

# 土 木 研 究 所 資 料

## 高坂丘陵地区歩道橋の耐風性調査報告書

昭和56年 3 月

建設省土木研究所  
構造橋梁部構造研究室

Copyright © 1981 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

## 序

本報告は、日本住宅公団が高坂丘陵地区に建設を計画している歩道橋に関する耐風性調査の結果をとりまとめたものである。本歩道橋は高坂丘陵地区住宅地の中央に設けられる歩行者専用道路の一部を成すものであり、構造形式としては2径間連続斜張橋(50.0m+30.0m)で計画されている。一般に吊橋や斜張橋は、トラス橋や桁橋など他の形式の橋梁に比べたわみやすい構造物であり、その建設にあたっては、風によって構造物に有害な振動が発生しないように、充分配慮することが必要である。さらに、構造物に悪影響を及ぼさない振動であっても、それが使用者に不快感を与えるような振動である場合には、これを抑制する必要がある。また本歩道橋は住宅地の中央に建設されるため、風による振動を防ぐために設置する付属物が、橋面上からのながめを妨げないように、および橋自身の美観を損わないように注意をはらう必要がある。

幸いにも一連の風洞実験を通じて、このような目的にかなった橋桁断面を選定することができた。実験方法、実験条件、実験結果などをとりまとめて、以下に報告する。

昭和56年3月

|       |     |      |
|-------|-----|------|
| 構造研究室 | 室長  | 山本邦夫 |
|       | 研究員 | 佐藤弘史 |
|       |     | 野村一夫 |

# 目 次

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1. まえがき .....                | 1  |
| 1.1 高坂丘陵地区歩道橋の概要 .....       | 1  |
| 1.2 調査の目的 .....              | 1  |
| 1.3 調査の概要 .....              | 1  |
| 2. バネ支持模型実験 .....            | 2  |
| 2.1 実験方法および実験条件 .....        | 2  |
| 2.2 公団より提示された橋桁設計案の耐風性 ..... | 2  |
| 2.3 耐風性の改良 .....             | 3  |
| 2.4 最終設計案の耐風性 .....          | 3  |
| 3. ま と め .....               | 4  |
| 4. あとがき .....                | 4  |
| 付録 バネ支持模型実験における相似則の緩和 .....  | 5  |
| 表 .....                      | 8  |
| 図 .....                      | 10 |

## 1. ま え が き

### 1.1 高坂丘陵地区歩道橋の概要

高坂丘陵地区歩道橋は、日本住宅公団首都圏宅地開発本部埼玉西開発事務所が建設を計画している2径間連続斜張橋である。本橋は高坂丘陵地区住宅地の中央に設けられる歩行者専用道路の一部を成すものであり、本橋の架設位置図を図-1に、本橋の一般図を図-2にそれぞれ示す。

### 1.2 調査の目的

一般に吊橋や斜張橋は、トラス橋や桁橋など他の形式の橋梁に比べたわみやすい構造物であり、その建設にあたっては風により悪影響が生じないように充分配慮することが必要である。

自然風中にさらされた構造物には、風により空気力が作用し、その結果構造物に変形したり、振動したりする。このうち主として定常的な空気力による構造物の変形に対する安全性については、静的設計の際に風荷重を考慮することによりその検討がなされている。一方非定常な空気力による構造物の振動については主として風洞実験によりその挙動が推定され、それらの影響が評価される。本調査は公団から提示された本橋の橋桁の設計案について、風による振動特性を風洞実験により把握すること、またその特性が本橋の安全性あるいは使用性に悪影響を及ぼすものであれば、橋桁の軽微な形状変更によりこれを改良することを目的とした。なお本橋は住宅地の中央に建設されるため、これらの形状変更を施す際も、橋面上からのながめを妨げないこと、および橋自身的美観を損わないことに留意した。

### 1.3 調査の概要

風による構造物の振動は、その発生機構により、自励振動、渦励振、およびパフティングに分類されるが、今回調査の対象とした現象は、その発生が構造物の崩壊につながる自励振動、および自励振動ほどその振動振幅は大きくないが、比較的低風速で発現するため疲労および使用性の面で問題となる渦励振である。なお構造物に接近する流れの乱れに起因する不規則振動であるパフティングについては、既設の斜張橋について数ヶ年の間に観測された結果によればパフティングによる振動の振幅は構造物に悪影響を与えるほど大きくないこと、またパフティングによる振動を推定する手法が現在のところまだ確立されたとはいえない状況であること、などを考慮して、今回の調査の対象とはしなかった。

自励振動および渦励振に対する耐風安定性を調べるために実施した実験は、パネ支持模型実験である。すなわち幾何学的に相似な2次元剛体模型を、質量、剛性、減衰性能などの相似条件を満足させるように風洞内に設置し、風を流し、実橋において発生する風による振動を風洞内に再現させ、この振動と風速および構造物に対する風の傾斜角との関係を把握する、という実験である。

今回実施した実験はその目的により以下の3つの段階に分けることができる。

- (1) 公団より提示された橋桁設計案の耐風性を明らかにするための実験。
- (2) 公団より提示された橋桁設計案の耐風性を、橋桁の軽微な形状変更によって改良するための実験。
- (3) (2)より得られた最も耐風性の良好な橋桁形状について、その耐風性を詳細に確認するための実験。

## 2. バネ支持模型実験

### 2.1 実験方法および実験条件

実験に用いた風洞は、建設省土木研究所耐風工学実験施設の非定常空気力風洞であり、その主要諸元を表-1に示す。気流としては乱れのほとんどない一様気流を用いた。

模型は6本のコイルバネにより所要の剛性を有するよう支持し、模型の外側に付加したおもり、および模型中央よりおろしたピアノ線に接続したダンパーにより、それぞれ質量あるいは減衰性能に関する相似条件を満足させた。また気流の2次元性を保つために、模型端部には端板をつけ、模型が風により流されるのを防ぐため、流れ止めを取り付けた。これらの様子を図-3に示す。

模型の振動は、模型と同じ動きをする模型外側のパイプに取付けたターゲットの変位を光学式変位計で測定することにより求めた。また風速はピトー管およびマノメータにより測定した。光学式変位計により得られた模型の振動データはペン書きレコーダおよびデータレコーダに記録し、ミニコンピューターなどにより解析した。

一般にバネ支持実験において相似させるべきものとしては、幾何学的形状の他に、次の無次元量

$$\frac{M}{\rho B^2}, \frac{V}{f_{\eta} B}, \delta_{0\eta}, \frac{I}{\rho B^4}, \frac{V}{f_{\theta} B}, \delta_{0\theta}$$

があるが、今回の実験では極慣性モーメントに関する条件を満足できなかったため、この部分の相似条件を緩和して、以下の無次元量を用いた。

$$\frac{M}{\rho B^2}, \frac{V}{f_{\eta} B}, \delta_{0\eta}, \frac{I(\delta_{0\theta} - \delta_{\theta})^*}{\rho B^4}, \frac{V}{f_{\theta} B}$$

ここに

$M$  : 単位長さあたりの質量,  $I$  : 単位長さあたりの極慣性モーメント,  $\rho$  : 空気密度,  $V$  : 風速,  $B$  : 構造物の代表長さ,  $f$  : 振動数,  $\delta_0$  : 無風時の対数減衰率,  $\delta$  : 通風時の対数減衰率,

下添字  $\eta$  : 鉛直たわみ振動,  $\theta$  : ねじれ振動

これらのパラメータを実橋および風洞実験において等しくするための実験条件を表-2に示す。同表に示したように、本来は鉛直たわみ・ねじれ2自由度で支持することが望ましいが、実橋の鉛直たわみとねじれの振動数比が3以上と大きいため、連成振動が発生する可能性がほとんどないこと、および実験装置の都合上このような振動数比を満足させることが非常に困難であるという理由によりそれぞれ鉛直たわみ1自由度支持およびねじれ1自由度支持で実験を行った。ねじれモードの無風時減衰率は、風洞風速  $V_m$  で振幅  $0.5^\circ$  の定常なねじれ振動が発生することが、それと同じ無次元風速の実橋風速  $V_p$  で振幅  $0.5^\circ$  の定常なねじれ振動が発生することに対応するように、定めた。

実験に用いた模型を図-4に、実験ケースを表-3にそれぞれ示す。

### 2.2 公団より提示された橋桁設計案の耐風性

公団より提示された橋桁設計案(模型1)に関する実験結果のうち、発振風速と迎角の関係(以下  $V_{cr}-\alpha$  とよぶ)

\* この無次元量の導き方、および使い方については付録を参照されたい。

を図-5に、発振した場合についてのみ風速と振幅の関係（以下 $V-A$ とよぶ）を図-6にそれぞれ示す。図から明らかなように本案は、鉛直たわみ振動については自励振動および渦励振ともすべての迎角で実橋風速 $100\text{ m/s}$ まで発生せず安定であるといえるが、ねじれ振動のうち自励振動に関してはすべての迎角で安定であるが、渦励振に関しては迎角 $0^\circ$ 、 $-3^\circ$ 、 $-5^\circ$ において実橋風速約 $35\sim 45\text{ m/s}$ で振動が発生するおそれがある。

## 2.3 耐風性の改良

模型1で問題となったねじれモードの渦励振を抑制するために表-3に示す模型2～模型7の6種類の模型を用いて実験を行った。実験結果のうち、 $V_{cr}-\alpha$ を図-7に、発振したケースについて $V-A$ を図-8にそれぞれ示す。模型7が、結果的に最も耐風性および使用性の面で好ましいと判断されたので、次項でその概要を述べることにする。

模型1では迎角 $-3^\circ$ で振幅の比較的大きなねじれの渦励振が発生したので、改良実験は主として迎角 $-3^\circ$ のねじれ振動モードに着目して行った。模型2はねじれ渦励振発生の原因を植樹帯にあると考え、これを削除した模型である。結果は、予想どおりねじれモードの渦励振は抑制されたが、逆に鉛直たわみモードの渦励振が正の迎角において実橋風速約 $20\sim 30\text{ m/s}$ で発生するおそれのあることが明らかとなった。模型1の結果とあわせて考えれば、植樹帯は鉛直たわみモードの渦励振を抑制するのに有効であるが、逆にねじれモードの渦励振の発生を促す作用がある、ということができる。したがって、次の実験ケースとしては植樹帯を取付けたままで、さらにねじれの渦励振を抑制するのに有効と思われる付属物を取付け、それらの効果を調べることにした。

模型3は、橋桁の端部に整流板を取付けたものであるが、ねじれモードの渦励振振幅は模型1に比べ若干小さくなるに過ぎない。模型4はディフレクターを取付けたものであるが、振幅は模型1に比べ約 $1/2$ 程度に抑制される。模型5は高欄に実橋寸法 $1.0\text{ m}$ のフラップを取付けたものであり、ねじれモードの渦励振は完全に抑制されている。模型6は模型5のフラップ長を実橋寸法 $0.5\text{ m}$ にしたものであるが、ねじれモードの渦励振が発生するもののその振幅は模型1に比べ大きく抑制されており、たとえば迎角 $-3^\circ$ では模型1の振幅の約 $1/2$ に過ぎない。

以上の結果より、耐風性の観点からは実橋寸法 $1.0\text{ m}$ のフラップを取付けた模型5の形状が好ましいと考えられたが、本橋の性格上フラップにより橋上からの視野がさえぎられるのは好ましくないと判断され、この条件も満たす耐風安定化対策の検討が望まれた。

## 2.4 最終設計案の耐風性

2.3に述べたように本橋の橋軸方向に連続的に配置した植樹帯は鉛直たわみモードの渦励振を抑制するのに有効であるが、ねじれモードの渦励振の発生を促す作用があるため、これを断続的に配置すればねじれモードの渦励振の抑制に有効ではないかと考えられた。またこの植樹帯を断続的に配置することは、本橋の使用性の観点から見ても、橋面上の人の流れを遮断しないという点で好ましいと考えられた。

植樹帯を断続的に配置した模型7の実験結果のうち、 $V_{cr}-\alpha$ を図-9に示す。この図より明らかなように本模型は鉛直たわみモード・ねじれモードとも自励振動、渦励振について安定であり、非常に耐風性の良好な形状を有している。なお、本実験のねじれモードの実験では緩和された相似則を用いており、通常の相似則に従って実験したときに得られる通風時の対数減衰率を求めるためには、付録の(7)式によって本実験より得られた値を修正する必要がある。この考えに従い修正して求めた模型7の対数減衰率を、風速および振幅と関係づけて、図-10に示す。この図より、通常の相似則に従って実験したとしても、不安定な振動は発生しなかったであろうことが推定できる。

### 3. ま と め

今回の調査内容を取りまとめると以下のとおりである。

- (1) 日本住宅公団より提示された高坂丘陵地区歩道橋の橋桁設計案について、その耐風性を風洞実験により調査したところ、鉛直たわみ振動については自励振動および渦励振とも安定であったが、ねじれ振動のうち、自励振動に関しては安定であったが渦励振に関して迎角  $0^{\circ}$ 、 $-3^{\circ}$ 、 $-5^{\circ}$  において実橋風速約  $35 \sim 45 \text{ m/s}$  で発現のおそれがあることが明らかとなった。
- (2) この耐風性を改良するために、橋桁形状に軽微な変更を加えた種々のケースについて実験を行った結果、植樹帯を断続的に ( $7.5 \text{ m}$  (植樹) +  $2.5 \text{ m}$  (間隔)) 配置した橋桁形状が、耐風性の面からも、使用性の面からも最も好ましいことが明らかとなった。

### 4. あ と が き

今回の調査により耐風性および使用性の観点から優れた橋桁形状を提案することができた。本報告から明らかなように、本橋の耐風性には植樹帯の形状が重要な役割を果たしているため、今後その形状を変更する際には充分注意する必要がある。

最後に本調査を進めるにあたり種々お世話いただいた日本住宅公団の関係各位、とくに埼玉西開発事務所の方々に心からお礼申し上げる次第である。

## 付録 バネ支持模型実験における相似則の緩和

バネ支持模型実験においては、一般に実橋と模型の間で幾何学的形状の他に次の無次元量を相似させる必要がある。

$$\frac{M}{\rho B^2}, \frac{V}{f \eta B}, \delta_0 \eta, \frac{I}{\rho B^4}, \frac{V}{f \theta B}, \delta_0 \theta \quad (1)$$

ここに

$M$  : 単位長さあたりの質量,  $I$  : 単位長さあたりの極慣性モーメント,  $\rho$  : 空気密度,  $V$  : 風速,  $B$  : 構造物の代表長さ,  $f$  : 振動数,  $\delta_0$  : 無風時の対数減衰率,  $\eta$  : 鉛直たわみ振動,  $\theta$  : ねじれ振動

本実験においては、模型製作の都合上、極慣性モーメントに関する条件を満足できなかったため、実験結果を補正する必要が生じた。以下では、鉛直たわみ振動とねじれ振動が連成しないような2次元剛体模型の風による振動を考え、どの程度まで(1)式の相似条件が緩和されるかを示し、また緩和された相似則の適用について述べる。

### a. 非定常空気力に関する相似則

振動中の2次元剛体模型に作用する空気力(以下非定常空気力とよぶ)に関連する物理量としては

$B, f, V, \alpha$  (迎角),  $A$  (振幅),  $F$  (空気力),  $\rho, \nu$  (空気の動粘性係数),  $b$  (模型の各部の長さ) (2) が挙げられる。いま、ねじれ振動をする模型に作用する空力モーメントを考えると、バッキンガムの $\pi$ 定理より、次の関係が導かれる。

$$\varphi \left( \frac{F_M}{\rho B^2 V^2}, \frac{V}{f \theta B}, \alpha, A \theta, \frac{VB}{\nu}, \frac{b}{B} \right) = 0 \quad (3)$$

すなわち、無次元化した空力モーメント  $\left( \frac{F_M}{\rho B^2 V^2} \right)$  は、無次元風速  $\left( \frac{V}{f \theta B} \right)$ 、迎角、無次元振幅、レイノルズ数  $\left( \frac{VB}{\nu} \right)$ 、および幾何学的形状  $\left( \frac{b}{B} \right)$  のみの関数であるといえる。このうちレイノルズ数については、橋桁模型のように角ばった形状の構造物の空気力にレイノルズ数がおよぼす影響は小さいと考えられているので、これを無視すると、(3)式のかわりに次式が得られる。

$$\varphi \left( \frac{F_M}{\rho B^2 V^2}, \frac{V}{f \theta B}, \alpha, A \theta, \frac{b}{B} \right) = 0 \quad (4)$$

### b. 模型の風による振動に関する相似則

非定常空気力による模型の振動状態は次の運動方程式で記述される。

$$I \ddot{\theta} + K_{\theta} \left( 1 + i \frac{\delta_0 \theta}{\pi} \right) \theta = F_M \quad (5)$$

$$\theta = \theta_0 e^{-f t \delta_0} e^{i 2 \pi f t} \quad (6)$$

$$K_{\theta} = I (2 \pi f \theta)^2 \quad (7)$$

$$F_M = \frac{1}{2} \rho B^2 V^2 (C_{M \theta} + i C_{M \dot{\theta}}) \theta_0 e^{-f t \delta_0} e^{i 2 \pi f t} \quad (8)$$

ここに

$K_\theta$  : ねじれのパネ定数,  $C_{M\theta}^R, C_{M\theta}^I$  : それぞれねじれ振動の変位あるいは速度と同位相の空力モーメント係数,

$t$  : 時間,  $\delta_\theta$  : 通風時の模型のねじれ振動の対数減衰率,  $\theta_0$  :  $t=0$ におけるねじれ振幅,

(6)式~(8)式を(5)式に代入して整理すると次式が得られる。

$$-\frac{I}{\frac{1}{2}\rho B^2 V^2} [4\pi^2 f^2 (\frac{\delta_\theta^2}{4\pi^2} - 1) + 4\pi^2 f \theta^2 + i 4\pi (f \theta^2 \delta_{0\theta} - f^2 \delta_\theta)] = C_{M\theta}^R + i C_{M\theta}^I \quad (9)$$

ここでは連成振動を考えていないので、近似的に

$$f \div f_\theta \quad (10)$$

とおくことができ、また

$$\frac{\delta_\theta^2}{4\pi^2} \ll 1 \quad (11)$$

を仮定すれば、(9)式は次のように書ける。

$$C_{M\theta}^R = 0 \quad (12)$$

$$C_{M\theta}^I = 8\pi (\frac{f_\theta B}{V})^2 \frac{I}{\rho B^4} (\delta_{0\theta} - \delta_\theta) \quad (13)$$

(13)式の $C_{M\theta}^I$ は空力モーメント係数、すなわち無次元化した空力モーメントであり、(4)式によれば、無次元風速、迎角、無次元振幅が2つの系で等しく、幾何学的形状が相似であれば、 $C_{M\theta}^I$ は2つの系で等しい。換言すれば、無次元風速、迎角、および無次元振幅が2つの系で等しく、幾何学的形状が相似であれば、 $\frac{I}{\rho B^4} (\delta_{0\theta} - \delta_\theta)$ は2つの系で等しい、ということになる。

したがって、ねじれ1自由度の2次元剛体模型の風による振動において、2つの系で相似させる無次元量は、迎角、無次元振幅、幾何学的形状の他に、

$$\frac{I (\delta_{0\theta} - \delta_\theta)}{\rho B^4}, \frac{V}{f_\theta B} \quad (14)$$

となる。同様に、鉛直たわみ1自由度の場合は、

$$\frac{M (\delta_{0\eta} - \delta_\eta)}{\rho B^2}, \frac{V}{f_\eta B} \quad (15)$$

となる。

### c. 緩和された相似則の使い方

いま考えている2つの系をそれぞれ下添字1, 2で区別することにする。ねじれ1自由度振動において1つの系から得られたデータより他の系の通風時の対数減衰率 $\delta_{\theta 2}$ を求める場合は、(14)より

$$\left( \frac{I(\delta_{0\theta} - \delta_{\theta})}{\rho B^4} \right)_1 = \left( \frac{I(\delta_{0\theta} - \delta_{\theta})}{\rho B^4} \right)_2 \quad (6)$$

したがって

$$\delta_{\theta 2} = \delta_{0\theta 2} - \left( \frac{I(\delta_{0\theta} - \delta_{\theta})}{\rho B^4} \right)_1 \left( \frac{\rho B^4}{I} \right)_2 \quad (7)$$

より  $\delta_{\theta 2}$  は求まる。ここで、第1系の無風時の対数減衰率  $\delta_{0\theta 1}$  を

$$\delta_{0\theta 1} = \left( \frac{\rho B^4}{I} \right)_1 \left( \frac{I \delta_{0\theta}}{\rho B^4} \right)_2 \quad (8)$$

と定めれば、 $\delta_{\theta 1}$  が0のとき同時に  $\delta_{\theta 2}$  が0となる。換言すれば、第1系で得られた無次元発振風速  $(V/NB)_1$  がそのまま第2系の無次元発振風速となる。

本文で報告したねじれ1自由度支持の実験においては、(1)に示した無次元量を実橋と一致させた系を第2系と考え、実際に実施した実験を第1系とし、振幅  $0.5^\circ$  における無風時の対数減衰率を(8)式のように定めた。また第1系より得られた通風時の対数減衰率は、(7)式を用いて第2系での値に修正した。

#### d. 緩和された相似則と一般の相似則との差異

緩和された相似則は、その導き方からも明らかなように、連成振動が発生するおそれのある場合、および通風時の対数減衰率が大きい場合には適用できないことに充分注意する必要がある。さらに、(6)式を(5)式に代入して微分演算をするときに、 $\delta_{\theta}$  を定数のように扱ったが、厳密には  $\delta_{\theta}$  は振幅の関数、ひいては時間の関数であるため、空気力の振幅非線形性が強い場合にはこの相似則を適用することはできない。今回の実験に関する限りは、このような条件に抵触することがなく、その適用は妥当であったと考える。

なお、(1)に示した無次元量を用いることの利点としては、連成振動の場合にも適用できること、および(7)式より明らかなように得られた通風時の対数減衰率がそのまま求める系の通風時の対数減衰率となること、が挙げられる。

表一 1 非定常空気力風洞主要諸元

| 風 洞 形 式       |                |             | 単 回 路 還 流 式                                                       |
|---------------|----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| 主 要 寸 法       | 測 定 胴          | 幅 (mm)      | 1,000                                                             |
|               |                | 高 (mm)      | 2,000                                                             |
|               |                | 長 (mm)      | 3,000                                                             |
|               | 縮 流 胴          | 入口 (mm×mm)  | 3,000×5,000                                                       |
| 出口 (mm×mm)    |                | 1,000×2,000 |                                                                   |
| 縮流比           |                | 7.50        |                                                                   |
| 風 路 全 長 (mm)  |                |             | 55,000                                                            |
| 送 風 機         | 形 式            |             | 固定ピッチ動翼軸流式                                                        |
|               | 動 翼 直 径 (mm)   |             | 1,500                                                             |
|               | 有 効 全 圧 (mmAg) |             | 40.0                                                              |
|               | 風 量 (m³/s)     |             | 70.0                                                              |
|               | 回 転 数 (rpm)    |             | 1,250.0                                                           |
|               | 容 量 (kW)       |             | 50.0                                                              |
| 気 流           | 最 大 風 速 (m/s)  |             | 30.0                                                              |
|               | 乱 れ 率 (%)      |             | 0.5%以下                                                            |
| 付 属 計 測 機 器 等 |                |             | 三分力天秤<br>フラッタ模型支持装置<br>非定常空気力測定装置<br>突風発生装置<br>変動風発生装置<br>データ処理装置 |

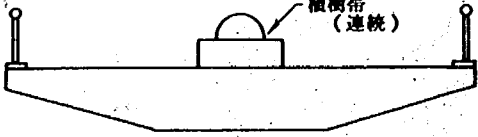
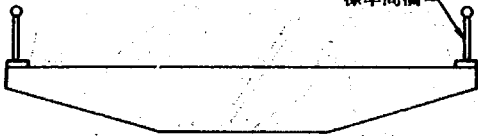
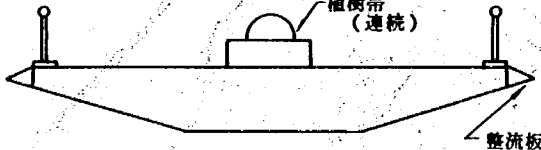
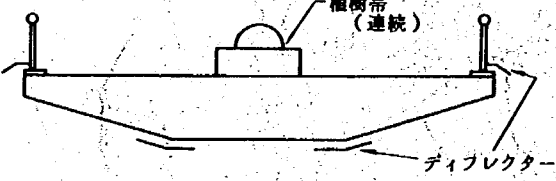
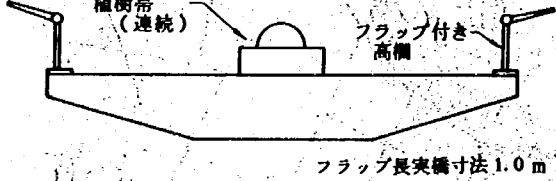
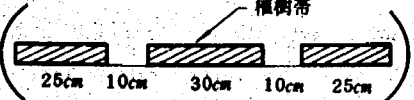
表一 2 実 験 条 件

|                |       | 実 橋            | 模 型 所 要 値             | 実 験 値                 |
|----------------|-------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| 縮 尺            |       | —              | 1/25                  | 1/25                  |
| 重 量            |       | 6.625 t/m      | 10,388 gf/model       | 10,381 gf/model       |
| 極慣性モーメント       |       | 2.51 t·m²/s²/m | 629.7 gf·cm²/s²/model | 779.7 gf·cm²/s²/model |
| 支 持 方 法        |       | —              | 鉛直たわみ・ねじれ<br>2自由度     | 鉛直たわみ1自由度<br>ねじれ1自由度  |
| 振 動 数          | 鉛直たわみ | 1.257 Hz       | —                     | 4.00 Hz               |
|                | ね じ れ | 4.211 Hz       | —                     | 6.10 Hz               |
| 振 動 数 比        |       | 3.35           | 3.35                  | —                     |
| 無 風 時<br>減 衰 率 | 鉛直たわみ | —              | 0.020 (片振幅B/200)      | 0.020 (片振幅B/200)      |
|                | ね じ れ | —              | 0.020 (片振幅0.5°)       | 0.016 (片振幅0.5°)       |
| 風速倍率           | 鉛直たわみ | —              | —                     | 7.86                  |
|                | ね じ れ | —              | —                     | 17.26                 |

・ 模型所要値は次のパラメータを実橋と模型で一致させるという考えより求めた。 $\frac{M}{\rho B^2}, \frac{V}{f_{\eta} B}, \delta_{0\eta}, \frac{I}{\rho B^4}, \frac{V}{f_{\theta} B}, \delta_{0\theta}$

・ 実験値は、次のパラメータを実橋と模型で一致させるという考えに従った。 $\frac{M}{\rho B^2}, \frac{V}{f_{\eta} B}, \delta_{0\eta}, \frac{I(\delta_{0\theta}-\delta_{\theta})}{\rho B^4}, \frac{V}{f_{\theta} B}$

表-3 実験ケース

| 模 型 の 形 状                                                                                                                                   | 振動モード | 迎 角                                                      | 結果の概要                                                                       | 備 考                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1.<br>                                                     | 鉛直たわみ | $0^{\circ}, \pm 3^{\circ}, \pm 5^{\circ}, \pm 7^{\circ}$ | 自励振動, 渦励振ともに安定                                                              | 公団より提示された橋桁設計案        |
|                                                                                                                                             | ね じ れ | $0^{\circ}, \pm 3^{\circ}, \pm 5^{\circ}, \pm 7^{\circ}$ | 自励振動安定<br>$0^{\circ}, -3^{\circ}, -5^{\circ}$ で渦励振発生                        |                       |
| 2.<br>                                                     | 鉛直たわみ | $0^{\circ}, \pm 3^{\circ}, \pm 5^{\circ}, \pm 7^{\circ}$ | 自励振動安定<br>正の迎角で渦励振発生                                                        | 公団より提示された橋桁設計案の耐風性の改良 |
|                                                                                                                                             | ね じ れ | $-3^{\circ}$                                             | 自励振動, 渦励振ともに安定                                                              |                       |
| 3.<br>                                                    | ね じ れ | $-3^{\circ}$                                             | 自励振動安定<br>渦励振発生                                                             |                       |
| 4.<br>                                                   | ね じ れ | $-3^{\circ}$                                             | 自励振動安定<br>渦励振発生                                                             |                       |
| 5.<br>                                                   | ね じ れ | $0^{\circ}, \pm 3^{\circ}, \pm 5^{\circ}, \pm 7^{\circ}$ | 自励振動,<br>渦励振ともに安定                                                           |                       |
| 6. 5のフラップ長を実橋寸法 0.5 mにしたもの                                                                                                                  | ね じ れ | $0^{\circ}, \pm 3^{\circ}, \pm 5^{\circ}, \pm 7^{\circ}$ | 自励振動安定<br>$3^{\circ}, 0^{\circ}, -3^{\circ}, -5^{\circ}, -7^{\circ}$ で渦励振発生 |                       |
| 7. 1の植樹帯を断続的(7.5 m (植樹) + 2.5 m (間隔))にしたもの。模型では<br> とした。 | 鉛直たわみ | $0^{\circ}, \pm 3^{\circ}, \pm 5^{\circ}, \pm 7^{\circ}$ | 自励振動, 渦励振ともに安定                                                              | 最終的に耐風性が良好と判断された橋桁設計案 |
|                                                                                                                                             | ね じ れ | $0^{\circ}, \pm 3^{\circ}, \pm 5^{\circ}, \pm 7^{\circ}$ | 自励振動, 渦励振ともに安定                                                              |                       |



図一 1 高坂丘陵地区歩道橋架設位置



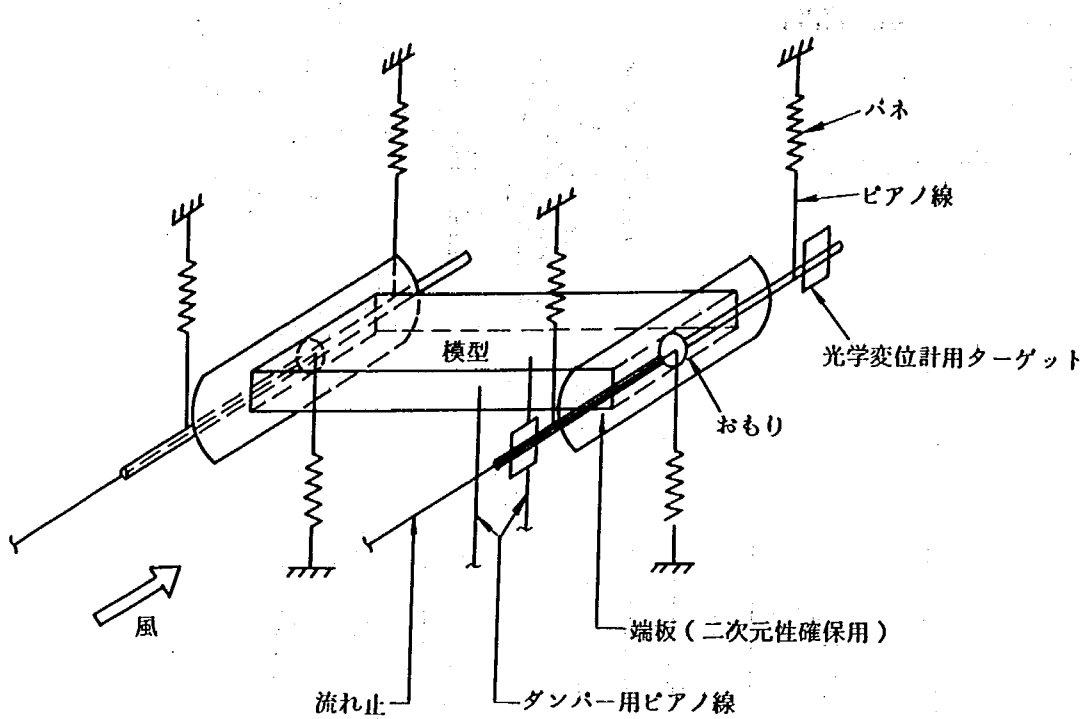


図-3 模型支持方法





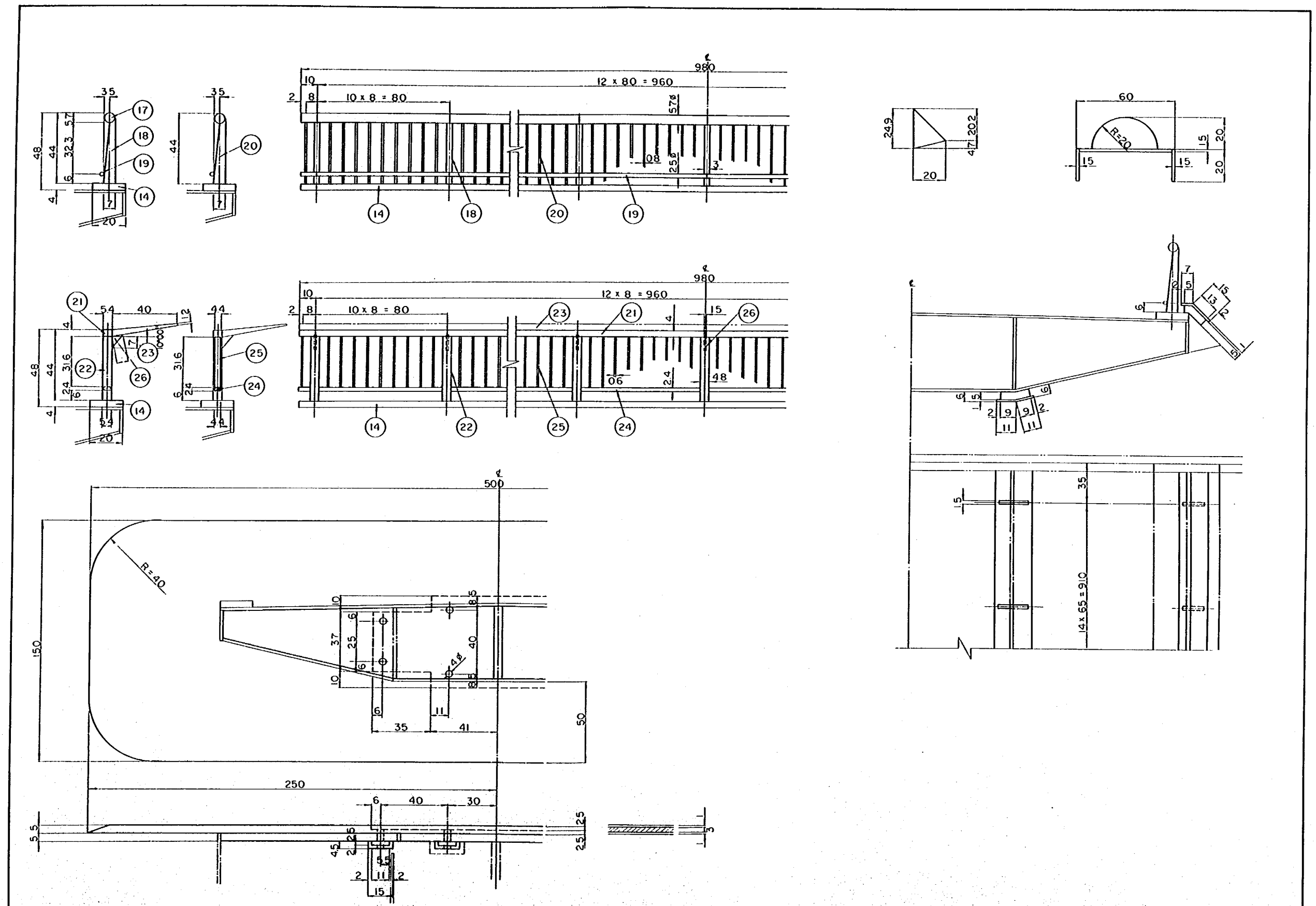


図-4-2 風洞模型図 (その2)



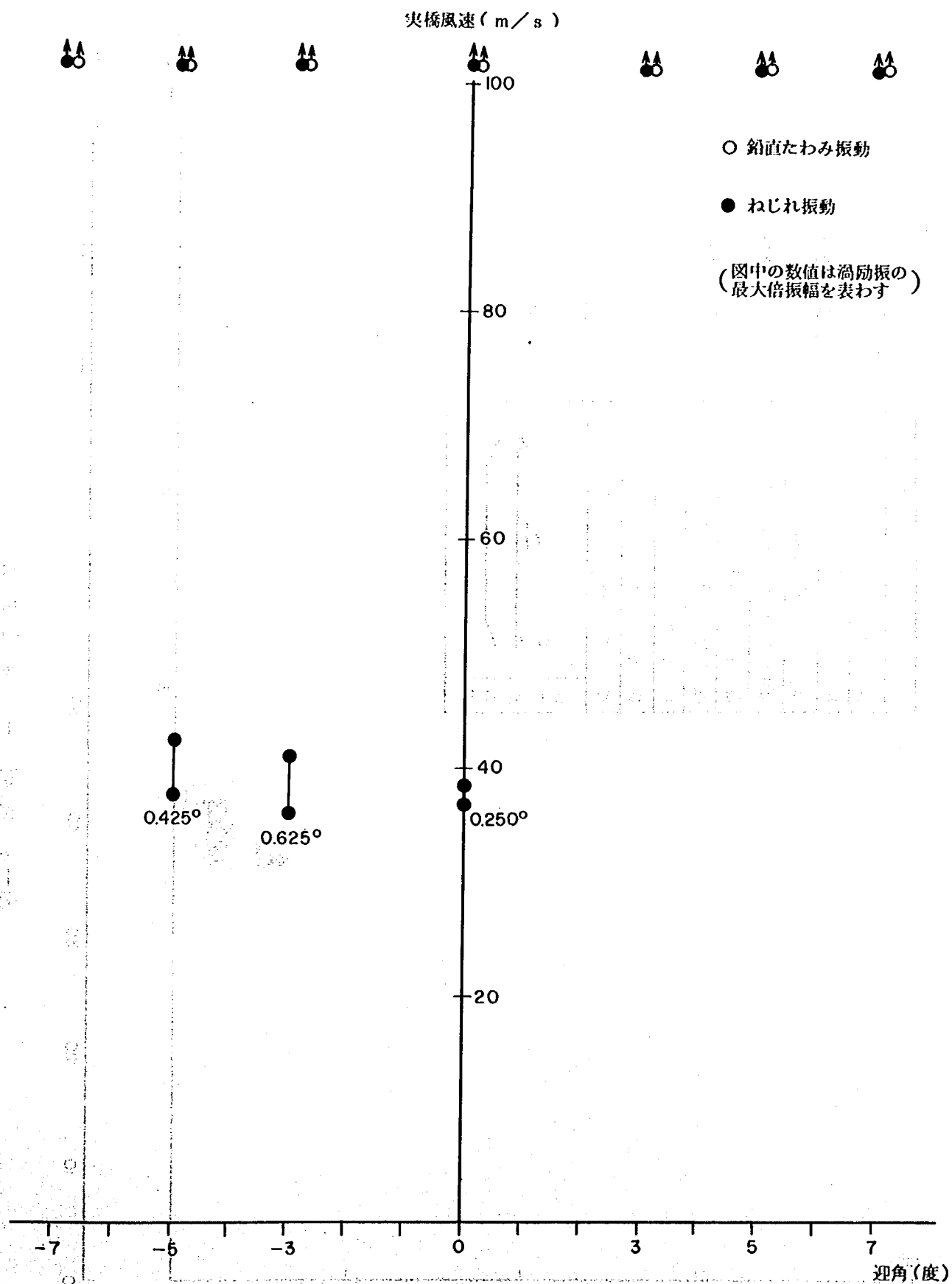


図-5 発振風速-迎角曲線(模型1)

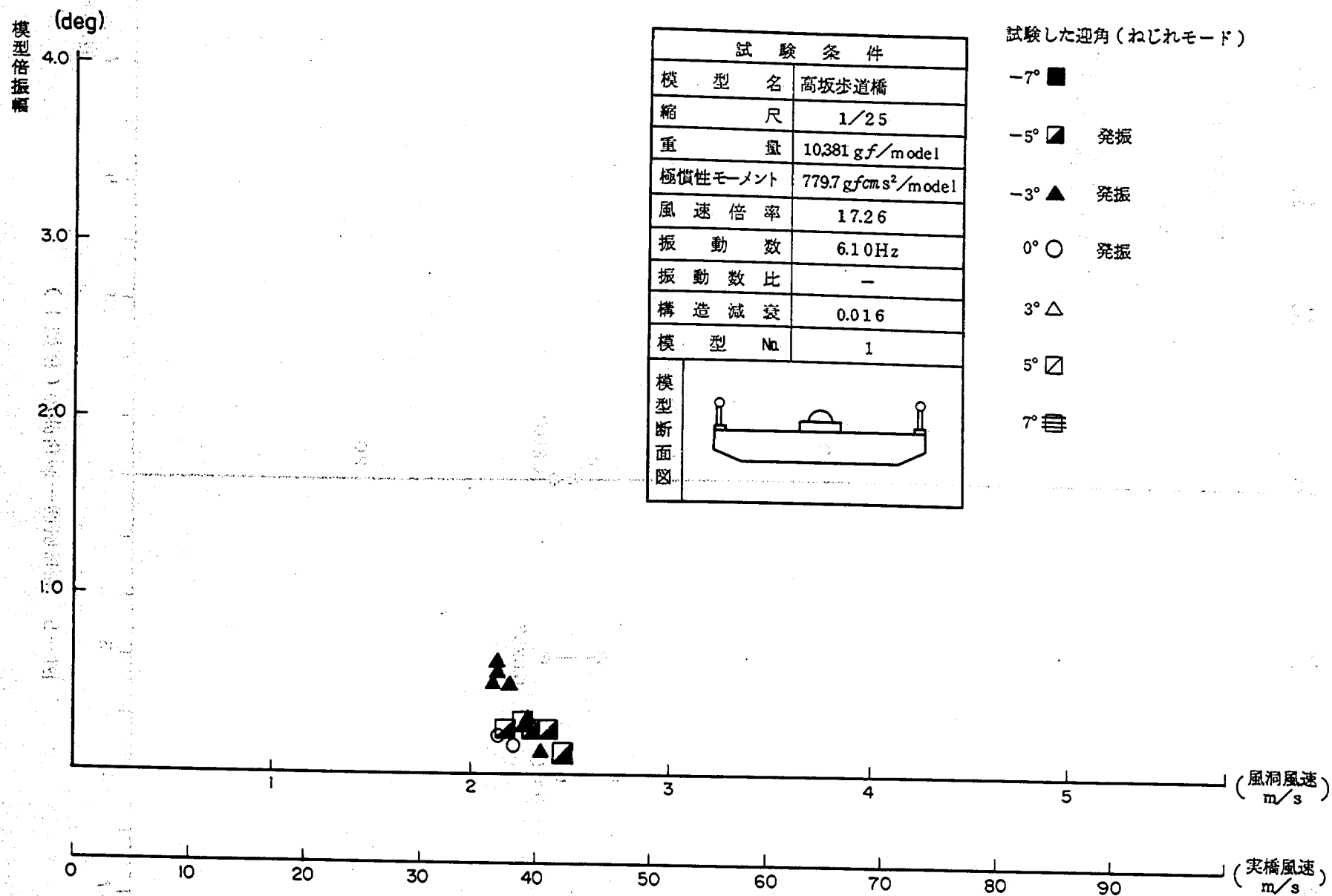
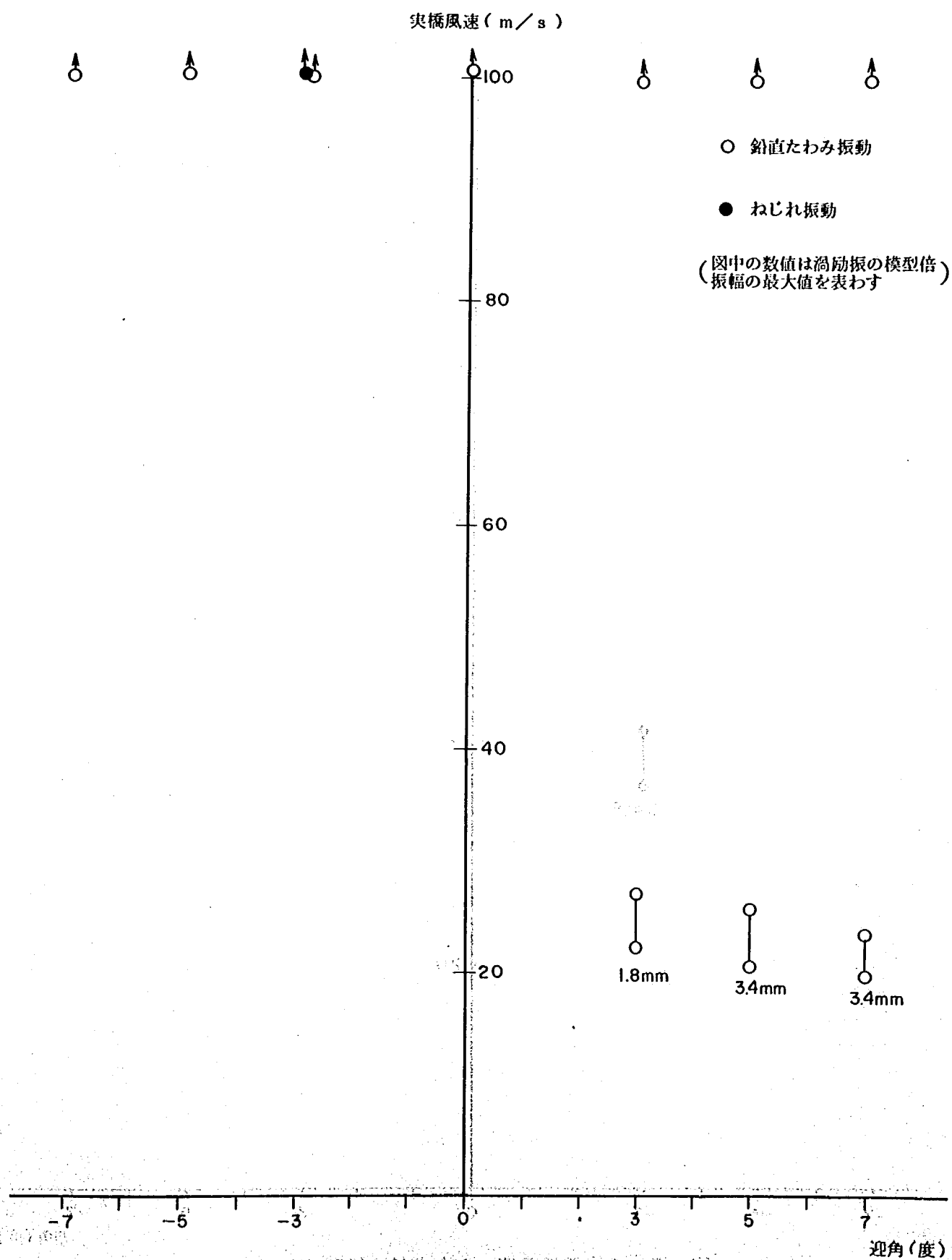
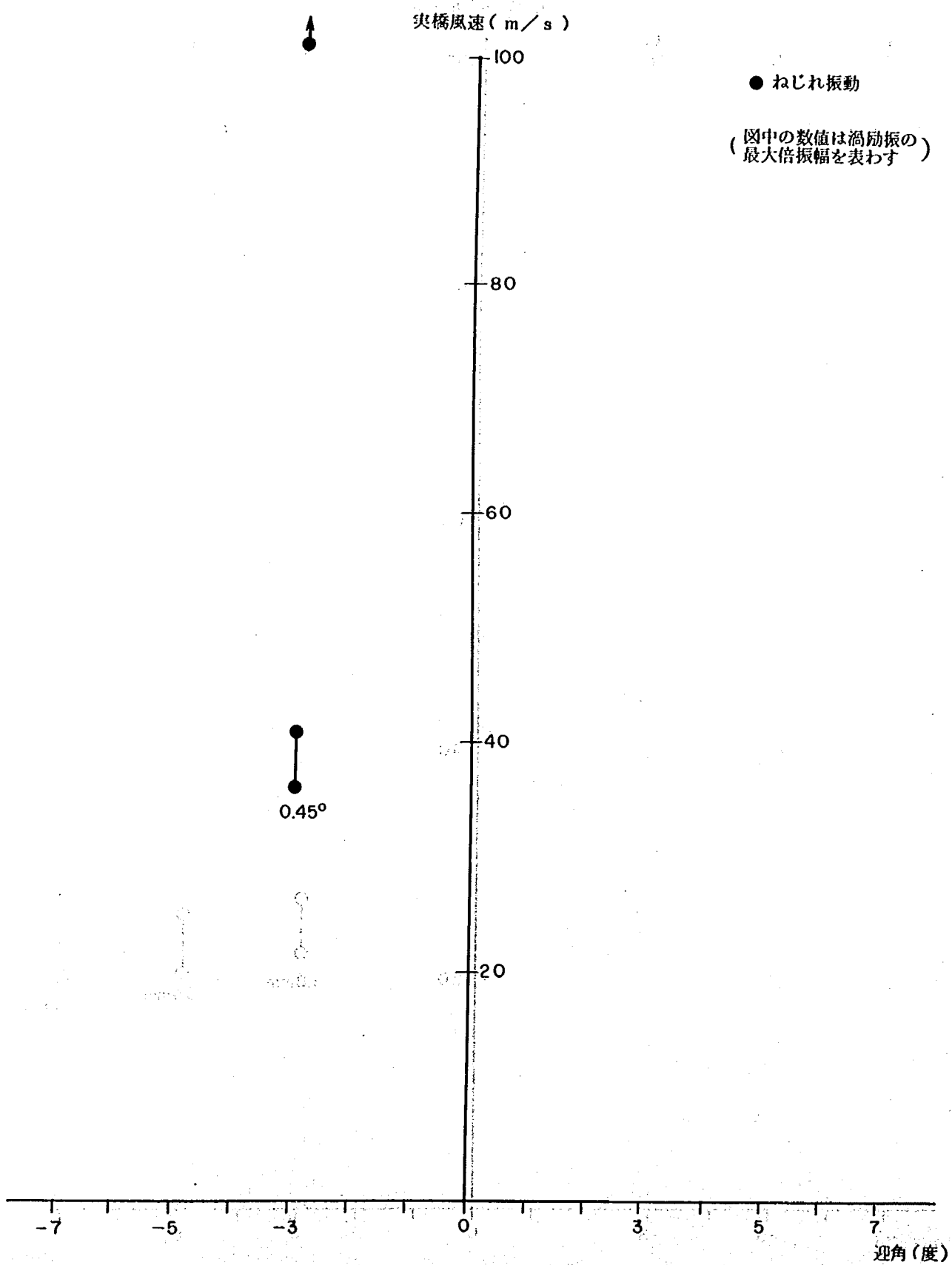


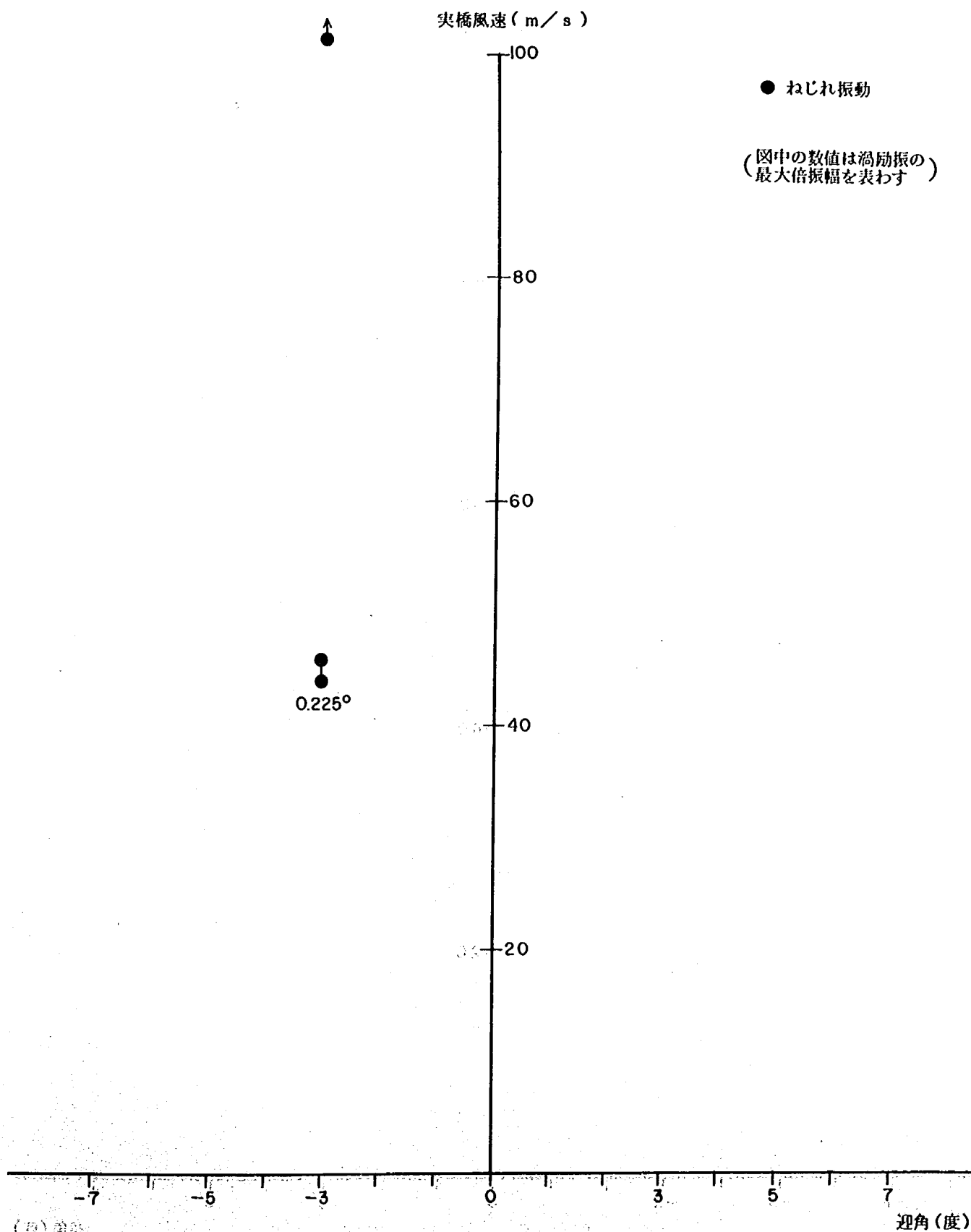
図-6 振幅 — 風速曲線



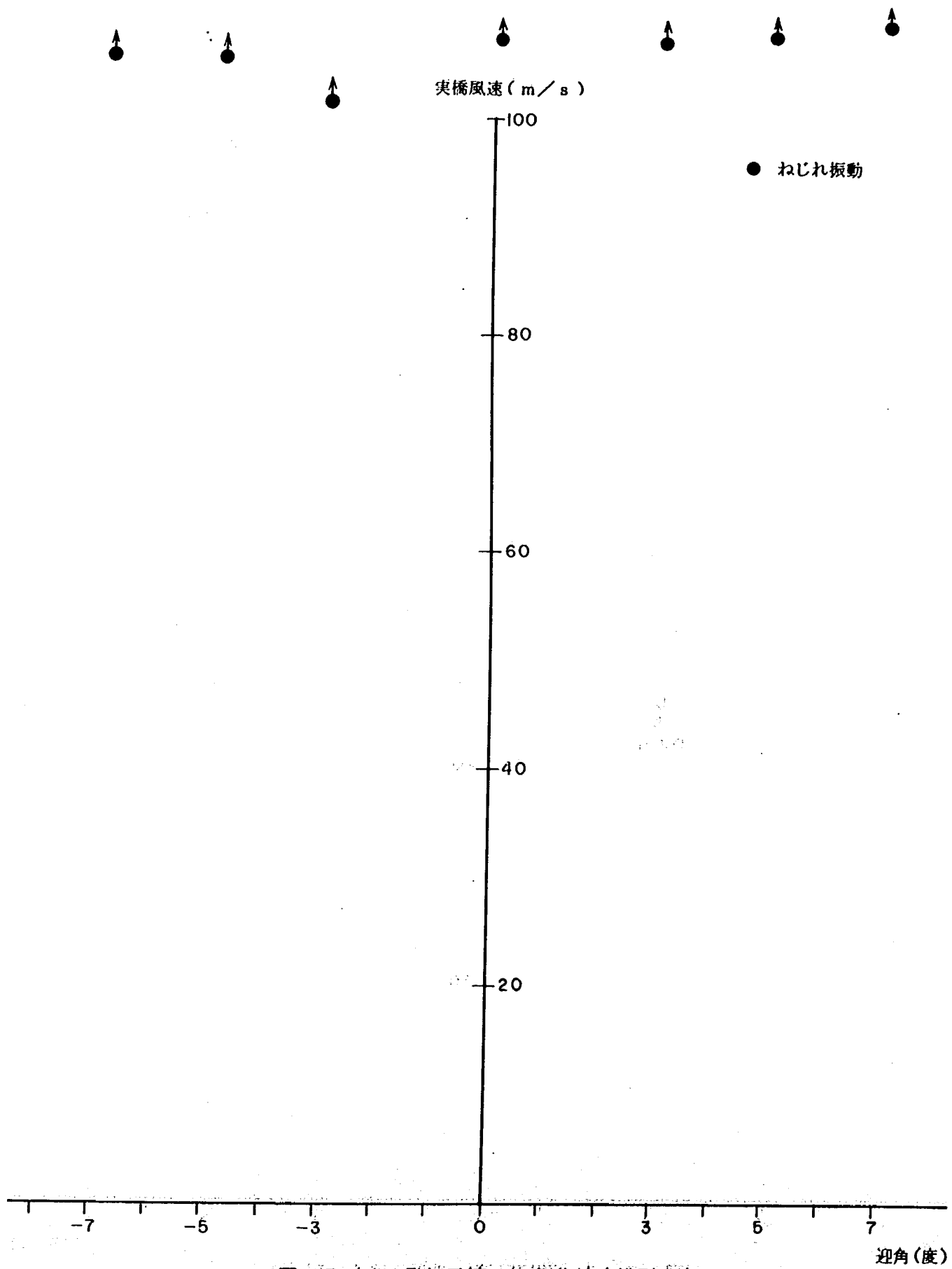
図一七—1 発振風速—迎角曲線 ( 模型 2 )



図一七—二 発振風速—迎角曲線 (模型 3)



(図一七—三) 発振風速—迎角曲線 (模型4)



図一7-4 発振風速—迎角曲線 (模型5)

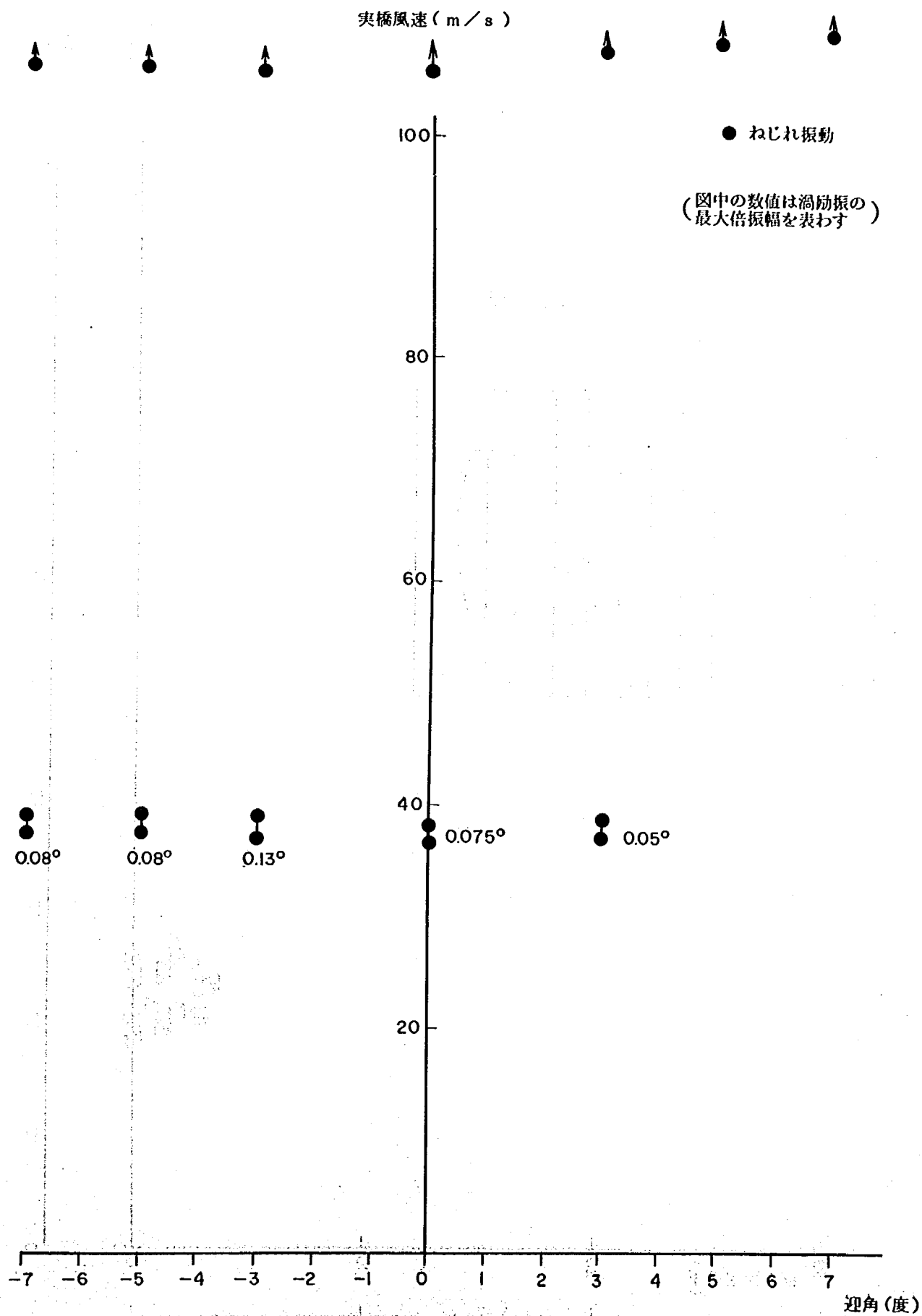


図-7-5 発振風速-迎角曲線 (模型6)

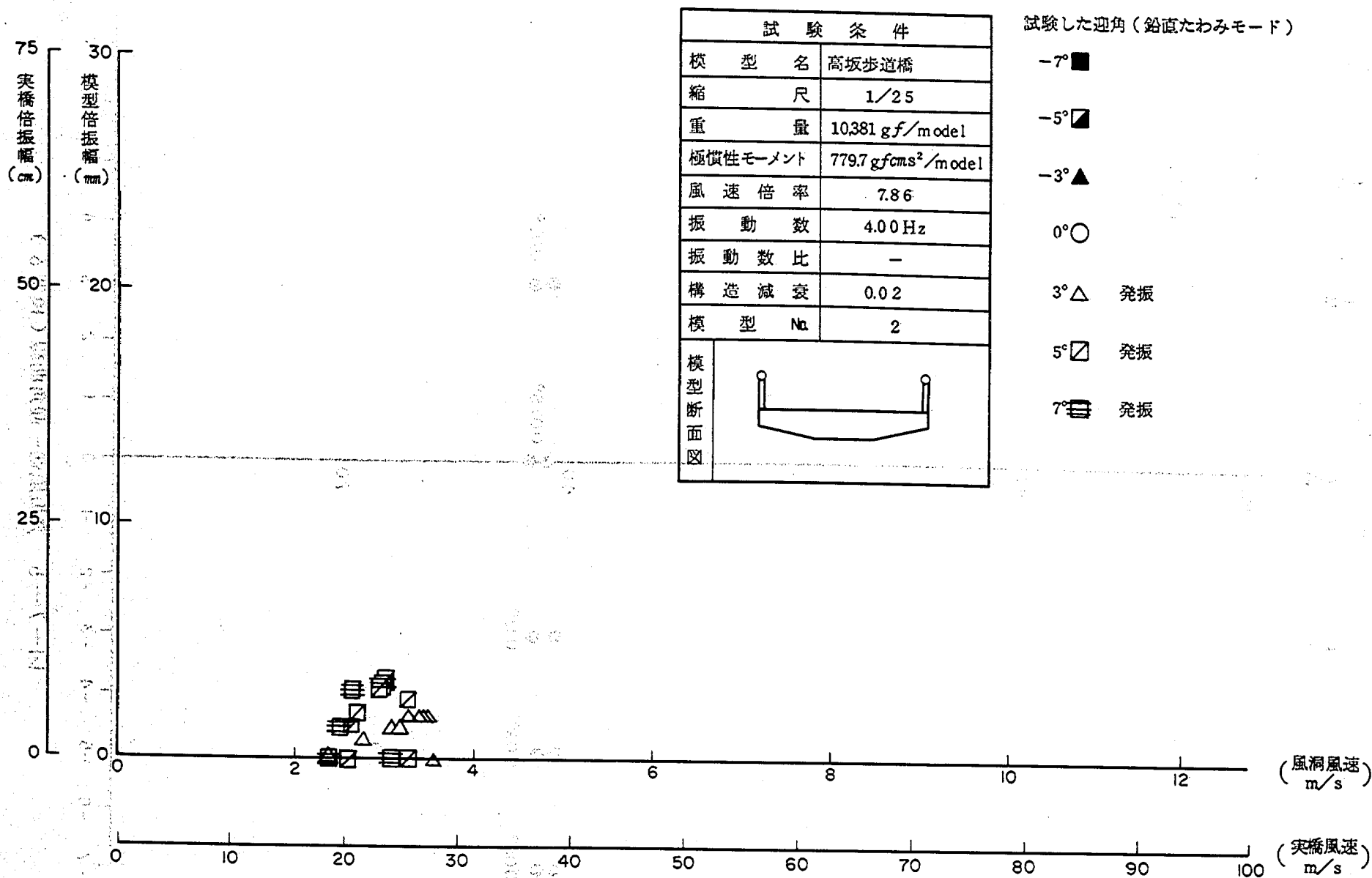
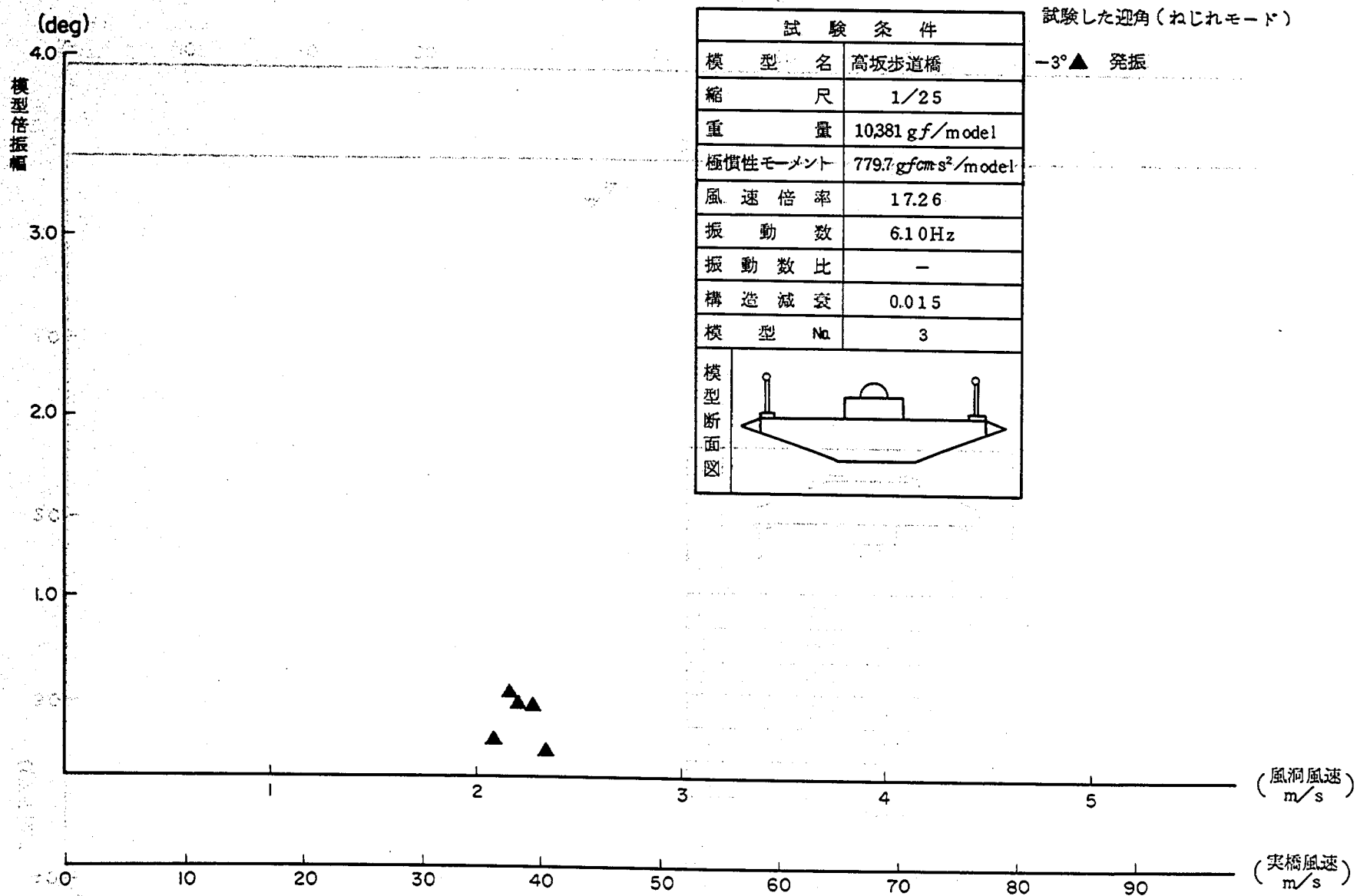


図-8-1 振 幅 — 風 速 曲 線



図—8—2 振 幅 — 風 速 曲 線

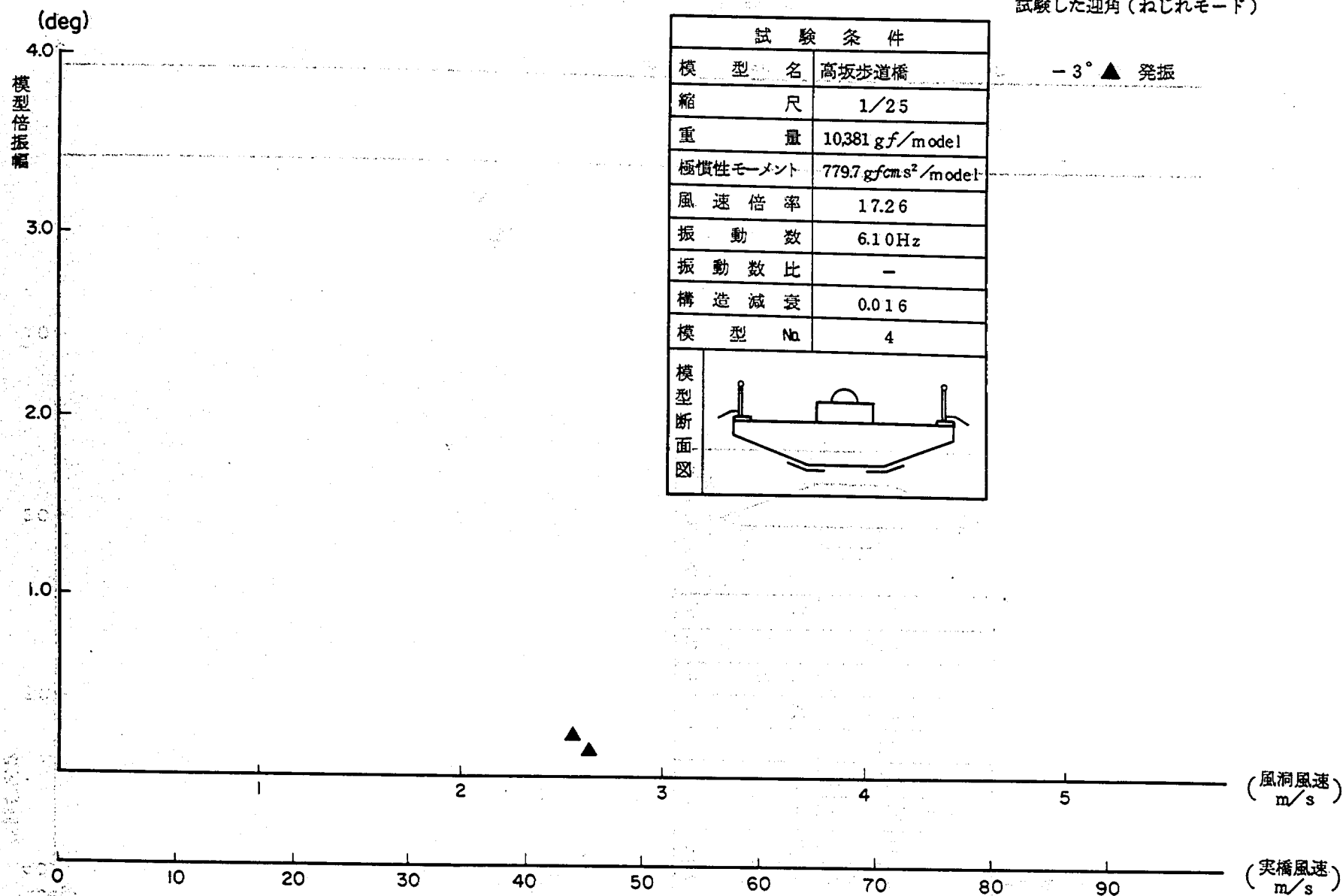


図-8-3 振幅 - 風速曲線

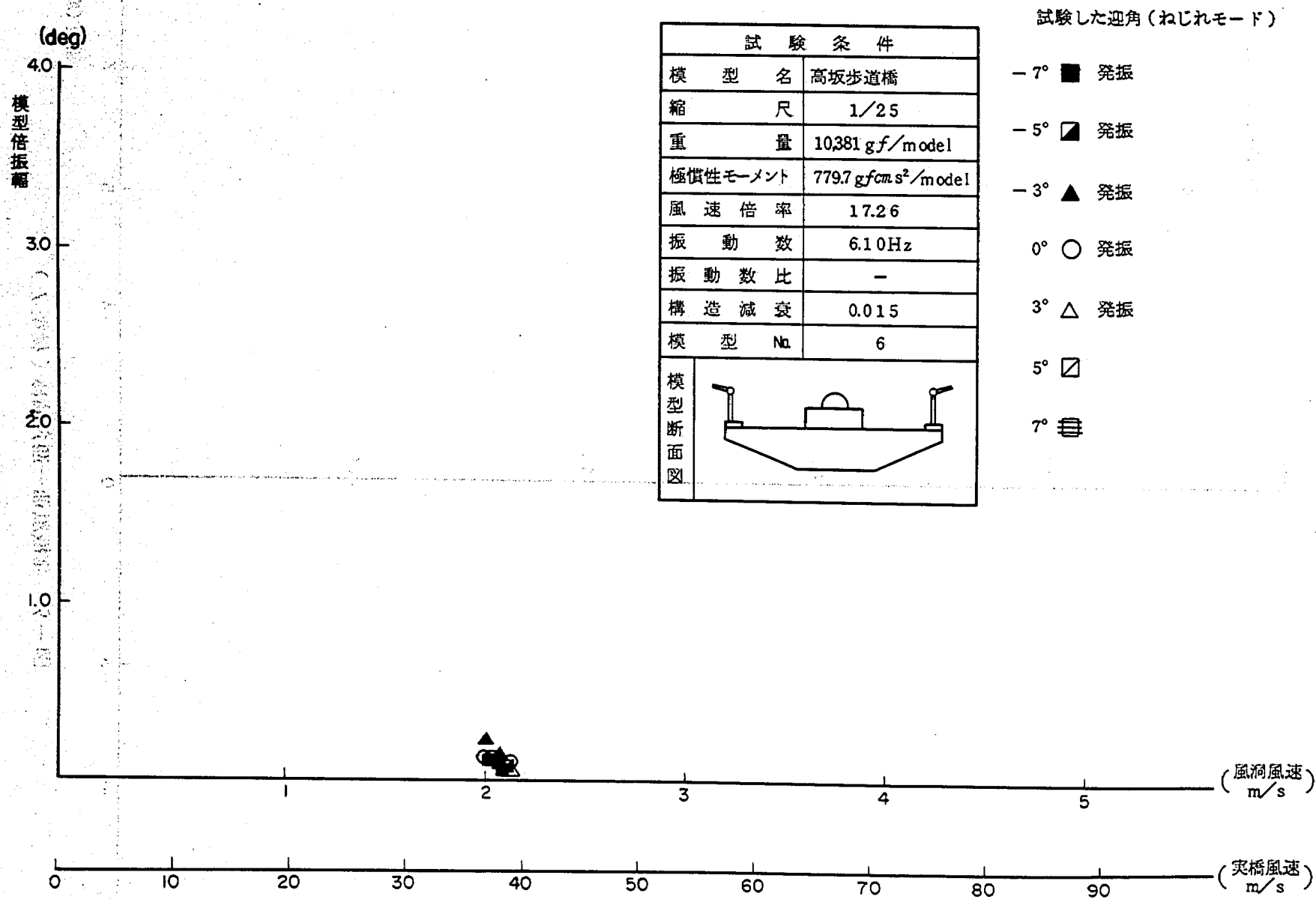


図-8-4 振 幅 — 風 速 曲 線



実橋風速 (m/s)

○ 鉛直たわみ振動

● ねじれ振動

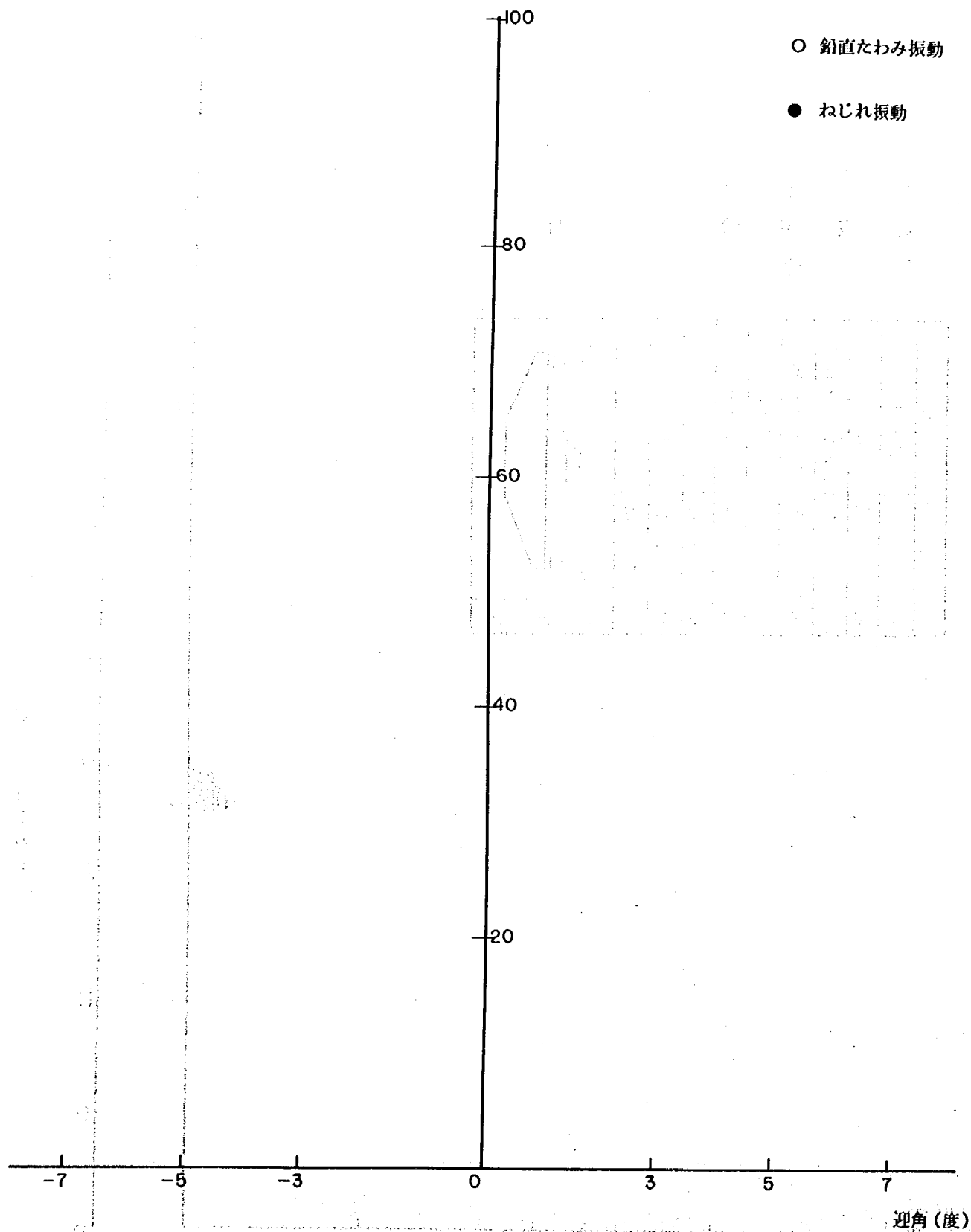
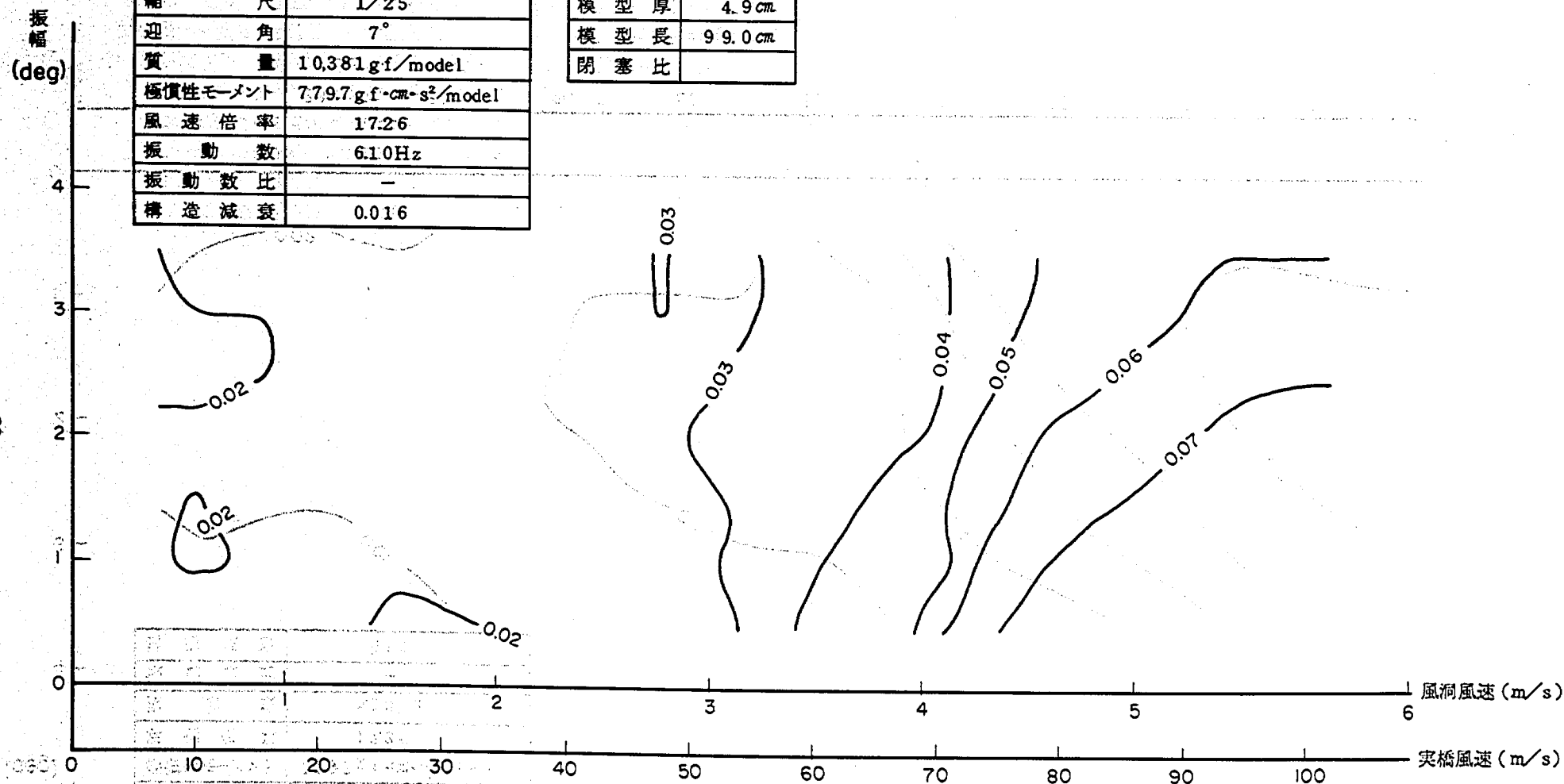


図-9 発振風速-迎角曲線 (模型7)

| 試 験 条 件  |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| 模 型 名    | 高 坂 歩 道 橋                         |
| 縮 尺      | 1/25                              |
| 迎 角      | 7°                                |
| 質 量      | 10.381gf/model                    |
| 極慣性モーメント | 77.9.7gf·cm·s <sup>2</sup> /model |
| 風 速 倍 率  | 17.26                             |
| 振 動 数    | 6.10Hz                            |
| 振 動 数 比  | —                                 |
| 構 造 減 衰  | 0.016                             |

| 模型主要部寸法 |         |
|---------|---------|
| 弦 長     | 3.4.0cm |
| 模 型 厚   | 4.9cm   |
| 模 型 長   | 99.0cm  |
| 閉 塞 比   |         |

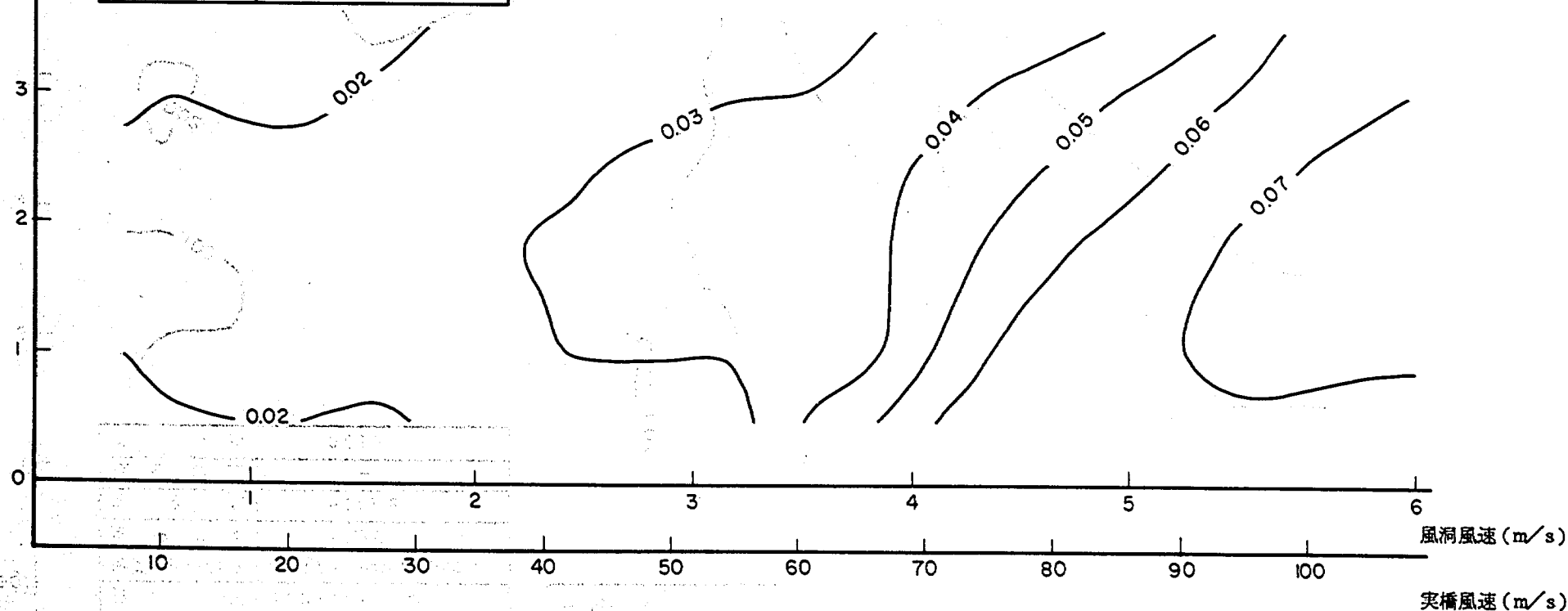


図一 10-1 風速—振幅—減衰率曲線 (模型7, ねじれモード)

振  
幅  
(deg)

| 試 験 条 件  |                                  |
|----------|----------------------------------|
| 模 型 名    | 高 坂 歩 道 橋                        |
| 縮 尺      | 1/25                             |
| 迎 角      | 5°                               |
| 質 量      | 10,381gf/model                   |
| 極慣性モーメント | 779.7gf·cm·s <sup>2</sup> /model |
| 風 速 倍 率  | 17.26                            |
| 振 動 数    | 6.10Hz                           |
| 振 動 数 比  | —                                |
| 構 造 減 衰  | 0.016                            |

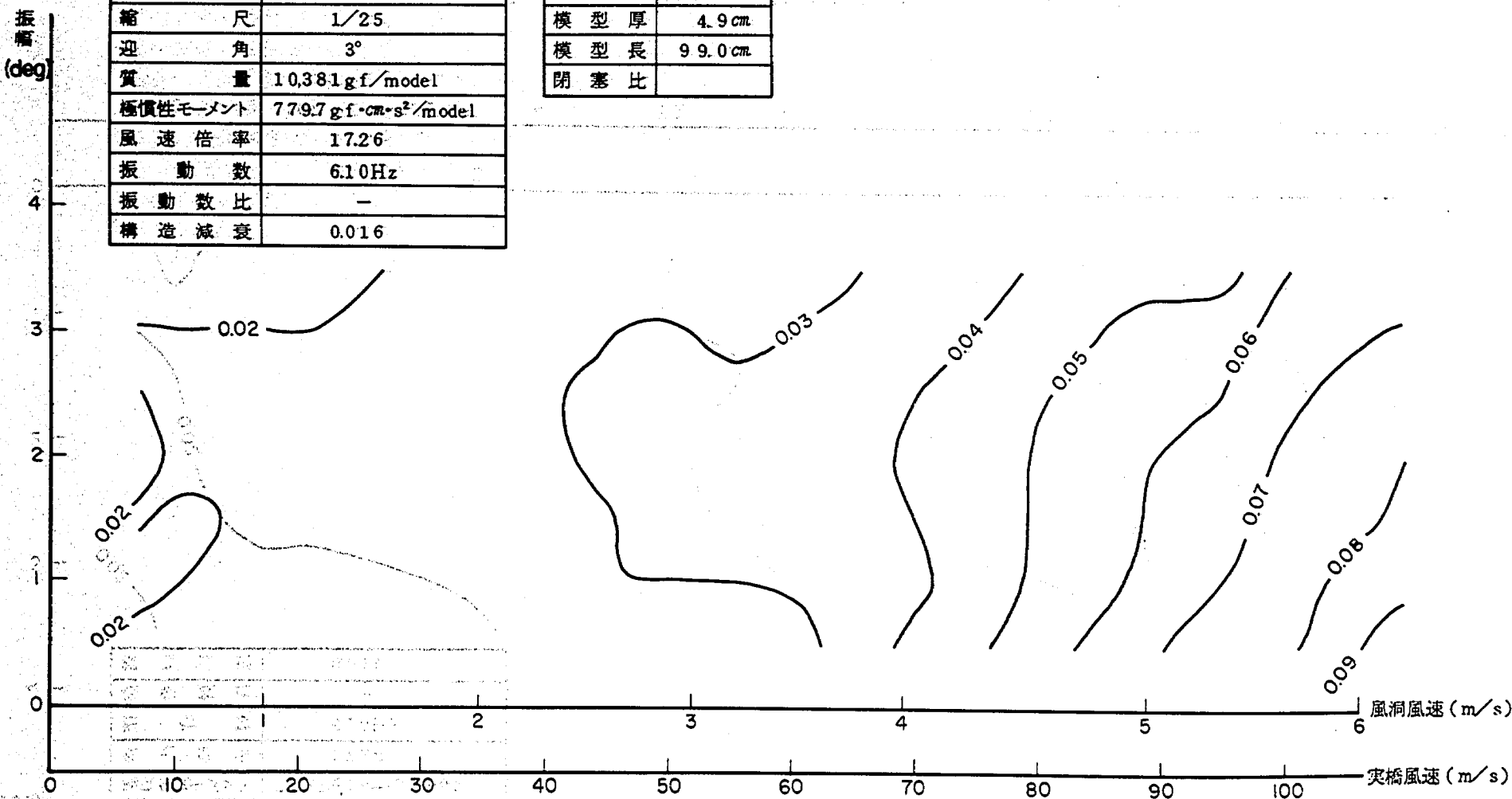
| 模型主要部寸法 |        |
|---------|--------|
| 弦 長     | 34.0cm |
| 模 型 厚   | 4.9cm  |
| 模 型 長   | 99.0cm |
| 閉 塞 比   |        |



図一10-2 風速—振幅—減衰率曲線 (模型7, ねじれモード)

| 試験条件     |                                  |
|----------|----------------------------------|
| 模 型 名    | 高 坂 歩 道 橋                        |
| 縮 尺      | 1/25                             |
| 迎 角      | 3°                               |
| 質 量      | 10381gf/model                    |
| 極慣性モーメント | 779.7gf・cm・s <sup>2</sup> /model |
| 風 速 倍 率  | 17.26                            |
| 振 動 数    | 6.10Hz                           |
| 振 動 数 比  | —                                |
| 構 造 減 衰  | 0.016                            |

| 模型主要部寸法 |        |
|---------|--------|
| 弦 長     | 34.0cm |
| 模 型 厚   | 4.9cm  |
| 模 型 長   | 99.0cm |
| 閉 塞 比   |        |



図一10-3 風速—振幅—減衰率曲線 (模型7, ねじれモード)

振幅  
(deg)

| 試 験 条 件  |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| 模 型 名    | 高 坂 歩 道 橋                         |
| 縮 尺      | 1/25                              |
| 迎 角      | 0°                                |
| 質 量      | 10.381 gf/model                   |
| 極慣性モーメント | 77.97 gf·cm·s <sup>2</sup> /model |
| 風 速 倍 率  | 17.26                             |
| 振 動 数    | 6.10 Hz                           |
| 振 動 数 比  | -                                 |
| 構 造 減 衰  | 0.016                             |

| 模型主要部寸法 |         |
|---------|---------|
| 弦 長     | 34.0 cm |
| 模 型 厚   | 4.9 cm  |
| 模 型 長   | 99.0 cm |
| 閉 塞 比   |         |

— 32 —

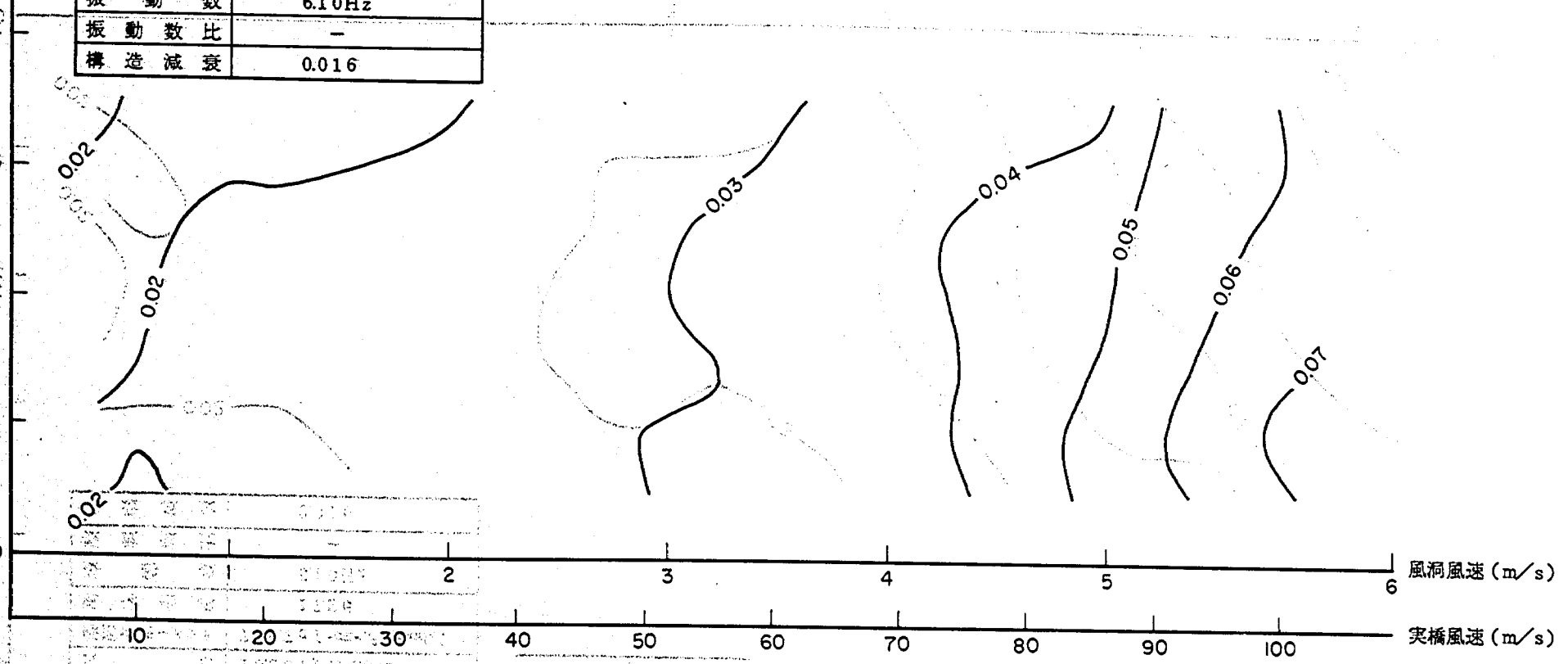
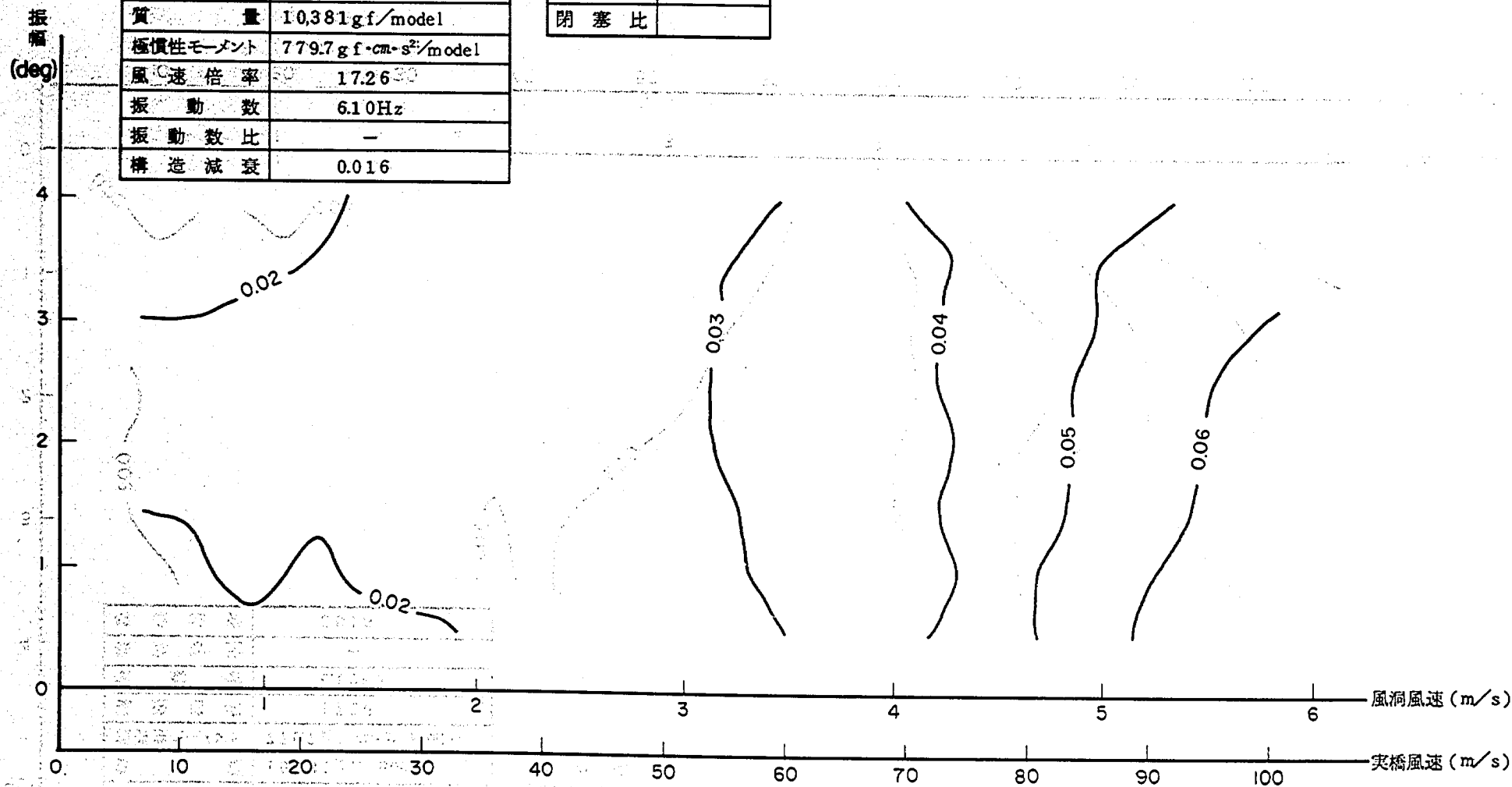


図-10-4 風速-振幅-減衰率曲線 (模型7, ねじれモード)

| 試 験 条 件  |                                  |
|----------|----------------------------------|
| 模 型 名    | 高 坂 歩 道 橋                        |
| 縮 尺      | 1/25                             |
| 迎 角      | -3°                              |
| 質 量      | 10,381gf/model                   |
| 極慣性モーメント | 779.7gf·cm·s <sup>2</sup> /model |
| 風速倍率     | 17.26                            |
| 振動数      | 6.10Hz                           |
| 振動数比     | —                                |
| 構造減衰     | 0.016                            |

| 模型主要部寸法 |        |
|---------|--------|
| 弦 長     | 34.0cm |
| 模 型 厚   | 4.9cm  |
| 模 型 長   | 99.0cm |
| 閉 塞 比   |        |



図—10—5 風速—振幅—減衰率曲線（模型7，ねじれモード）

振  
幅  
(deg)

| 試 験 条 件  |                                  |
|----------|----------------------------------|
| 模 型 名    | 高 坂 歩 道 橋                        |
| 縮 尺      | 1/25                             |
| 迎 角      | -5°                              |
| 質 量      | 10,381gf/model                   |
| 極慣性モーメント | 779.7gf·cm·s <sup>2</sup> /model |
| 風 速 倍 率  | 17.26                            |
| 振 動 数    | 6.10Hz                           |
| 振 動 数 比  | -                                |
| 構 造 減 衰  | 0.016                            |

| 模型主要部寸法 |        |
|---------|--------|
| 弦 長     | 34.0cm |
| 模 型 厚   | 4.9cm  |
| 模 型 長   | 99.0cm |
| 閉 塞 比   |        |

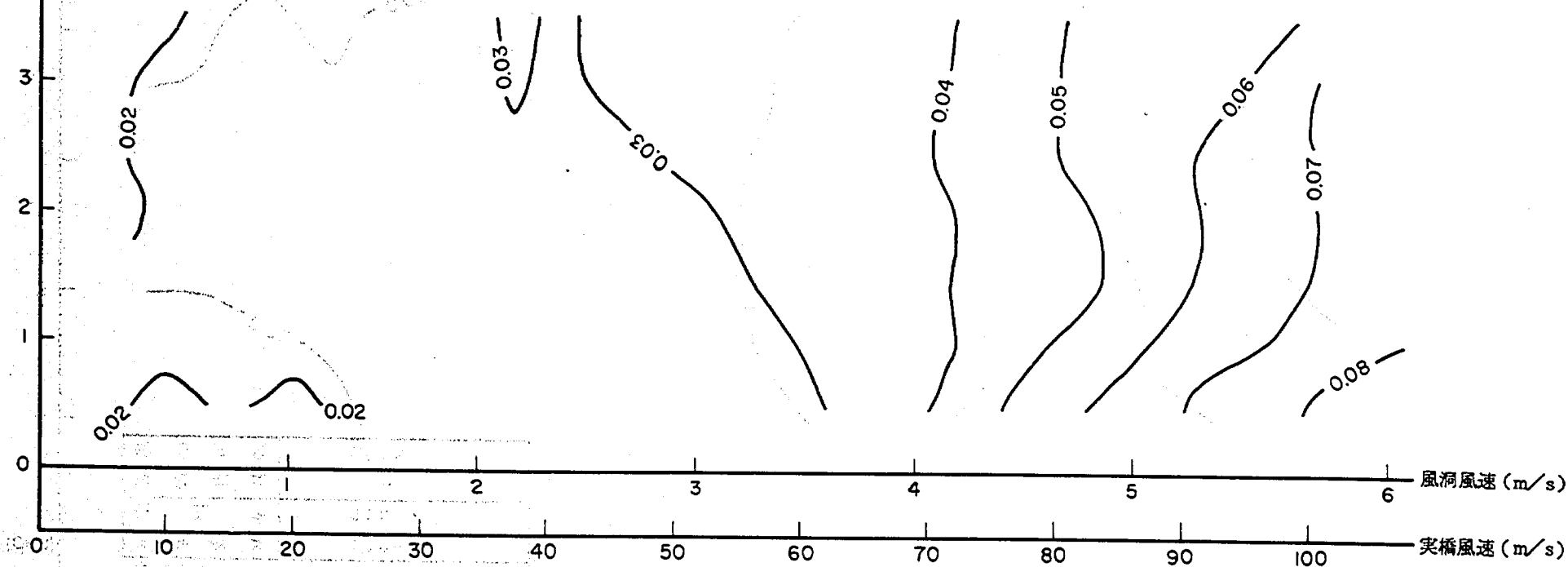


図-10-6 風速—振幅—減衰率曲線(模型7,ねじれモード)

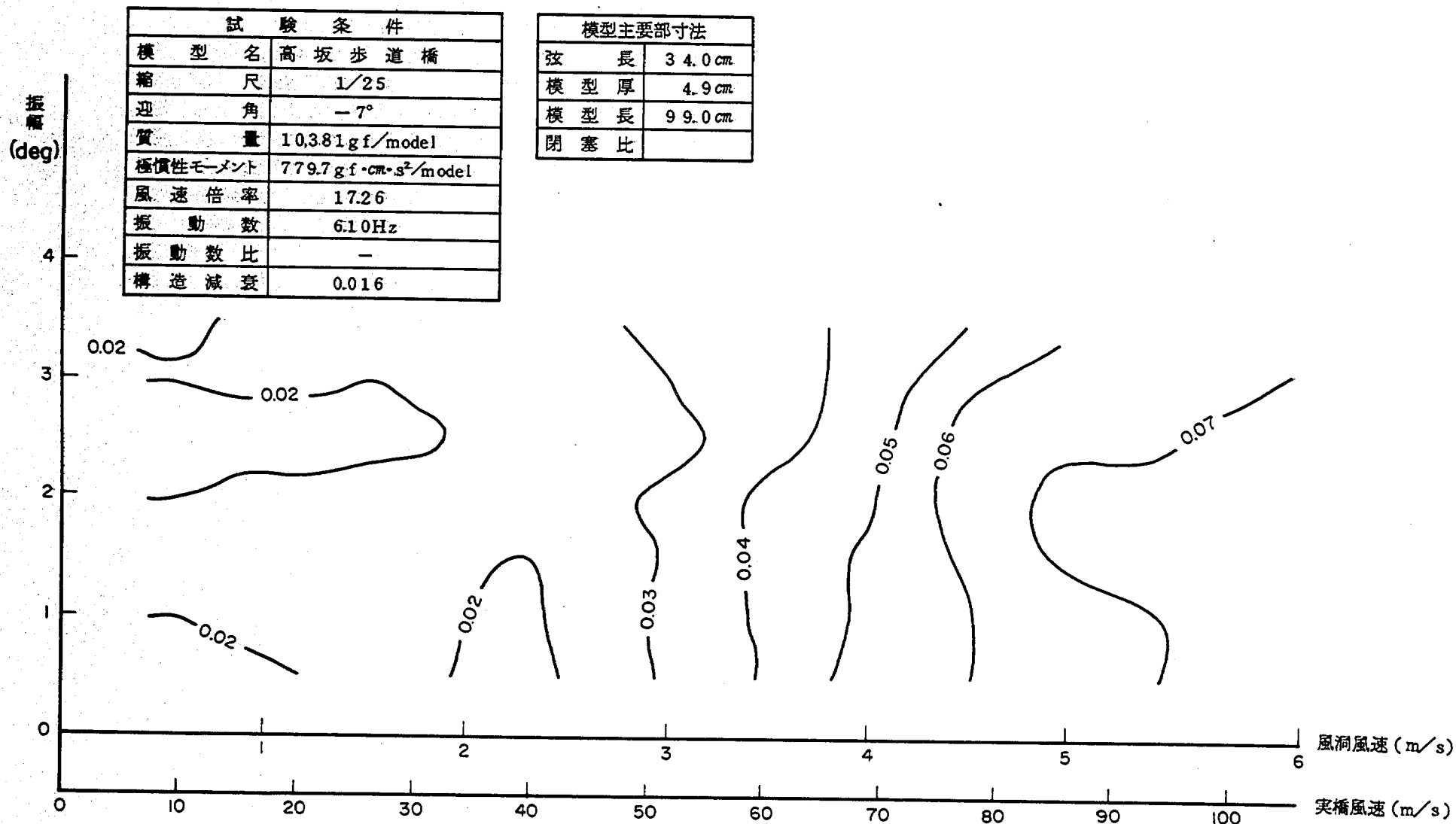


図-10-7 風速-振幅-減衰率曲線 (模型7, ねじれモード)

高坂丘陵地区歩道橋の  
耐風性調査報告書

ISSN 0386-5878  
土木研究所資料第1638号  
昭和56年3月 (1981)  
山本邦夫・佐藤弘史

キーワード 耐風設計, 自励振動, 渦励振, 斜張橋, 歩道橋,  
風洞実験

要旨

高坂丘陵地区歩道橋の耐風安定性について実験的検討を行い, 自  
励振動および渦励振について良好な耐風安定性を有する橋桁断面を  
選定した。

郵便はがき

305-□□

三十円切手  
をはって下  
さい

茨城県筑波郡

豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

構造研究室 御中

6

No. 6

配布先氏名

配布先住所

土木研究資料第1638号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印