

オールグレーチング桁の対風特性に関する基礎的研究

九州工業大学大学院 学生会員 ○貞島健介 岡本有造 中村康輝
 九州工業大学 正会員 久保喜延 山口栄輝 加藤九州男
 九州工業大学 非会員 深海美菜子

1. はじめに

アメリカのタコマナローズ橋の落橋以来、吊橋に関しては耐風安定性を最重要視する研究・設計が精力的に行われてきた。その中で、耐風安定性を確保するために、橋桁の走行路面の一部に風通しのよい格子状のオープングレーチングを設ける対策がいくつかの橋で採用されている。橋桁の走行路面部にオープングレーチングを設置することは、開床化により床版上下面の空気流を吹き抜けさせて、桁に作用する圧力を減少させるため、耐風性の面からかなり有効な空力安定化対策と考えられる。また、死荷重の軽減によるケーブル規模やアンカレッジ規模の縮小にもつながるため、経済性の面でも有効である。しかし、超長大吊橋に適用するには、耐風安定性を確保した上でより一層のコスト削減が要求される。そこで、オープングレーチングを床版全面に用いたオールグレーチング桁が、コスト削減を期待できる桁形式として注目されている。本研究では、オールグレーチング桁の基本的な対風特性を調べるために、主桁の位置と高さのみを変化させて2自由度応答実験を行い、それが対風特性へどのような影響を与えるのかを検討した。

2. 実験概要

2-1. 実験模型

これまで、風洞試験用模型のグレーチング部分は、充実率を相似させた金網等で模型化されているが、グレーチング充実率の違いによる応答特性への影響が大きいと、このモデル化の妥当性についての検討が必要であると報告されている。そこで、本研究で使用する模型は、金網を使用せず図1に示すような主桁と横構のみとした(模型長 $L=800\text{mm}$, $s=1/64$)。また、主桁配置による特性を見るために、図2に示すような、段違いの4主桁断面を基本として桁端部から中主桁までの距離 C を変化させることが可能である。また、中主桁の高さ D も2パターン($D=24\text{mm}$, 32mm)用意した。模型の諸元は表1に示すとおりである。

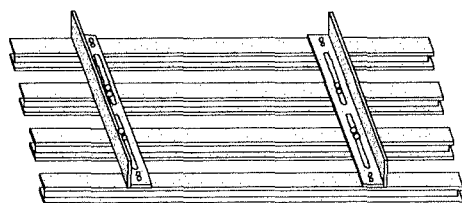


図1 実験模型

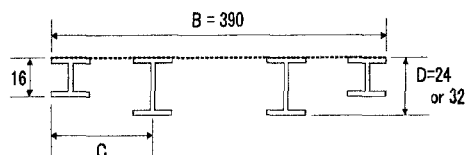


図2 模型基本断面(単位 mm)

2-2. 実験方法

実験には、測定断面が $1070\text{mm} \times 1070\text{mm}$ の回流式風洞を使用し、一様流中において、たわみとねじれの2自由度応答実験を行った。実験パラメータは、桁端部から中主桁までの距離 C を中主桁の高さ D で無次元化した C/D とし、実験パターンはそれぞれの主桁高さ D において $C=64, 96, 128, 160\text{mm}$ と変化させた場合と中主桁を取り外した場合の計9パターンである。また、今回の実験は迎角 $\alpha = +0[\text{deg.}]$ のみで行った。

表1 模型の諸元

	たわみ振動	ねじれ振動
単位長さ当りの重量 (kgf/m)	6.20	
単位長さ当りの極慣性モーメント (kgfm^2/m)		0.30
振動数(Hz)	2.11	3.94
構造減衰率	0.003	0.002

3. 実験結果と考察

図3にたわみ応答図を、図4, 5にねじれ応答図を示す。グラフの横軸は模型幅 B で無次元化した換算風速 V_r 、縦軸はたわみ無次元倍振幅 $2A/B$ およびねじれ倍振幅 $2\phi [\text{deg.}]$ を示している。グラフ上の破線のプロ

ットは加振時応答を示している。この加振時応答とは、単に風を吹かせただけの状態では応答は現れないが、模型を強制的に加振した場合、図に示される振幅で定常振動となる応答のことである。

3-1. たわみ振動

図 3(a)に示すように、 $C/D=2.0$ の場合 $Vr=1.5$ 付近で渦励振が発生し、 $Vr=7.0$ 付近からはギャロッピングが発生した。しかし、中主桁を低くするとギャロッピングは発生せず、渦励振が発生しているもののその最大振幅は、 $C/D=2.0$ の場合に比べて小さくなっている（図 3(b)）。さらに主桁位置や高さを変化させて実験を行ったが、どのパターンにおいても、図 3(b)とほぼ同様な応答特性を示した。

3-2. ねじれ振動

図 4(a)に示すように、 $C/D=2.0$ の場合、 $Vr=0.6$ および $Vr=2.0$ 付近で渦励振が発生した。その最大振幅は $Vr=2.0$ 付近でねじれ倍振幅 $2\phi=4.0$ [deg.] にまで達しており、非常に悪い対風特性を示した。しかし、 $C/D=2.7$ においては渦励振が $Vr=0.6$ 付近でしか発生しておらず、たわみ振動と同様、中主桁を低くすることで良好な対風特性が得られた（図 4(b)）。また、図 4 の場合と同様の結果が、中主桁の位置 $C=96\text{mm}$ においても得られた。図 5 には $C=128\text{mm}$ におけるねじれ応答図を示しているが、 $C/D=4.0$ および $C/D=5.3$ は同様の対風特性を示しており、 $Vr=0.6$ および $Vr=2.0$ 付近で渦励振が発生している。その最大振幅は $Vr=2.0$ 付近でねじれ倍振幅 $2\phi=4.0$ [deg.] を超えている。これと同様の結果が $C=160\text{mm}$ においても得られており、中主桁の位置 $C=128\text{mm}$ より大きい領域では、中主桁の高さを変えてもその対風特性に及ぼす影響は小さいと考えられる。

以上のことから、中主桁の位置・高さの違いは、たわみ振動に対しては $C/D=2.0$ を除けばそれほど大きな影響を与えるものではなく、ねじれ振動においては、その対風特性に影響を及ぼすものであると考えられる。

4. まとめ

今回の実験ではどの実験ケースにおいてもフラッターが発生しなかった。これは、グレーチング構造（開床化）により桁前縁部からの剥離流が橋床上下面に吹き抜けて行き、フラッターの原因となる剥離渦が生成されなかったためであると考えられる。しかしながら、実験ケースによってはねじれ倍振幅 $2\phi=4.0$ [deg.] を超えるような大振幅を伴う渦励振が発生したり、逆に良好な対風特性を示したものもあるため、主桁位置及び主桁高さが対風特性にどのような影響を及ぼすのか、さらなる検討が必要である。

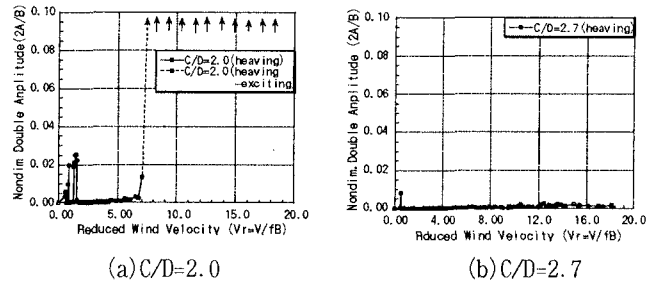


図 3 中主桁の高さ別たわみ応答図 ($C=64\text{mm}$)

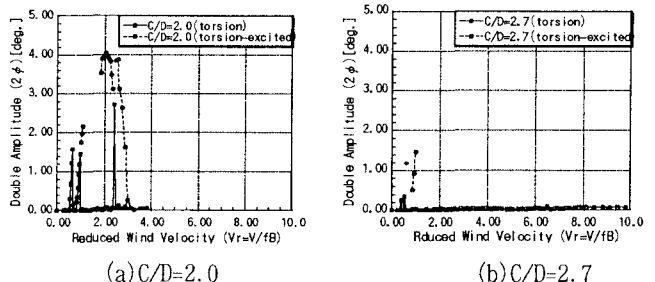


図 4 中主桁の高さ別ねじれ応答図 ($C=64\text{mm}$)

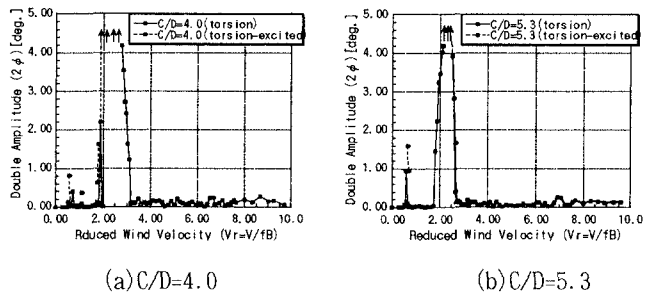


図 5 中主桁の高さ別ねじれ応答図 ($C=128\text{mm}$)