.6% の乱流, 乱れ強さ 0.5% の一様流で許容振幅 rms (25.8mm) を超える振動が発生していることが確認された。また乱れ強さ 23.7% の乱流以外の乱流すべてで渦励振が発生していた。図 4 に渦励振最大振幅と乱れ強さについてまとめたものを示す。図 4 は横軸に乱れ強さ、縦軸に実橋換算の振幅 rms をとっている。

また図 5 に迎角 0° , $\pm 3^\circ$ での最大振幅を示す。図 5 は横軸に角度、縦軸に実橋換算の振幅 rms をとっている。その結果、乱れ強さ 0.5% の一様流の迎角 -3° と 23.7% の乱流の迎角 0° , $+3^\circ$ においては耐風安定性が確保されていた。

・桁高小が風上の場合

乱れ強さ 0.5% の一様流と 23.7% の乱流に関して迎角 0° , $\pm 3^\circ$ で実験を行った。図 6 に迎角 0° , $\pm 3^\circ$ での最大振幅を示す。図 6 は横軸に角度、縦軸に実橋換算の振幅 rms とっている。乱れ強さ 23.7% の乱流が乱れ強さ 0.5% の一様流より大きく振動し、乱流中では耐風安定性が一様流中より下がる結果となった。

5. 結論

本研究では、非対称箱桁断面橋梁の渦励振応答に及ぼす乱れの効果について格子乱流を用いた風洞試験によって検討した。桁高の大きい面が上流側となる風向では、乱れの強さの増加とともに渦励振応答は抑制され、乱れ強さ 23.7% の乱流で渦励振応答は許容振幅以下まで減少していた。しかし、桁高が低い面から風が作用する場合には乱れ強さが大きくなった場合に、耐風安定性が悪化する結果となった。今後、そのような結果になったメカニズムを詳細に検討する必要があると考えられる。

実際の架橋地点における乱れ強さは 13% 程度と予測され、今回の風洞試験では乱れ強さ 13% 付近では、許容振幅を大きく上回る応答が確認された。このことからフラップやフェアリングなどによる制振対策により耐風安定性を確保する必要があると考えられる。

参考文献

[1] 日本道路協会:道路橋耐風設計便覧(平成 19 年改訂版),丸善出版,2008

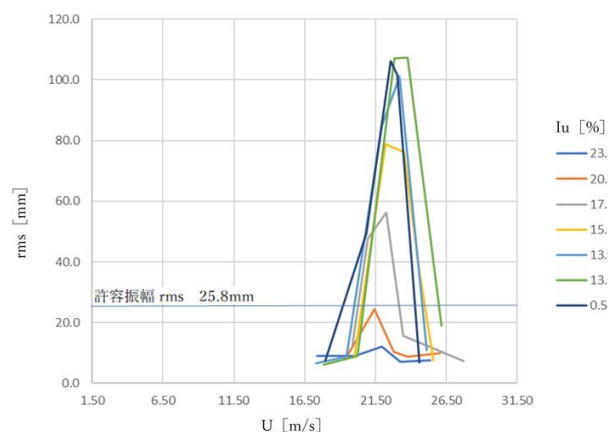


図 3:渦励振応答図

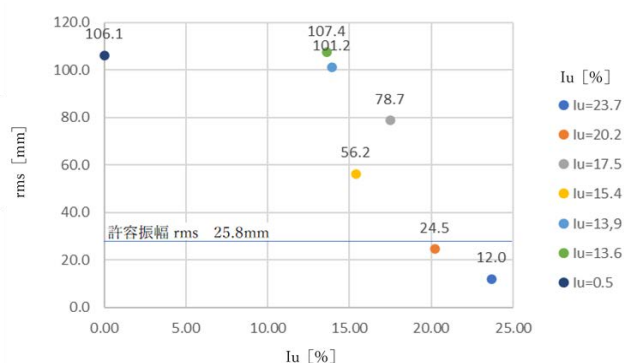


図 4 渦励振最大振幅と乱れ強さ

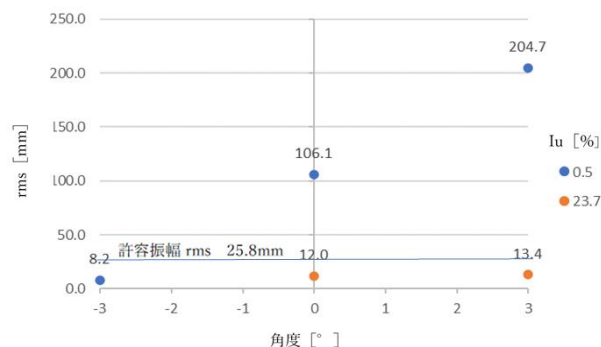


図 5:迎角 0° , $\pm 3^\circ$ での最大振幅
(桁高大が風上の場合)

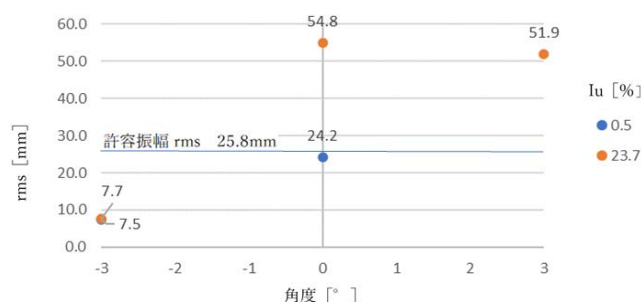


図 6:迎角 0° , $\pm 3^\circ$ での最大振幅
(桁高小が風上の場合)