

## ケーブルトラス橋の耐風特性に関する検討

神戸製鋼所 正会員 岡田徹 正会員 本家浩一 正会員 浜崎義弘  
 神戸製鋼所 正会員 安田克典 コベルコ科研 島田諭

### 1. まえがき

徳島自動車道の竹花第三橋およびかさこ谷川橋では、鋼桁とケーブルでトラス構造を形成したケーブルトラス橋梁形式を採用している。ケーブルトラス橋の特徴は、支間中央付近に配置した支柱をケーブルにより弾性支持し、鋼桁に作用する断面力の低減、活荷重撓みの改善などを図る点にある。しかし、この支柱が橋梁の耐風安定性能に及ぼす影響について調べた例はほとんど見受けられないとともに、4主桁形式である竹花橋は撓みと捩れの固有振動数が非常に近接しているといった他の橋梁ではあまり例の無い振動特性となっている<sup>1)</sup>。そこで、本報では竹花橋を対象橋梁とした風洞実験を実施し、竹花橋自体の耐風特性を調べるとともに、撓みと捩れの振動数が近接することや、支柱が及ぼす影響について考察する。

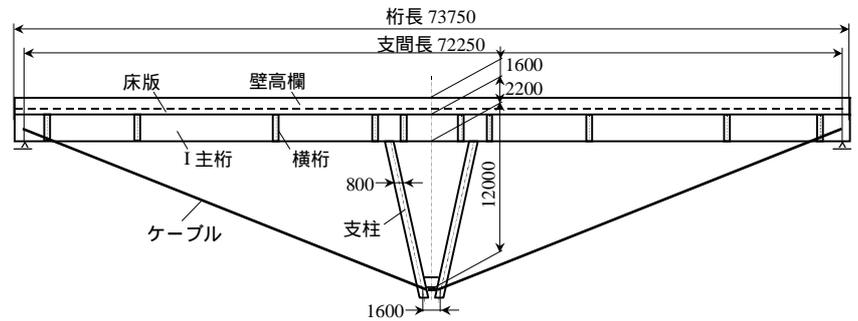


図1 ケーブルトラス橋（竹花第三橋）の側面図

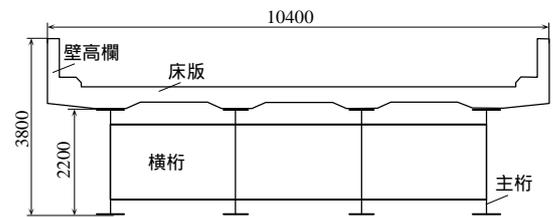


図2 検討対象橋梁の断面図

表1 実橋と模型の諸元（模型長1m）

項目	構造諸元	模型諸元
主桁部単位質量	15.14 ton/m	6.06 kg/m
支柱質量	27.4 ton	0.219 kg
模型質量		<b>6.279 kg</b>
主桁部単位慣性	152 tm <sup>2</sup> /m	244 kgcm <sup>2</sup> /m
支柱慣性	3600 tm <sup>2</sup>	115 kgcm <sup>2</sup>
模型慣性		<b>359 kgcm<sup>2</sup></b>
振動数(撓み) $f_v$	1.49 Hz	<b>4.62 Hz</b>
振動数(捩れ) $f_\theta$	1.49 Hz	<b>4.62 Hz</b>

### 2. 実験方法

検討対象としたケーブルトラス橋は、図1と図2に側面図と断面図を示す竹花橋とした。風洞実験は1/50の部分模型で実施し、表1に示す諸元を与えて一様流中での応答を調べた。中央部に支柱が配置される3次元的な構造となっているが、風洞模型は支柱を含む橋梁の中央区間を単純に抜き出し、各諸元を縮尺通り与えた。ケーブルはその影響は小さいと考えて省略した。対数減衰率は0.02および実測値の0.06とした。迎え角は、本橋梁が山間部の谷間に設置されていることから-6度~+6度の広い範囲で与えた。風洞実験は基本的に支柱を取り付けた2自由度ばね支持実験としたが、振動数が等しい撓みと捩れの連成の影響を調べる為に撓みおよび捩れの1自由度実験、支柱の影響を調べる為に支柱無しの実験も実施した。なお、支柱を外した場合は、模型に重量を付与し、各諸元を表1に等しくおいた。

### 3. 実験結果

**3.1 基本応答特性** 図3に各モードの対数減衰率を0.02および0.06とした結果を示す。横軸は模型幅  $B$  と模型振動数で無次元化した無次元風速  $V_r$  とし、撓みと捩れ応答は、最大応答の倍振幅とした。ただし、撓み応答

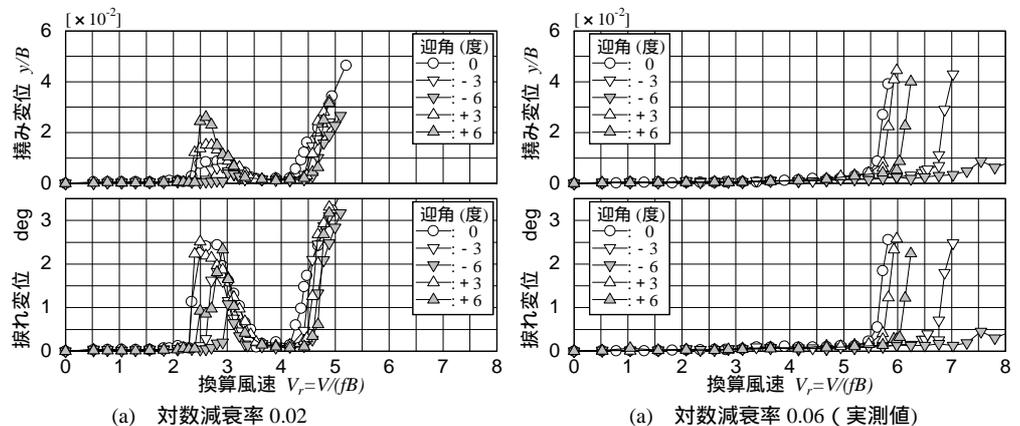


図3 対象橋梁の基本応答特性

キーワード：ケーブルトラス橋，風洞実験，渦励振，フラッタ，ギャロッピング

〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5 TEL 078-992-5640 FAX 078-993-2056

は模型幅  $B$  で無次元化して表示している．図(a)の対数減衰率 0.02 では、各迎え角において無次元風速  $V_r=2.4 \sim 3.5$  で渦励振が発生し、 $V_r=4$  を超えたあたりで発散振動が発現した．一方、図(b)の対数減衰率を実測値とした 0.06 の実験では渦励振が発現しないととも、発散振動の発現風速  $V_r$  は 5.5 以上となる．これは実橋換算風速 85 m/s に相当し、十分に照査風速を満足する．また、以上の特性は文献 2) の 4 主桁の実験結果と良く一致する．

**3.2 振動数比の影響** ここで、対象橋梁の撓みと捩れの固有振動数が等しいことの影響について考察する．まず、

対数減衰率を 0.02 として撓みと捩れの各 1 自由度実験を実施した．一例として迎え角 0 度の結果を図 4 に示す．1 自由度実験から対象橋梁は撓みと捩れの渦励振およびギャロッピングと捩れフラッタが発現することが分かる．しかし、2 自由度実験では撓みの各振動現象の発現風速が大きく変化し、低風速側では撓み渦励振が抑制され、高風速側では捩れの振動に誘発されて撓みの振動も発生している．

次に、捩れの振動数を下げて、撓みに対する振動数比を 0.95 とした 2 自由度実験結果を図 5 に示す．図 4 に示した振動数比が 1 の場合と比べると、渦励振は 1 自由度実験の場合と類似し、高風速側の応答は 2 自由度のケースと類似している．以上の結果から、撓みと捩れの固有振動数が近接することは 1 自由度の応答現象に少なからず影響を与えていることが分かる．固有振動数比がほぼ 1 となる本対象橋梁の場合、撓み渦励振に対しては有利に、高風速の応答現象に対しては不利な方向に影響を与えている．

**3.3 支柱の影響** 橋梁の中央部に取り付けられた支柱の影響について考察する．図 6 に支柱の有無の実験による比較結果を示す．図(a)の 2 自由度実験、図(b)の 1 自由度実験とも支柱の有無での応答の差は少なく、ケーブルトラス橋の耐風特性は基本的に桁断面により決まることが分かる．なお、支柱有りの方が僅かに捩れの渦励振の応答が低下し、捩れフラッタはやや安定化している．これは、橋梁の捩れ振動では支柱が風の流れ方向に振動することになり、空力減衰が付加されることによると考えられる．

**4. まとめ**

(1)対数減衰率を実測値の 0.06 にした風洞実験から、本橋は耐風安定性能に問題が無いことを確認した．(2)本橋は撓みと捩れの振動数が近接する特性を有するが、捩れ振動に関する特性が支配的になるだけで、設計風速内での耐風特性への悪影響は少ない．(3)ケーブルトラス橋の耐風特性は基本的に桁断面により決まり、支柱により捩れ振動がやや安定化する．

本研究では、立命館大学小林紘教授から懇切なご助言、ご指導を頂きました．ここに記して感謝の意を表します．

【参考文献】 1) 森山，望月，濱崎，本田，岡田，ケーブルトラス橋の振動特性，第 55 回年次学術講演会講演概要集，I-B099，2000  
2) 山田均，少数主桁橋の耐風特性，第四回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，pp59-67，2001

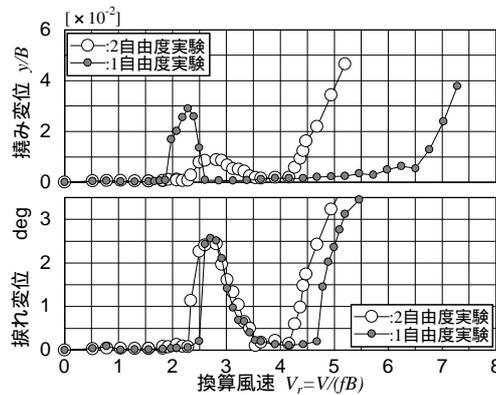


図 4 2 自由度実験と 1 自由度実験の比較 (迎え角 0 度)

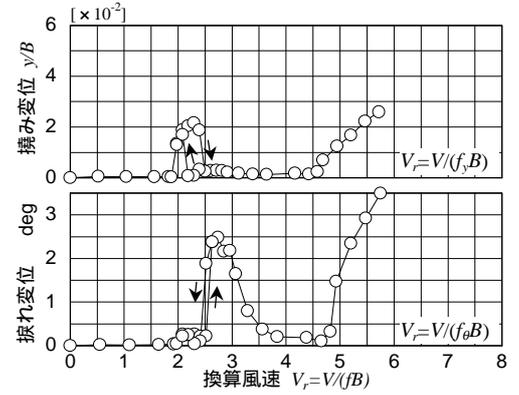
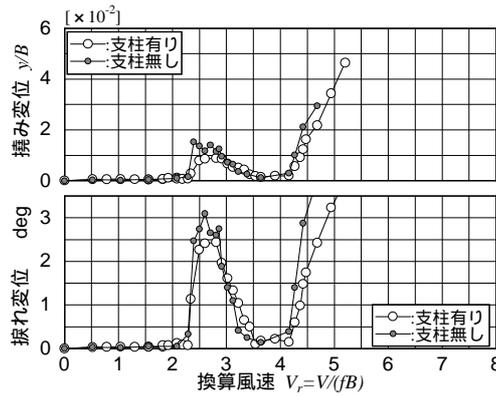
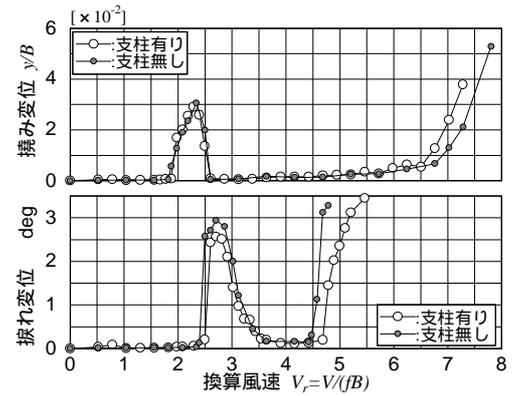


図 5 振動数比を 0.95 とした実験 (2 自由度実験，迎え角 0 度)



(a) 2 自由度実験



(b) 1 自由度実験

図 6 支柱の有無の比較 (迎え角 0 度)