

昭和60年度科学研究費補助金(総合研究(A))

研究成果報告書

橋梁の耐風設計法の標準化とデータベース作成に関する研究

(課題番号 59350029)

昭和61年3月

2304200

横浜国立大学

研究代表者

横浜国立大学工学部 教授 宮田利雄



575.1  
M1

昭和 60 年度科学研究費補助金（総合研究(A））

研 究 成 果 報 告 書

- 1 課 題 番 号      5 9 3 5 0 0 2 9
- 2 研 究 課 題      橋梁の耐風設計法の標準化とデータベース作成に関する研究
- 3 研究代表者      宮 田 利 雄 （横浜国立大学工学部 教授）
- 4 研究分担者      池ノ内 昌 弘 （三井造船㈱昭島研究所 室長）  
伊 藤      学 （東京大学工学部 教授）  
植 田 利 夫 （日立造船㈱技術研究所 主事）  
宇都宮 英 彦 （徳島大学工学部 教授）  
岡 内      功 （中央大学理工学部 教授）  
岡 島      厚 （金沢大学工学部 教授）  
小 川 一 志 （川崎重工㈱鉄構機器部 係長）  
久 保 喜 延 （九州工業大学工学部 助教授）  
小 林 紘 士 （立命館大学理工学部 教授）  
斉 藤      通 （三菱重工㈱長崎研究所 主任）  
白 石 成 人 （京都大学工学部 教授）  
中 村 泰 治 （九州大学応用力学研究所 教授）  
花 房 龍 男 （気象庁気象研究所 室長）  
樋 上 琇 一 （石川島播磨重工㈱技術研究所 課長）  
日 野 幹 雄 （東京工業大学工学部 教授）  
藤 沢 伸 光 （日本鋼管㈱中央研究所 室長）  
藤 野 陽 三 （東京大学工学部 助教授）  
松 本      勝 （京都大学工学部 助教授）  
宮 崎 正 男 （住友重機械工業㈱平塚研究所 係長）  
山 田      均 （横浜国立大学工学部 助手）

2304200

横 浜 国 立 大 学

5 研究経費	昭和59年度	4,000千円
	昭和60年度	2,000千円
	計	6,000千円

## 6 研究成果

### (1) 研究の目的と方法

本研究は、橋梁の現行の耐風設計法がかかえる種々の問題点の見直しとこれらの解決、ならびにその一般化のための検討作業、すなわち標準化と、従来の諸活動を通じて蓄積された耐風設計に関する多大なデータを広く設計資料として供するためのデータベース作成の検討を行おうとするところにある。従来、現行の橋梁の耐風設計基準として、中小橋梁用と長大橋梁用の二様のものが存在することの不都合さが指摘され、また中小橋梁でも可撓性に富む例が多くなって、低風速域でしばしば発生する渦励振やガストによる不規則振動の取扱いについて、設計に伴う検討作業に多くの労力と時間を要するために、早急に解決が求められてきた。従って、本研究では多数の研究分担者の参加を得、(1)耐風設計法フレームの検討、(2)風速特性の検討、(3)安全性の総合評価法の検討、(4)空力弾性応答の同定と評価、(5)風洞試験法の検討、(6)振動応答データ特性の検討、(7)空気力データ特性の検討、の役割分担に応じて検討作業を進めることとした。

以下に研究の成果の概要と総括を述べる。

### (2) 現行橋梁耐風設計法とその問題点

現在、わが国の道路橋の耐風設計は、その支間長が200m以下の場合は「道路橋示方書」（以下「道示」と呼ぶ）に従い、また、支間長が200mを越える場合には「本州四国連絡橋耐風設計基準（1976）」（以下「本四基準」と呼ぶ）に準じ、それぞれ実施されている。「道示」では風荷重については規定されているが、風による振動については単一鋼管部材の細長比の規定を除けば検討の必要性および標準的な設計風速が示されているのみであり、詳細な規定は設けられていない。一方、「本四基準」では、架設地点の風速の再現期待値、風

の変動性を考慮して設計風速を定め、さらに橋梁の構造特性を考慮して設計風荷重を定めている。風による振動については、「本州四国連絡橋風洞試験要領（１９８０）」に基づく風洞試験により安全性を照査するように定められている。

このように、現在、橋梁に関する耐風設計基準には二様のものがあるが、変形しやすい箱桁橋梁の事例が増え、しかも、渦励振、ギャロッピング、バフェティング振動などへの対応を必要とする場合が多くなってきた。これに伴い、現行の耐風設計法におけるこれら諸現象の取扱いに関する不備などの問題点が多々指摘されるようになってきた。また、一方、一般の設計技術者にとっては、これらの振動現象等に対処するために、耐風設計法では風洞試験による照査を要求されることなどが、耐震設計法における解析方法の明確さに比べて、非常に難解であるとも言われるようになってきていた。このような問題点について、わが国の橋梁の耐風設計に携わる研究者、技術者により議論がなされ、それらの一部が報告されたことがある。ここに報告された問題点は多岐にわたっているが、大別すると次の３つに分類することができる。すなわち、

- (a) 基準の条項の充実化に関する問題点
- (b) 耐風設計の合理化に関する問題点
- (c) 耐風設計の効率化に関する問題点

である。

まず、(a)は耐風設計上必要な事項にもかかわらず基準において必ずしも十分な記述がなされていないという問題点である。これは、例えば、「道示」ではどのような橋梁に対しどのように動的耐風設計を行うかという点、あるいは「本四基準」ではフラッター、横たわみガスト応答以外の振動現象をどのように評価するかなどの問題点に該当する。

次の(b)に該当する問題点としては、１）設計風速、風の傾斜角、風の変動特性など耐風設計にかかわる風の入力条件、２）モデル化をより合理的に設定しようとするもの、３）構造減衰、構造物の三次元性、自然風の変動性との相関特性などの因子が橋梁の対風応答に及ぼす影響をより合理的に評価しようとするもの、４）風速とともに緩やかに振幅が増大するタイプのフラッターに対す

る安全性をより合理的に評価しようとするものなどである。

最後の(c)は既往の耐風性調査、試験の成果を今後の耐風設計に反映させることにより設計の効率化をはかろうとするものである。すなわち、「本四基準」では、各橋梁ごとに風洞試験に基づき動的安定性を照査するよう定められているが、現在、すでに数多くの長大橋梁に対し風洞試験が実施されていること、および動的耐風性の検討を行うべき橋梁が数多く計画されていることなどの事情を考慮すると、橋梁の種類あるいは設計の段階によっては既往の試験結果により、動的安定性を照査することも可能と考えられる。この点に関連して、1981年、イギリスで提案されたBS5400耐風設計基準では、中小橋梁について、風工学が専門でない技術者でも風洞試験を行わずにある程度動的照査を実施することができるようになっており、上述の(a)あるいは(c)の問題点に対する一つの解答例を与えたという点で評価されている。

### (3) 課題の所在と検討項目

前項で述べたような橋梁の現行耐風設計法のもつ問題点を受け、本研究では種々の検討の結果、次のような研究・調査、検討を実施して耐風設計法のフレーム設定、その条項化を考えることが適切と判断された。

まず、現行の設計基準の不備、問題点に対して、①耐風設計法フレームを設定することとして、前項の問題点の(a)あるいは(c)の観点から対象橋梁を次のように定めることが適当とした。すなわち、④静的設計のみ実施、⑤計算式・マニュアル等による動的照査を実施、⑥風洞試験による動的照査を実施、の3つのグループに分類し、それぞれ体系化する。これは、フレーム設定に際し、1) 最近の適用範囲の拡大に対応するために一般的な橋梁全般を対象とすること、2) 風以外の荷重に対する設計との整合性に配慮すること、3) 一般の設計技術者になじみ易いものとする、4) 合理的・合目的的であること、などの一般的に具備されるべき条件のみならず、5) 耐風設計上固有の条件(例えば、耐風性の検証を行うための風洞実験のウェイトが大きいこと、渦励振、フラッター、バフティングなどの風による振動現象が複雑で、模型実験結果の評価、

解釈に専門的判断が求められること)などに総合的に配慮しなければならないからである。

さらに、以上のような分類を進めていく上で、②既往の橋梁の構造特性を調査し分析する、③橋梁の耐風性に関する既往の風洞試験結果を調査し、空力特性データとしてとりまとめマニュアル化を計る、ことが欠かせない。このような検討を進めながら、種々の特性の抽出を行うことがきわめて重要である。また、既往例の調査・分析に関連して、風洞試験を実施したもの、しないものを問わず、実際の橋梁における風による振動の発生有無の調査・確認が肝要であろう。従って、振動する場合はあればその発生理由、原因を、また、振動しない事例についてはその背景、原因を明確にしておくことが有効なキャリブレーションとして大きな意味をもっと考えられる。ここでは、振動診断という形で作業を進めることが適当と考えるに至った。ただし、空力特性データのマニュアル化は前記の分類におけるランク㊦の橋梁の耐風設計に継がるものとなる。

ついで、前項の問題点(b)の観点から、特に、④風の特性評価およびそのための手法、手順などの検討を行うことがあげられる。この点は、設計入力条件としての自然風をいかに合理的にモデル化するかの問題であり、設計基本風速その他の特性値の設定を再度見直し、耐風設計における安全性評価を明確にすることに関連する。また、これは、上述した既往の橋梁調査に関連した風による振動発生の有無のキャリブレーション、すなわち振動診断作業に対しても、対象橋梁地点の風況状況を特定する際に必要なデータを提供するという意味をもっている。

このほか、前記の分類におけるランク㊧の橋梁に対しては風洞試験を課することになるが、このための、⑤橋梁の耐風性に関する風洞試験法の見直し、が必要になる。以上にあげた5つの大きな検討項目に関連して、さらに、⑥風による振動、すなわち渦励振、ギャロッピング、フラッター、バフエティング（鉛直たわみ、横たわみ、および捩れのガスト応答）の発生メカニズム、あるいは自然風の持つ乱れの効果の十分な理解とこれらの振動現象に関する評価基準、⑦構造物の三次元性、および気流の変動特性、地形特性の評価、モデル化、

⑧架設時の耐風設計，特に動的照査に関するフレーム設定，その条項化を計る，という点に留意して検討を加えることが重要となる。

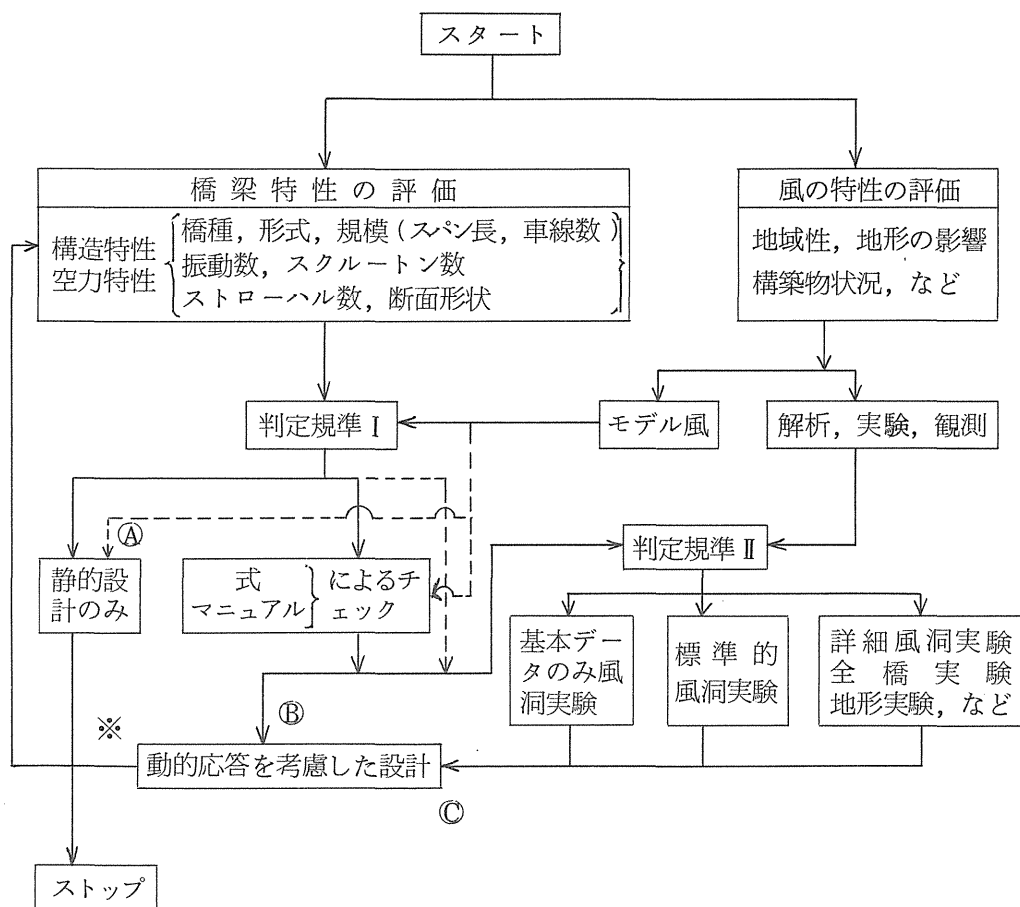
#### (4) 耐風設計法フレームと条項

前述したように，耐風設計法のフレーム設定，その条項化を計る上で対象橋梁をランク④，⑤，および⑥に分類することを基本に据えることが適当と考えられた。その全体のおおよその枠組みをまとめてみると図－１のようになる。これは耐風工学的観点に立つものと言えるが，図中の④，⑤，⑥が上述の分類に対応している。この設計の流れの中で，スタート時点において重要なポイントは，１) どの地点に，どの規模（スパン長，車線数）のものを，どういう橋種，形式で架橋しようとするかという設計意図に対して，その耐風設計をどのランクで実施すればよいかの明確な判定規準が設定されていること，２) 設計案が実際風に対してどのような振舞い方をし，安全性を合理的に，しかも，十分に保持しているかを概観し得るか ― 要するに，わかり易い，なじみ易い形を整えているか ― があげられる。

一方，設計フレームに従って条項化を計るとして，それぞれの項目をまとめてみると表－１のようになる。ここに示した項目は，関連するすべてのものを網羅的にあげてあるわけではない。表では静的設計と動的設計が大きく分けられているが，この分け方もそれぞれに盛り込まれる内容，その盛り込み方によって変わることがあり得る。いずれにせよ，設計フレームとしてクラス④の存在を認めているので，基本は静的設計であり，振動への対処は付加的とならざるを得ない。こう考えてくると，フラッター以外の振動は等価荷重的に捉え，照査荷重として静的設計に盛り込む形が必要になる。発生の不可避なバフエティング振動などの限定振動を設計体系に組込む以上，振動による応力を断面決定時に見込んでおかなければ，そもそも照査が成立しないことになる。また，疲労問題は許容応力の低減の形で，あるいは許容振幅は静的設計におけるたわみ制限に近い概念で考えられよう。

設計フレームではランク⑤で式・マニュアルによる応答予測，またランク⑥

で風洞実験による予測（この中には2次元試験から3次元応答を予測する方法，あるいは乱れの3次元効果などの評価をも含む）が必要になるが，これらの判断基準は同一のものとするのが適当で，こうしておくことによって，将来の新たな理解，知見の反映が容易になってくる。フレームを具体的に詰めるためには，橋桁の断面形状と空気力係数，あるいはストローハル数の関係，構造形式，スパン長等と固有振動数，スクルーション数の関係，断面形状と発振風速，ピーク振幅等の関係を整理しておくなどの作業を必要とする。これらについては次項以降で述べる。



※ 詳細設計あるいは設計変更の段階でスタート点へ戻ることがありうる。

図－１ 橋梁の耐風設計フレーム



1. 総 則 適用範囲 技術水準の解説 構造特性 風の特性	地域，規模，形式などで 考慮すべき現象の説明，応答予測 橋種，スパン長，幅員，断面形状（箱桁：流線形度，トラス：充 実率など），構造減衰率 地形，地表粗度，架設高，基本風速マップ，鉛直プロファイル， 傾斜角，乱流特性（乱れの強さなど）
2. 基 本 風 速 橋桁，塔，ケーブルなど に応じて （架設系に応じて）	（地上10m高，10分間平均）
3. 静 的 設 計 設計風速 風 荷 重 荷 重 載 荷 法 荷 重 の 組 み 合 わ せ た わ み 制 限 静的不安定現象の照査	バフティング（ガスト応答）の扱い 空気力係数（抗力，揚力，空力モーメント，横力），負反力 橋軸直角方向・橋軸方向の別 許容応力度の割増し，荷重係数 横座屈，ダイバージェンス
4. 動 的 設 計 設計風速 応 答 予 測 許 容 振 幅 静的風荷重との組み合わせ 安 全 性 評 価	渦励振，ギャロッピング，各種フラッター，バフティングなど 傾斜角設定（現象に応じて） 現象ごとの判定式・マニュアル，風洞試験法の提示 限定的振動，発散的振動（フラッター）の扱い  総合的，または現象に応じて
5. そ の 他 並 列 橋 制 振 対 策 水管橋，新交通システム 高架橋など 主構造以外の部材の耐風 設計	構造的，空力的方法（解説にとどまるか）  吊材，手すり，ランプポストなど
6. 架 設 系 の 耐 風 設 計	基本思想は同一，特性値の変更・手続きの簡略化を考える

表－1 橋梁の耐風設計条項一覧

#### (5) 構造特性の調査・検討

耐風設計を施すべき対象橋梁をランク㉔、㉕、および㉖に分類することを前提とする観点から、既往の橋梁の構造特性、すなわち重量、固有振動数、構造減衰率などの実状を把握しておくことが重要である。そこで、わが国の橋梁については、昭和30年以降の、主として最大スパン長が80m以上の充腹箱桁状断面をもつものを対象に、また外国の橋梁については主として長大橋梁を対象に調査が実施された。なお、歩道橋などについてはスパン長にこだわらず適宜調査対象に加えた。その結果、現在のところ付表－5.1、5.2に一覧するように約180橋がリスト化されている。ちなみに、このうち後述する空力特性調査対象の風洞試験データのある橋梁が約50橋含まれている。

調査対象橋梁の構造特性のうち、風による振動問題を考える際に重要となる固有振動数、構造減衰率のデータ収集は容易ではない。特に、スパン長が100m前後の橋梁では実測される例が少なく、固有振動数を推定するための簡易計算法の開発なども必要になってくる。久保は等側径間長をもつ三径間連続桁橋のたわみ一次固有振動数を比較的簡単に推定する式を誘導し、付表－5.3、付図5.1に示すような比較的良好な結果を得ている。付図－5.1には、数十mスパン長の中小支間橋梁のたわみ一次固有振動数について、従来から良く合うといわれてきた $f=100/\ell_0$  (Hz)式が併記されているが、スパン長 $\ell_0 > 100$  mの推定値はこの式とも良い一致を見せている。たわみ一次固有振動数として単純桁の中小支間橋梁から導かれたこの $100/\ell_0$  (Hz)式は、付図－5.1の実測値との対応から、 $\ell_0 = 100$  mを越す三径間連続桁橋にも、また付図－5.2に示すように斜張橋、吊橋などを含む長大橋梁の場合にも比較的良いあてはまりが認められると言えるようである。付図－5.2の長大橋梁の固有振動数は計算値であるが、後述の空力特性調査に関連して調査されたものである。この調査では種々の特性値が調べられているが、付図－5.3は捩れ固有振動数と最大スパン長との関係、付図－5.4は単位面積重量と最大スパン長との関係、付図－5.5、5.6は質量比と寸法比との関係を示すものである。これらの構造特性値が関連するパラメータとの間に見せる相関性の抽出、分析がきわめて重要

な作業となる。

#### (6) 空力特性の調査・検討

当然のことながら、耐風設計法を検討していく作業を進める上で、既往の橋梁の耐風性に関する風洞試験結果の調査データは有用な情報を多数提供してくれるものである。国内外を問わず、これまでに風洞試験が行われた事例は多数存在する。そこで、付表－5.3に示すような「橋梁の耐風性に関するデータ調査表」と名づけた調査フォーマットを特別に考案し、調査が実施された。調査項目の主なものは、橋種、スパン長、断面寸法、質量比、固有振動数、減衰率、断面形状、渦励振、ギャロッピング、捩れフラッター、その他の振動応答情報、三分力の特性値、さらに周辺地形状況、風況状況等である。現在のところ、前述したとおり約50橋を対象に調査が進められ、これらの中には良好な断面形状の探索、あるいは設計変更に伴う多数のバリエーションが存在するので、データの総数としてはきわめて大きい数となっている。これらの調査結果の一部は前項に示したとおりであるが、以下には空力特性の関連パラメータとの相関性の分析結果、例えば断面寸法比と振動応答のピーク風速（ストローハル数）、または発振風速との関係、スクルートン数（質量比×（対数）構造減衰率×2）とピーク振幅との関係、断面寸法比と三分力係数との関係などについて述べることとする。

橋梁に発生する種々の空力弾性現象には多くの関連するパラメータが考えられるが、中でもその断面形状は代表的なパラメータである。付表－6.1は調査された橋梁の断面形状を寸法比 $B/D$ との関連で一覧したものである。多種類の断面形状が存在することが分る。

先ず、渦励振関係のデータのとりまとめであるが、付図－6.1.1～6.7.9は主として宇都宮、小川によって整理、分析されたものである。渦励振の発生風速については、多数の断面形状を5種類の大わくに分類（A：扁平翼型、B：逆梯型、C：二箱桁、D： $\pi$ 型、E：板状桁）し、各断面ごとに換算風速（ $V/fD$ ）と寸法比（ $B/D$ ）の関係などを調べている。渦励振の最大ピーク振幅

の推定については，スクルーション数による応答の変化が調べられ，基本的にはスクルーション数に逆比例すると見えるが，寸法比（ $B/D$ ）が5以下の領域では，必ずしもこの傾向は認められず，別の大きな要因に支配されているようである。現象を強制振動として扱ったときに求められる動的空気力係数（ $C_L$ ， $C_M$ ）と寸法比との関係には，断面比の増大と共に急激に減少する特性が認められる。包絡線について見ると， $C_L$ は $(B/D)^{-2}$ に， $C_M$ は $(B/D)^{-3}$ に比例しているようである。この最大ピーク応答発生風速と渦励振発生風速との比はスクルーション数のみならず寸法比によっても変化している。この関係には変動幅が小さいので単純な形で関係式をあてはめることが可能である。以上の分析された諸関係を用い，応答を1自由度強制振動によるものと見なすと，ピーク応答振幅がたわみ，捩れともに導かれる。これらの結果は後述する振動診断作業に際してのキャリブレーション作業に応用することができよう。

ついで，フラッター，すなわち曲げ捩れフラッター，捩れフラッター，およびギャロッピングのデータのとりまとめであるが，付表－6.2，付図－6.8.1～6.10.2，および付表－6.3は主として小林，植田によって整理，分析されたものである。この際，断面形状，ならびに空力制振対策について付表－6.2のように分類している。曲げ捩れフラッターの発生事例は少ないが，慣用されているSelbergの式による限界風速値と比較した結果，寸法比の減少と共に限界風速の実験値は低下していることが分る。迎角の変化に対しては，断面の相違によってその変化特性は異なるものとなっており，扁平翼型断面ほど迎角による変化が小さい。捩れフラッターについては， $\bar{B}/\bar{D}$ と増大と共に発生風速も増大する傾向が認められる。発生風速の最小無次元値は約8となる。各橋梁の設計風速を55 m/sとし，安全余裕度を1.2ととして想定設計風速を定め，これと各実験値とを対比すると，実験値の方が大きくなる場合が多い。迎角の変化に対してはおおむね低下する傾向が一般的である。ギャロッピングについては， $\bar{B}/\bar{D}$ が約5以下で発生し，発生風速の最小無次元値は約11となることが分る。以上の分析において注目すべき事実には，実際風速範囲内で発散的な振動を生じない事例が種々の断面において認められることがあり，パラメータの単

純な相関分析のみでは解決できない複雑な背景の存在を示唆している。この点は上述の渦励振の分析においても認められるところであり、現象の複雑、多様さを反映して、実験データは本質的に大きなばらつきを持っていることが分る。従って、個々の分析結果を評価するに際して、ばらつきの原因究明と共にその適用限界についても検討する必要があると考えられる。

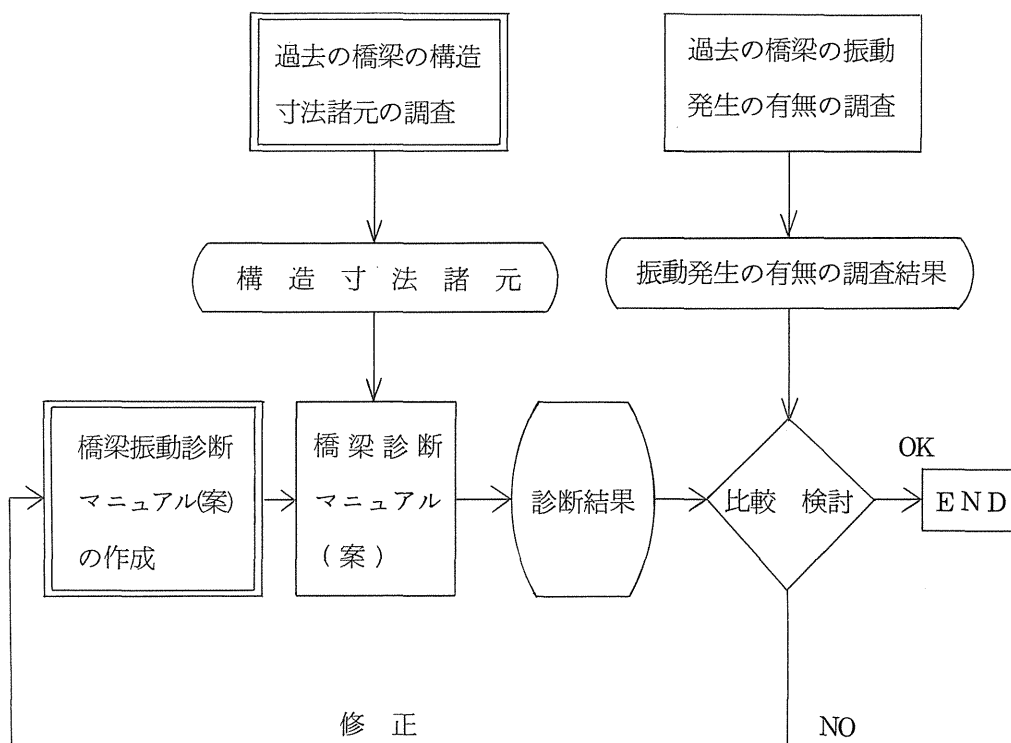
空力特性としては、振動現象のみならず、静止時の作用空気力（三分力；抗力，揚力，空力モーメント）についても調査が行われている。付図－6.11.1～6.11.5は主として池ノ内，樋上によって整理，分析されたものである。これらは充腹箱桁断面形状を4種類に大きく分類（A；扁平箱桁，B；逆梯型，C；二箱桁，D；その他）し，寸法比（ $B/D$ ）との関係を示している。抗力係数  $C_D$  の  $B/D$  との関係を見ると，「本四基準」はほぼ上限を与えていることが分る。揚力係数と空力モーメント係数の勾配が  $B/D$  の6～7以下で負となる例が見られるが，前述したギャロッピング，捩れフラッターの発生風速の最下限を与える領域と重なることは興味深い。

以上述べてきたような空力特性の基本的な分析を行う上で，発生する振動現象それぞれのメカニズム，周辺流れの特徴，また風のもつ乱れのこれらの振動，流れへの効果について十分に理解しておくことが重要なことは言うまでもなく，この点での研究，調査が並行して進められなければならない。

#### (7) 橋梁の振動診断マニュアル検討

橋梁の耐風設計法のフレーム設定，その条項化を計っていく過程で，前述したとおり，対象とする橋梁について設計者がどの程度のグレードの耐風検討を実施すればよいかの判断を行い得る判定基準の設定が重要である。そこで，橋梁の構造特性および空力特性の調査の実施と共に，既往の橋梁における風による振動の発生の有無を調査・確認し，振動する場合はあれば，その発生理由を，逆に振動しない事例についてはその背景，原因を明確にする一つのキャリブレーション作業，すなわち，橋梁の振動診断を試みるのが適当と考えれた。こうした作業には多くの難点が予想されるが，ある程度の割り切りをしながらとり

まとめを行い，さらに次のステップに進むことがまず肝要と判断される。この意味での一次資料を提供することを目的とし，診断作業フローが考えられ，これに基づく診断マニュアルが検討された。図－２，図－３に示すものは主として斉藤，吉村，久保らによって提案されたものである。



図－２ 振動診断作業フロー

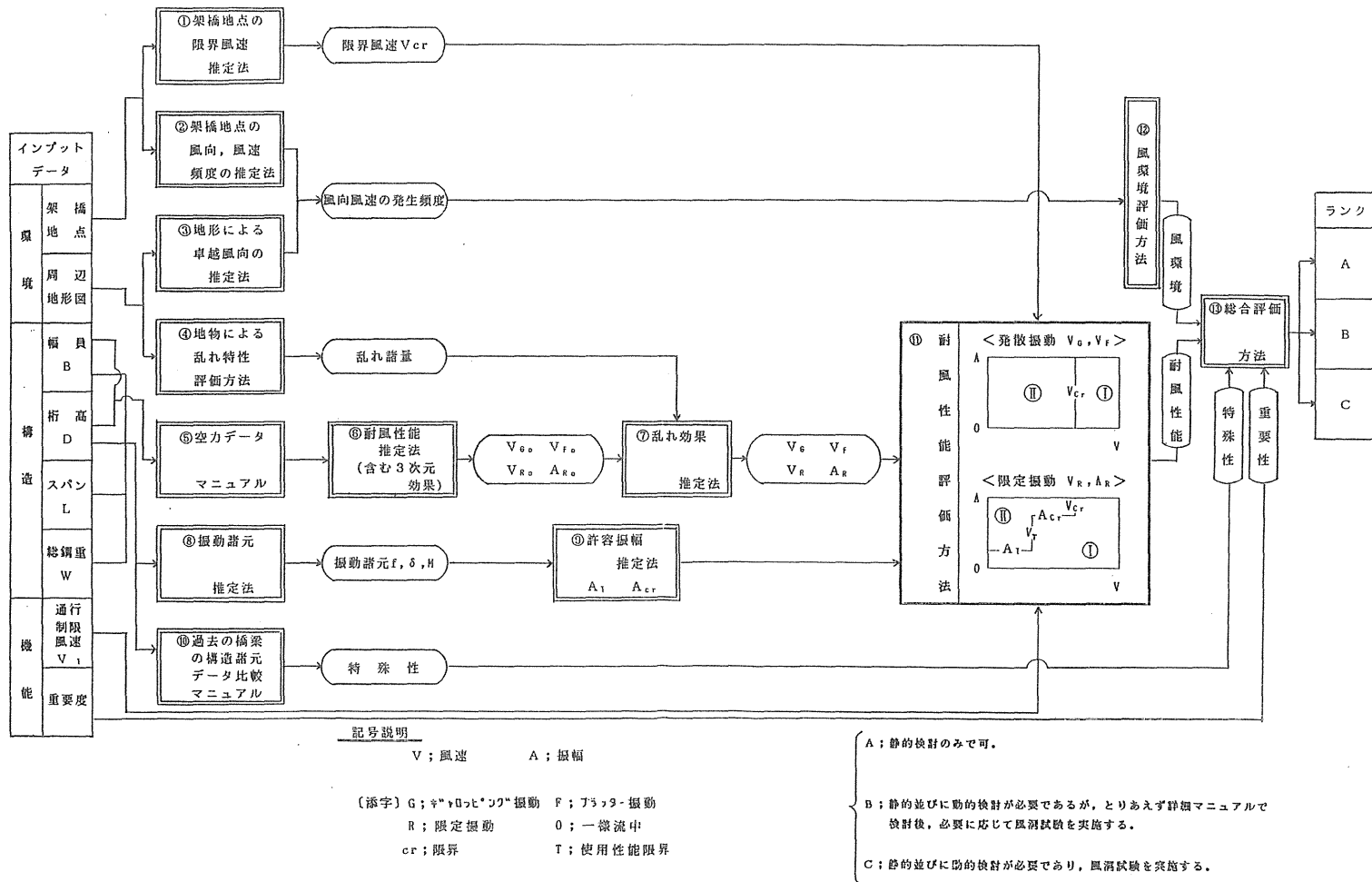


図 - 3 振動診断マニュアルフロー図

## (8) 風の特徴の調査・検討

耐風設計法における設計入力としての自然風の評価，条項化への取込み手法，手順等の検討項目には多くの事項をあげることができる。まず，対象として考慮すべき風には，通常風（低いレベルの強風）から強風，烈風に至るまでの全範囲を連続的に扱う必要があるが，前者は主として使用・疲労限界状態や架設時照査のために，後者は終局状態照査のために考えることになる。このような風の特徴調査・検討については，すでに研究がなされたもの，現在進行中のもの，計画中のものが種々あるが，問題項目として列挙し，とりまとめてみると以下のようなだろう。

### ○風環境総合情報の作成

- ・各気象官署，それ以外の地点の風観測データ（3h.ピッチ風速・風向，日・月・年最大風速など）のバンク化
- ・周辺地形状況，周辺環境条件，測器の変遷，観測条件（測器高など）の影響度分析，データの均質化
- ・強風とその成因・要因，経年変化，気圧・温度・湿度データとの相関性，高層観測データの応用

### ○設計基本風速の設定

- ・再現期間のとり方（各限界状態に対して）
- ・観測データの均質化
- ・わが国をとりまく気象環境の長期変動
- ・成因，要因別による風の特徴の相違
- ・極値統計理論の使用妥当性
- ・設計風速のゾーニング（地域区分）
- ・地域の代表風速→橋梁架設地点の風（マイクロゾーニング）
- ・風向，風の変動性（乱れ），継続時間の情報

### ○台風による強風の評価

- ・地形的影響（マクロ・メソ・ミクروسケール）
- ・モデル台風の強風予測への応用



- ・ 非定常性（強風の継続時間，評価時間）
- ・ 歴史台風からの検討
- 大気乱流のモデル化
  - ・ 地表粗度と鉛直プロファイル
  - ・ 乱れの強さ，パワースペクトル密度
  - ・ 乱れの空間相関性，風の傾斜角（地形特性との関連）
- 実 測
  - ・ 観測方法，データ処理上の技術ガイドライン
  - ・ 短期間データによる推定
- 耐風設計法の条項への取込み
  - ・ 動的照査における風の扱い；一様流か乱流か
  - ・ 傾斜角設定（現象ごとにか）
  - ・ 関係特性値の設定

これらの問題項目に対して，まず風環境総合情報の作成にとりかかることとして，日本全国に散在する気象官署における３時間ピッチデータ（１９６１～１９８４）の収集，ならびにそれらの一次処理，また国土地理院の開発した国土数値情報ファイルを利用するための試行，ならびに地形データによる地形因子（風との相関性における）の検討などを行った。これらの検討結果は前述の橋梁の振動診断作業にまず応用することができよう。

#### (9) 風洞試験法の検討

現在，本州四国連絡橋の耐風設計に適用されている「本四基準」では，風による振動については「本州四国連絡橋風洞試験要領（１９８０）」に基づく風洞試験によってその安全性を照査するように定められている。ところが，現行の耐風設計法がかかえる不備に連動して，この風洞試験要領にもいくたの不備が指摘されている。また，前述したとおり，新に耐風設計フレームを設定し，条項化を計っていく試みにおいて，ランク㉔に該当する橋梁の耐風性については風洞試験による安全性照査を求めることにしている。したがって，風洞試験

法についても改めて種々の見直し，検討が必要になると考えられた。特に，現在の耐風設計法ではその動的照査において，風の特性の重要なファクターである乱れの効果を積極的に考慮する形にはなっていない。この点に関して，国内外の種々の風洞試験法を調査し，その有効性，問題点等を検討した。

その結果，現在のところ，実橋の対風応答を精度よく推定できるという意味で信頼性があり，だれが実施しても同じ結果になるという意味で標準的であり，判断をはさまずに結果を適用できるという意味で客観的な乱流中風洞試験法が確立されているとは考え難い，ことが判明している。この原因としては，

- 1) 相似させるべき実橋地点における自然風の乱流特性が必ずしも特定できない。
- 2) 実橋の対風応答と乱流中風洞試験より得られた対風応答とを相互比較したデータが必ずしも十分でない。
- 3) 気流特性および構造特性を相似させた実験が必ずしも容易でない。

ことがあげられる。この内，3) については上述した風洞内で発生させ得る乱れのスケールの大きさが限られていて，一方小さくかつ幾何学的形状，ならびに構造特性を相似させた模型を製作することが難しい，などによっていると考えられる。

従って，長期的な視野では，上述の問題を解決し，信頼性の高い標準的かつ客観的な乱流中風洞試験法を確立することが重要である。他方，短期的には，このような試験法が完備し得ない状況にあるからといって，一樣気流中の試験のみにより耐風設計を行うのは合理的とは思われず，何らかの形ででも乱流中の風洞試験結果を耐風設計上に反映させ得る手法を定めることが重要と考えられる。

#### (10) 研究の総括

以上述べたごとく，本研究において現行の橋梁の耐風設計法がかかえる種々の問題点の見直しと検討，ならびにこれに係わる多大なデータの調査，分析を実施した。その結果，耐風設計法フレームの設定とその条項整理，ならびにこれらの裏付け資料となる橋梁の構造，空力特性，および風の特性データの収集，

分析，また耐風設計法のキャリブレーション作業と位置づけられる振動診断マニュアル作成を行うことができた。必ずしも問題点として考えられた全ての項目について言及し，解決がはかられたわけではないが，個々に述べたごとく問題点をより具体的なものにすることができたところも少なくなく，今後さらにいろいろな方面からの継続的検討が必要と考えられる。

番号	橋 名	発 注 者	主桁形式	橋 長 (m)	総鋼重 (t)	主 径 間 (m)	幅 員 (m)	施 工 者
1	箱ヶ瀬橋	電源開発	吊橋、合成桁	266	459.6	30+206+30	4.1	宮地鉄工所
2	福島第1高架橋	阪神高速公団	箱桁橋	200		40+100+60	8.1	東京鉄骨
3	利根橋	群馬県	箱桁橋	200	432.0	54.55+90+54.55	8.0	汽車製造
4	名護屋大橋	佐賀県	箱桁橋	258	500.0	41+176+41	7.1	住友建設
5	康生通り横断歩道橋	建設省中部地建	箱桁橋 床板桁	31.9	99.1	30.1+35.6	1.5	東海鋼材
6	大國町横断歩道橋	建設省近畿地建	箱桁橋	31.3	32.8		2.25	吳造船所
7	新大橋	東京都	斜張橋	170	2003	103.8+64.6	29.5	石播
8	谷八木橋	兵庫県	合成桁橋	93.3	205		15.5	石播
9	丸山大橋	神戸市	3 径間ラーメン	175	629	35+35+70+35	8.0	三菱重工
10	森の宮ランプ	阪神高速公団	箱桁橋	290	405		5.8 ~ 7	松尾橋梁
11	木津川橋	建設省近畿地建	3 径間箱桁橋	209.9	1985	56.5+96+56.5	19.65	栗本、高田機
12	尻無川橋	建設省近畿地建	3 径間箱桁橋	211.2	2331	59.5+91+59.5	18.443	松尾、駒井鉄
13	笹目橋	建設省関東地建	3 径間箱桁橋	541.1	2384	66+84+66 1 連 54+54+54 2 連	15.25	石川島播磨
14	新淀川新橋	大阪市	3 径間箱桁橋	231.2	1452	57.5+115+57.5	16.0	三菱重工
15	東洋大橋	東洋工業	合成桁、箱桁橋	324	773	29.35+23.1 60.6+80+60.6	10.0	三菱重工
16	琵琶湖大橋	滋賀県	3 径間箱桁橋 合成桁	1350	2696	4 @ 41.82+95+140 +95+20@41.82	7.0	高田機工
17	港新橋	建設省中部地建	3 径間箱桁橋	251.15	2239	77+96+77	25.0	日立造船
18	摩耶大橋	神戸市	2 径間斜張橋	210	1400	139.4+69.4	14.0	三菱重工
19	米山大橋	建設省北陸地建	曲線箱桁橋	278.95	1391	67+93+67 2@25	7.5	三菱重工
20	南港ボートタウン高架橋		鋼箱桁橋	517.6				松尾、日本橋梁
21	辰巳高架橋	首都高速公団	3 径間ラーメン 鋼箱桁橋			65+97+52	17.0	日本車両、他 7社
22	越後河口橋		鋼箱桁橋	500				
23	1-ルンネン橋	トルコ	鈑桁橋	822	7154	40.1+112.1+108+ 126+108+139.5	31.2	石播
24	東三道高架橋	愛知県	鋼箱桁橋	242				トビー工業
25	吉野町高架橋	大阪市	鋼箱桁橋	187				東京鉄骨
26	平林高架橋	大阪市	2 径間曲線高架 橋			126.1+184.5	12.7	石播、川重、 松尾
27	児島湾大橋	岡山県	鋼箱桁橋	756				三井建設、松 尾、三井造船
28	南港東高架橋		鋼箱桁橋	228				駒井鉄工
29	越知川橋	兵庫県	鋼箱桁橋	272				川崎重工
30	川添橋		鋼箱桁橋	441				横河橋梁
31	亘理大橋	宮城県	鋼箱桁橋	663				横河、松尾
32	鏡ヶ江大橋		鋼箱桁橋	422				日本、日立造

付表 - 5. 1 (a) 調査対象橋梁一覧

番号	橋 名	発 注 者	主桁形式	橋 長 (m)	総重量 (t)	主 径 間 (m)	幅 員 (m)	施 工 者
33	深瀬大橋	石川県	トラス桁吊橋	298				松尾橋梁
34	難波第一工区	阪神高速公団	箱桁橋	454	326		8.5	日本鋼管
35	藤戸橋	関西電力	鋼箱桁斜張橋	150	625	119.5+29.5	6.0	石橋重工
36	ニューテメロ橋	マレーシャ	箱桁橋	273	2167	151+122	13.7	栗本鉄工
37	折鶴橋歩道橋	大阪市	鋼箱桁斜張橋	135		34+67+34	5.4	春本鉄工, 他
38	蛇松白銀歩道橋	静岡市	プレートガーダ斜張橋	123				松尾橋梁
39	でんでん大橋	電々公社	鋼斜張橋	204	882	60+112+30		日本鋼管
40	リコンリカ橋	アメリカ	箱桁橋	700	4480	97.5+4@125+97.5	15.5	三井, 松尾
41	八戸大橋	青森県	鋼箱桁橋	367	1794	100.4+165+100.4	9.8	宮地鉄工
42	吞吐ダム7号橋	近畿農政局	鋼箱桁橋	190	743	82.6+106.2	7.0	川崎重工
43	中田橋	富山県	鋼箱桁橋	514	1618	61.6+93+61.6	7.5	川田, 佐藤
44	南港南第5工区	阪神高速公団	鋼箱桁橋	204	1691	55.4+93+54.3	13.4-19.	住友重機
45	新太田川橋	建設省中部地建	鋼箱桁橋	375	1765	63.8+67+90.3	10.8	片山, 三井,
46	馬入橋	建設省関東地建	鋼箱桁橋	563	2672	80+90+80	12.5	横河, 他
47	港大橋	愛知県	鋼箱桁橋	758	2722	78+90+78	10.3	石橋, 他
48	新加賀須野橋	建設省四国地建	鋼箱桁橋	819	2618	59.8+90+59.8	12.5	アルス, 他
49	府内大橋	建設省九州地建	鋼箱桁橋	276	1221	80.9+81.2+76.9	10.5	片山, 他
50	荒川橋	栃木県	鋼箱桁橋	200	673	59.5+80+59.5	10.0	川田工業
51	ワカンリカ橋	ニュージーランド	鋼箱桁橋	1098.44	9920	176.8+243.8+177.	10.605	石橋重工
52	両国大橋	首都高速公団	箱桁橋, 合成桁	329.5	5812.5	27.3+35.3+52.8+ 88.8+82.1+43	2 @6.5 =13.0	石橋, 日本
53	新大和川大橋	阪神高速公団	ラーメンPC橋	599.5	986	84.5+114+110+88+ 120+83	2 @8.8 =17.6	鹿島建設
54	八幡橋	奈良県月瀬村	重橋床式吊橋	160	140.402		3.5	川田, 神戸製
55	川音川橋	日本道路公団	ラーメンPC橋	600	3785	30+90+30	2 @10.9	住友, 池田
56	金城橋	名古屋港管理組合	箱桁橋	195	690.685	56.1+81.6+56.1	10.75	石橋重工
57	小森江高架橋	北九州市	合成桁, 箱桁橋	318.5	722.758	16+35+38+33+81.4	7.5	口塔, 栗本鉄
58	貫見大橋	建設省九州地建	吊橋	210	432.081	209	3.0	川崎重工
59	浜名湖橋	日本道路公団	曲線箱桁橋	602.9	6175.07	80+140+140+80+80 +80	2 @10.9	横河, 松尾
60	Y13工区高架橋	首都高速	鋼箱桁橋	292	1886.967	78.5+132+79	15.6	横河橋梁
61	京浜大橋	東京都港湾局	3径間鋼箱桁橋		1679.1	89.12+130+89.12	11.35	石橋重工
62	上古野川橋	水資源開発公団	補剛トラス吊橋	318	1156	32.6+250.8+32.6	6.0	
63	太郎右門橋	埼玉県	3径間鋼箱桁橋			64.175+80+64.175	7.55	
64	大阪堺市難波第1工区	阪神高速公団	鋼箱桁橋			82.5	9.5	
65	柚ノ木橋	水資源公団	2径間鋼補剛吊橋			198.2	3.5	
66	骨材輸送橋	建設省近畿地建	2径間補剛吊橋			186.2	3.8	
67	キャッパントークリク橋	アメリカ	斜張橋	91	243	82.3+9.1	8.5	宮地鉄工

付表- 5.1 (b) 調査対象橋梁一覧

番号	橋名	発注者	主桁形式	橋長 (m)	総重量 (t)	主径間 (m)	幅員 (m)	施工者
68	宍道湖大橋	島根県	3径間箱桁橋	310	709	64.5+80+64.5	11.5	日本鋼管
69	江の浦大橋	第5港湾建設局	3径間箱桁橋	180		50+80+50	7.5	
70	ヒューストンハイウェイ 橋	アメリカ	鈹桁橋	903	1661	113+148+148+112	13.4	石橋
71	ア-カンパリ 橋	アメリカ	鈹桁橋	1277	11671	101.8+164+101.8	17.1	川田工業
72	スネークリバー 橋	アメリカ	斜張橋	442	4850	91+128+91	11.0	石橋重工
73	衣浦大橋	愛知県	箱桁橋	414.25	841	66.7+80.6+66.7	9.5	石橋, 滝上工業
74	玉川高架橋	関東地建	箱桁橋	217	1751	60+97+60	17.5	三菱重工
75	大沢橋	森林開発公社	箱桁橋	91.2	339	90	6.5	三菱重工
76	南部大橋	前橋市	箱桁橋	228	1203	70+86.4+70	18.0	川田工業
77	千本松大橋	大阪市	箱桁橋	324	1342	78+150+95.5	9.8	高田, 日立
78	環七補274 交差	東京都	箱桁橋	257	1464	65+90+65	14.0	日本鋼管
79	新穴喰橋	建設省四国地建	箱桁橋	201	679	55+90+55	10.0	駒井鉄工
80	大井131 号橋	東京都	箱桁橋	182	1530	47+87+47	24.0	三菱重工
81	東成第3工区橋	阪神高速公社	箱桁橋	432	1231	83.5+83.5	17.0	高田工業
82	奥の沢橋	道路公社	箱桁橋	141	489	58+82	10.3	日車
83	大和橋	大阪市	斜張橋	192	37206	54+83+54	9.5	石橋
84	阿波座第3工区	阪神高速公社	箱桁橋	313	1378	46.7+87+49.5	8.7	川田工業
85	大里大橋	横浜市	斜張橋	265		165+100	17.0	三菱, 石橋, 他
86	扇島連絡橋	日本鋼管	箱桁橋	620	1103	50+84+50	15.0	日本鋼管
87	鰐川橋	茨城県	箱桁橋	292	688	66+84+66	9.5	宮地鉄工
88	男鹿大橋	秋田県	箱桁橋	201	476	60+80+60	8.8	横河橋梁
89	第2次新大利根橋	建設省関東地建	箱桁橋	1120	845	80+80+80	10.0	横河, 石橋重工
90	夢の島大橋	東京都	箱桁橋	171	691	45.1+80+45.1	12.5	宮地鉄工
91	武庫川西工区	阪神高速公社	箱桁橋	304	492	49.5+80+49.7	9.2	片山鉄工
92	片上大橋	岡山県	箱桁橋	477	1812	95+160+120+100	8.5	三井, 日本鋼管
93	南港大橋	大阪市	箱桁橋	275	1693	75+125+75	16.0	日立造, 川崎重
94	山王工区(南)	阪神高速公社	箱桁橋	358	2645	82.7+111+60	29.6	日本鉄塔
95	渡久地橋	沖縄県	箱桁橋	352	1598	65+96+65	10.0	横河橋梁
96	扇大橋	東京都	箱桁橋	625	1184	70.5+90+70.5	12.3	三菱, 宮地, 他
97	神崎橋	大阪市	箱桁橋	242	1552	76.5+80+76.5	22.5	川重工, 日本橋
98	筑港第3工区	阪神高速公社	箱桁橋	220	2135	71.5+86+61.5	30.3	駒井鉄工
99	渡田扇町連絡橋	日本鋼管	箱桁橋	186	1053	40+85+60	9.0	日本鋼管
100	上江橋	建設省関東地建	箱桁橋	1604	801	71+83+71	10.9	松尾, 東京鉄骨
101	千住新橋	建設省関東地建	箱桁橋	446	2064	89.5+120+89.5	9.8	宮地, 日本鋼管
102	第641 工区高架	首都高速公社	箱桁橋	236	1244	69.6+73+12.5+81	8.0 ~ 9.	滝上工業
103	破瀬の浦大橋	建設省九州地建	箱桁橋	380	675	64.5+80+64.5	9.0	佐世保, 高田工

付表 - 5.1 (c) 調査対象橋梁一覧

番号	橋名	発注者	主桁形式	橋長 (m)	総重量 (t)	主径間 (m)	幅員 (m)	施工者
104	新八千代橋	建設省中国地建	箱桁橋	513	714	64+80+64	10.0	佐世保, 高田
105	市川水路3号橋	建設省関東地建	箱桁橋	413	1924	65+80+65	23.0	三井, 宮地鉄工
106	上津役本城碓橋	北九州市	箱桁橋	85	402	84	18.5	日本鉄塔
107	遠賀川橋	建設省九州地建	箱桁橋	380	1000	68.6+103.5+68.6	9.8	横河橋梁
108	松原第1工区	阪神高速公団	箱桁橋	233	1331	64.6+103+64.5	11.1	片山鉄工
109	江戸川橋	建設省関東地建	箱桁橋	408	1964	90+100+90	14.0	横河橋梁
110	木更津港横断橋	千葉県	箱桁橋	236	340	40+100+40	4.5	宮地鉄工
111	神崎川第3工区	阪神高速公団	箱桁橋	263	3193	83.8+84.5+92.8	27.3	東京鉄骨
112	笹目橋	建設省関東地建	箱桁橋	622	1338	70+84+67	17.0	川田, 松尾橋梁
113	新江別橋	札幌開建	箱桁橋	521	1535	68+82.5+68	20.5	駒井, 桜田
114	宮崎宮前高架橋	福岡・北九州高速公社	箱桁橋	220	2071	65+100+55	11.8~18.3	石橋, 川崎重工
115	102工区橋	福岡・北九州高速公社	箱桁橋	223	933	62.6+70+89.5	11.3	三菱重工
116	戸田橋	建設省関東地建	箱桁橋	518	1644	74+88.4+74	21.0	滝上, 日本車両
117	釧工区(東)橋	阪神高速公団	箱桁橋	217	2503	58.8+86+71.6	25.0	日本鋼管
118	鳥川橋	群馬県道路公団	箱桁橋	411	1957	81.8+81.9 ~ 81.8+1.8+81.8	8.0 ~ 13.8	松尾, 高田, 他
119	京浜運河橋		箱桁橋	410.12		120.05+170+120.07	21.75	
120	新十三大橋		3径間鋼床版橋				19	駒井, 他
121	福島橋		3径間箱桁橋			2@90+89.5+89.5+90+89.5		
122	鹿島橋歩道橋		斜張橋	217.7		57+102.6+57	3.5	横河橋梁
123	吾妻川サイホン水管橋		鋼-鉄桁橋	85			5.4	大島工業
124	多摩川橋梁		3径間箱桁橋	292		80+132+80	16.5	横河橋梁
125	新テメロ橋		2径間箱桁橋	272		150.5+121.5		栗本鉄工
126	宇佐大橋	高知県	3径間箱桁橋	205	462	59.6+85+59.5	7.5	日立造船
127	甲の浦大橋	四国地建	3径間連続橋	196	570	52+91+52	9.0	東京鉄骨
128	広島大橋	道路公団	3径間連続箱桁橋	350		100+150+100	9.525	三菱・横河
129	全	全	3・4径間連続箱桁			4@86.85, 3@86.85	9.525	三菱・横河
130	第二摩耶大橋	神戸市	3径間連続箱桁橋	360		75+210+75	18	川崎重

付表-5.1(d) 調査対象橋梁一覧

番号	橋 名	発 注 者	主桁形式 及び 橋梁形式	橋 長 (m)	総 鋼 重 (t)	主 径 間 (m)	幅 員 (m)	施 工 者
1	アダミヤ橋	イラク	斜張橋	370		66.2+182.5+60+61	30.1	
2	高梨大橋	大和町	斜張橋	158	470	99.5+57.5	6.2	春本鉄工
3	因島大橋	本四公団	吊橋	1250		250+770+250	26.0	
4	永歳橋	神奈川県	斜張橋	224		144+90		
5	でんでん大橋	電電公社	鋼斜張橋	204	882	60+112+30		日本鋼管
6	末広大橋	徳島県	3径間斜張橋	470	2066	110+250+110	17.0	
7	名港西大橋	道路公団	3径間斜張橋	755		175+405+175		
8	かもめ大橋	大阪市	3径間斜張橋	442	3912	100+250+100	14.6	三菱, 他
9	川崎橋	大阪市	2径間斜張橋	129.15		87.5+40.65+50.5	5.8	栗本
10	信喜橋	邑智町	単径間吊橋	217		36+152+29	3.8	三井造船
11	Tjörn橋	スウェーデン	単径間斜張橋	366		766 + 4 231 + 4 231+32.6	15.75	
12	尾道大橋	道路公団	3径間斜張橋	383		85+215+85	10.4	
13	撫養橋	本四公団	4径間箱桁橋	534		107+160+160+107	11.7	
14	鶴見航路橋		3径間斜張橋	970		230+510+230	39.8	
15	大島大橋	本四公団	単径間吊橋	840		140+560+140	29.9	
17	横浜港横断橋	首都公団	3径間斜張橋	860		200+460+200	39.0	
18	水郷大橋	関東地建	2径間箱桁橋	290.45		178.85+111.60	24.0	
19	石狩川河口橋	北海道開発局	3径間斜張橋	288	2519	64+160+64	11.4	
20	弥栄大橋	中国地建	5径間斜張橋	420		45+45+240+45+45	11.2	
21	荒川大橋	首都公団	3径間斜張橋	280.8	2277	60.4+160+60.4	17.0	横河橋梁
22	上平井橋	首都公団	4径間箱桁橋	455		40.5+134+220+60.0	23.6	
23	大和川橋梁	阪神公団	3径間斜張橋	653		149+355+149	30.6	

付表 - 5. 2 (a) 調査対象橋梁一覧



番号	橋 名	発 注 者	主桁形式 及び 橋梁形式	橋 長 (m)	総鋼重 (t)	主 径 (m)	幅 員 (m)	施 工 者
24	六甲アイランド橋	神戸市	3径間斜張橋	400		90+220+90	24.1	
25	安治川橋梁	近畿地建	3径間斜張橋	206.5		53.25+100+53.25	16.0	汽車
26	旧タコマ橋	アメリカ	プレート-タ-吊橋	1523		335+853+335	11.7	
27	新タコマ橋	アメリカ	3径間吊橋	1523		335+853+335	18.3	
28	ロングスクリーク橋	アメリカ	プレート-タ-吊橋	1130		220+690+220	22.50	
29	St.Nazaire	フランス	3径間斜張橋	720		158+404+158	12.75	
30	バーマストン橋	ノバスコシア	プレート-タ-箱桁橋	76.25			12.12	
31	門島高架橋	本四公団	連続箱桁橋	680		150+190+190+150	18.25	
32	ハンバー橋	イギリス	3径間箱桁吊橋	2200		280+1410+530	28.4	
33	大黒大橋	横浜市	2径間斜張橋			165.38+100.5	20.0	
34	セントジョン河橋	アメリカ	合成桁斜張橋	793		198.25+396.5+198.25	35.25	
35	ロングスクリーク橋	カナダ	プレート-タ-斜張橋	333.6		58.3+217+58.3	10.0	
36	豊里大橋	大阪市	3径間斜張橋	377	3179	80.5+216+80.5	19.5	三菱, 日立
37	ハスコウメック橋	バスコ市	3径間斜張橋	546.8		123.9+299+123.9	23.27	
38	南港歩行者道橋	大阪市	3径間箱桁橋	135		34+67+34	5.48~7.8	駒井
39	リトルベルト橋	デンマーク	3径間箱桁吊橋	1080		240+600+240	33.27	
40	ウェストゲート橋	オーストラリア	5径間斜張橋	848		112+144+336+144+	37.4	
41	セバーン橋	イギリス	3径間箱桁吊橋	1598		305+988+305	31.85	
42	十勝中央大橋	北海道庁	3径間斜張橋	450		100+250+10	11.0	
43	なかよし橋	東京都	3径間斜張橋	94		68+26	5.6	
44	藤戸日の浦橋	関西電力	3径間2箱桁斜張橋	190	735	31.25+127.5+31	8.8	石播重
45	明石海峡大橋	本四公団	箱桁吊橋	4000		1000+2000+1000 900+1780+900	37.0	
46	ボスボラス橋	トルコ	3径間吊橋	1558		211+074+255	28	
47	荒津大橋	福岡・北九州 高速道路公社	斜張橋	345		185+115+45	21	
48	呼子大橋	佐賀県	PC-斜張橋	492		121+250+121	10.9	
49	秩父橋	埼玉県	斜張橋	151.9		151.9	11.5	

付表－ 5. 2 (b) 調査対象橋梁一覧

様式 1

橋梁の耐風性に関するデータ調査表

( )

整理番号 ( )		登録番号 ( )	
橋梁名 ( )		幅員構成 ( )	
橋種・形式 ( )			
橋長 (スパン割、部材長など) ( ) m			
断面代表寸法 幅 (B) ( ) ~ ( ) m 代表値 ( ) m 高 (D) ( ) ~ ( ) m 代表値 ( ) m		寸法比 B/D = ( ) ~ ( ) 代表値 ( )	
単位長当り重量 (m) ( ) ~ ( ) t/m 代表値 ( ) t/m 質量比 $\mu = m / \rho B D = ( )$		単位長当り極慣性モーメント ( $\Theta$ ) ( ) ~ ( ) t m <sup>2</sup> /m 代表値 ( ) t m <sup>2</sup> /m 質量比 $\nu = \Theta / \rho B^2 D^2 = ( )$	
固有振動数 ( $H_z$ )      1 次                      2 次                      3 次 鉛直たわみ ( $f_1$ ) ( )                      ( )                      ( ) ねじれ ( $f_2$ ) ( )                      ( )                      ( )			
横断面図 (実施断面, 現存断面)			
<p>* 架橋地点 (県名、地名)                      * 一般的地形: 市街地・平野・山地・海岸</p> <p>* 設計風速 ( ) %                      * 風況状況</p> <p>* 迎角 ( ) °</p> <p>* 文献, 出典</p>			
継続データ	様式 5	有	無
様式 2	有	無	様式 3
有	無	様式 4	有
無			無

耐風研究会ワーキンググループ

付表 - 5.3 (a)      データ調査表様式例



様式 5

橋梁の耐風性に関するデータ調査表(補遺)

整理番号 ( )	登録番号 ( )
一般図 (地形状況図も含む) 特記事項	
実測データ (振動応答・自然風・他 ( ) ) *測定法、測器、解析法の別、振動応答オーダー (A/D又は $\phi^\circ$ )等	
継続データ	有 無

耐風研究会ワーキンググループ

様式2

橋梁の耐風性に関するデータ調査表（振動実験）

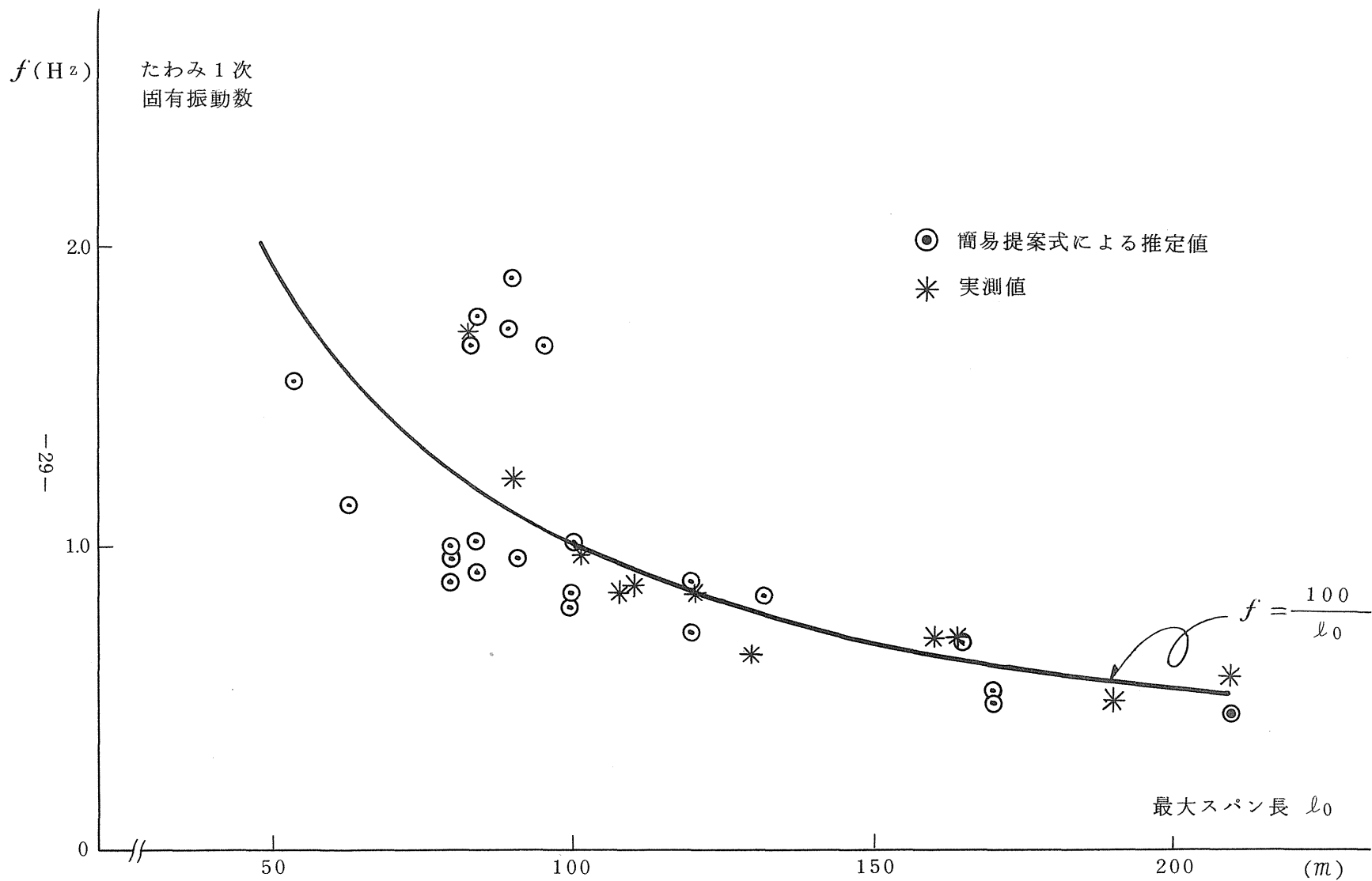
[illegible]

耐風研究会ワーキンググループ

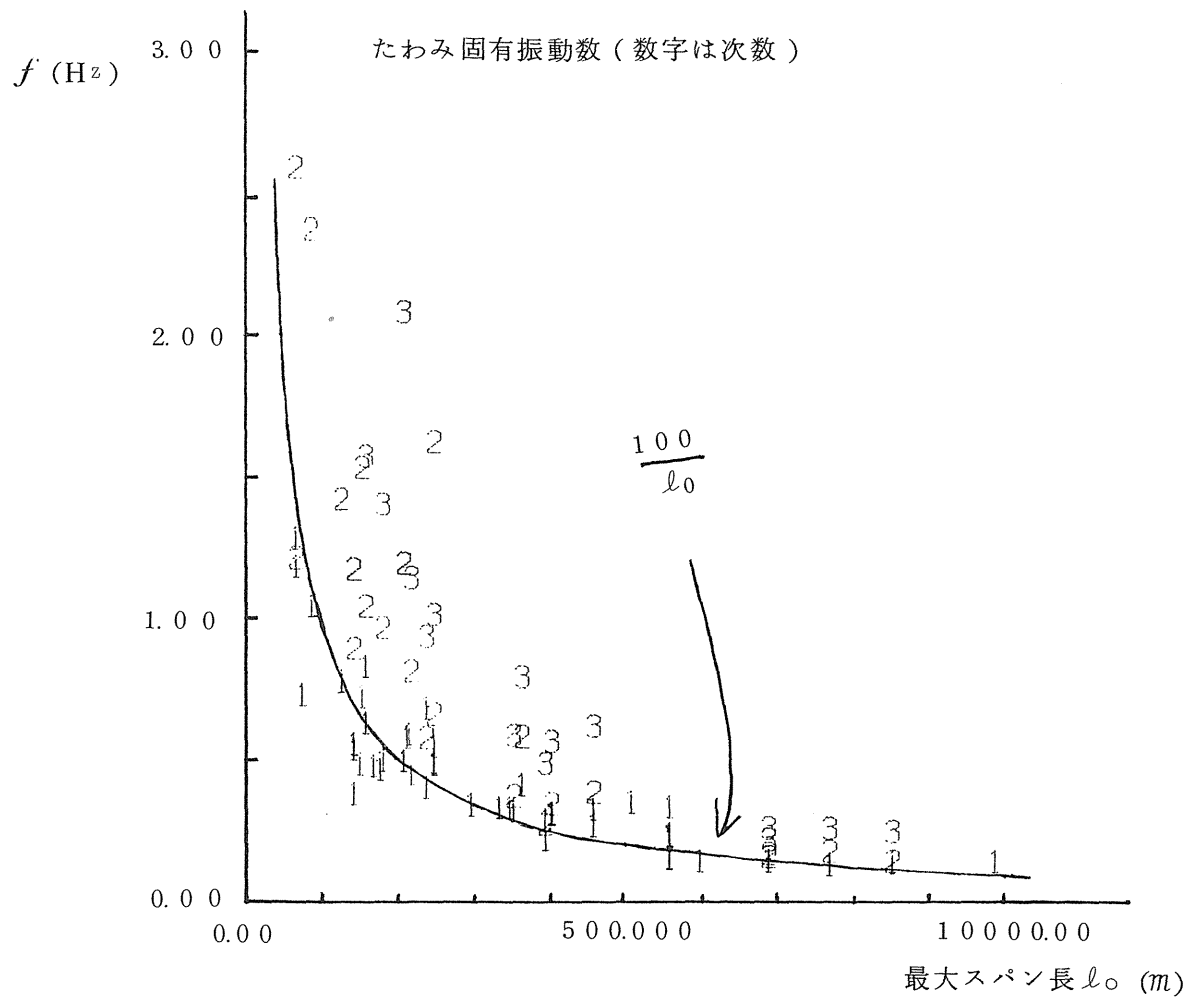
橋 名	主径間長 ( $l_0$ m)	径間長比 ( $l_1/l_0$ )	平均重量 ( $\bar{W}$ t/m)	平均断面 二次モー メント ( $\bar{I}$ m <sup>4</sup> )	固有振動数 $f$ (Hz)		対数減 衰 率	
					推 定 値		実 測 値	
					簡易提案式	100/ $l_0$ 式	( $f$ )	( $\delta$ )
京浜運河橋	170	0.703	9.73	2.09	0.481	0.588		
BC291	100	0.898	9.03	1.05	0.837	1.00		
泊港大橋	170	0.536	16.66	2.89	0.506	0.588		
第二摩耶	210	0.357	18.259	4.04	0.435	0.476	0.57	0.029
港新橋	96	0.802	7.12	2.29	1.659	1.04		
扇島大橋	84	0.595	7.265	0.93	1.658	1.19	1.71	
日守大橋	119.2	0.737	6.283	1.154	0.874	0.84	0.85	0.11
宇佐大橋	85	0.701	2.36	0.4227	1.759	1.18		
千住新橋	120	0.745	4.6	0.5954	0.717	0.83		
宍道湖大橋	80	0.806	11.29	0.588	0.962	1.25		
鰐川橋	84	0.786	6.5	0.471	1.053	1.19		
尻無川橋	91	0.659	3.33	0.828	1.881	1.10		
江戸川橋	100	0.9	6.378	0.683	0.801	1.0		
八戸大橋	165	0.608	8.20	2.63	0.682	0.606	0.69	0.033
新穴喰橋	90	0.611	2.428※	0.443	1.728	1.111		
宮崎宮前橋	100	0.55	2.58※	0.237	1.05	1.0		
上江橋	63	1.0	5.51	0.236	1.14	1.58		
甲浦橋	91	0.57	9.375	0.514	0.96	1.10		
T13工区	132	0.598	4.9	0.938	0.83	0.76		
男鹿大橋	80	0.75	7.91	0.399	1.005	1.25		
新大利根橋	80	1.0	10.6	0.714	0.887	1.25		
笹目橋1	84	0.786	15.1	0.845	0.927	1.19		
笹目橋2	54	1.0	14.52	0.622	1.555	1.85		

(※ 鋼重のみ)

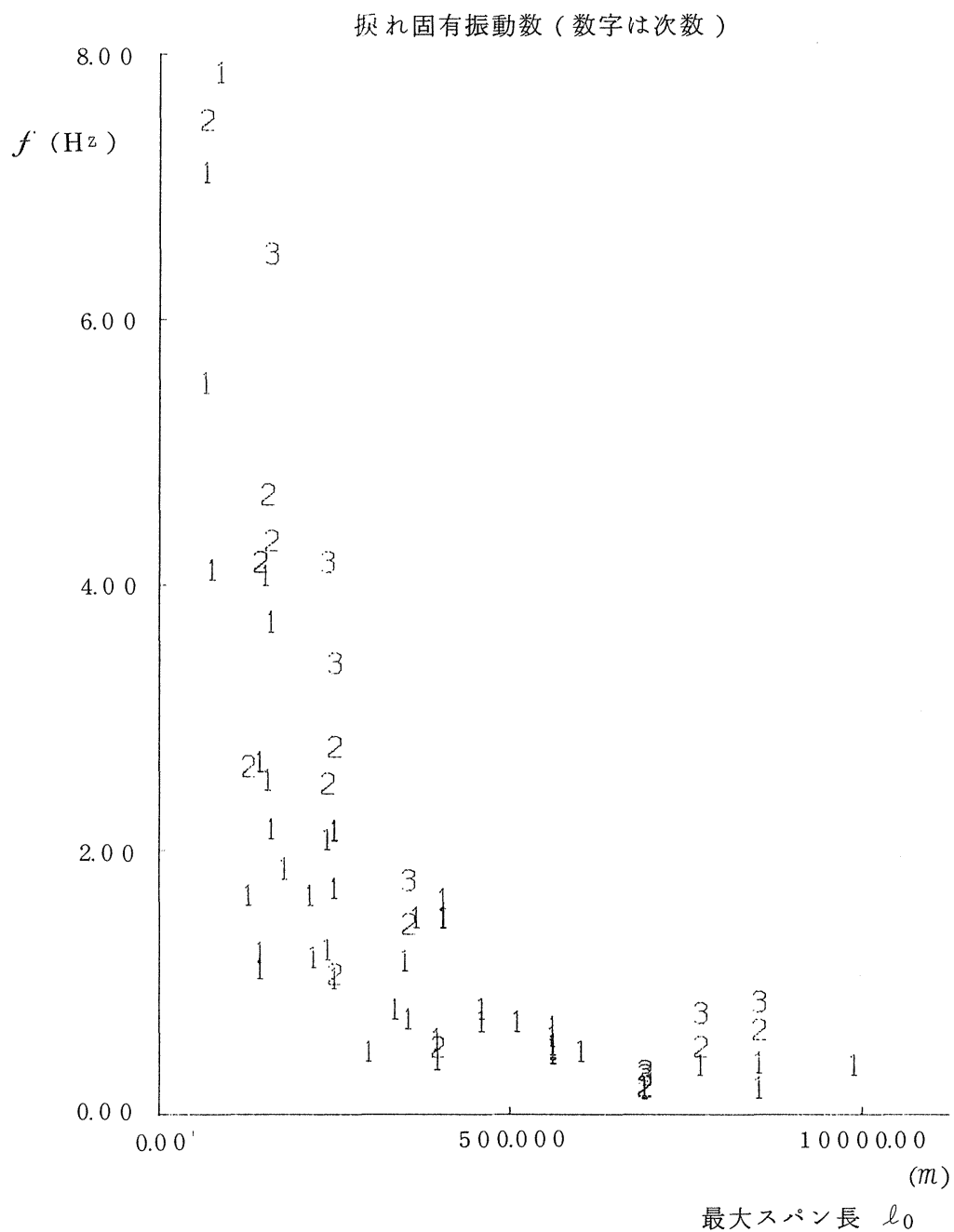
付表 - 5.4 三径間連続桁橋のたわみ一次固有振動数推定値  
(久保の簡易提案式による)



付図 - 5.1 三径間連続桁橋のたわみ一次固有振動数の最大スパン長との関係



付図-5.2 長大橋梁のたわみ固有振動数 (計算値) と最大スパン長との関係

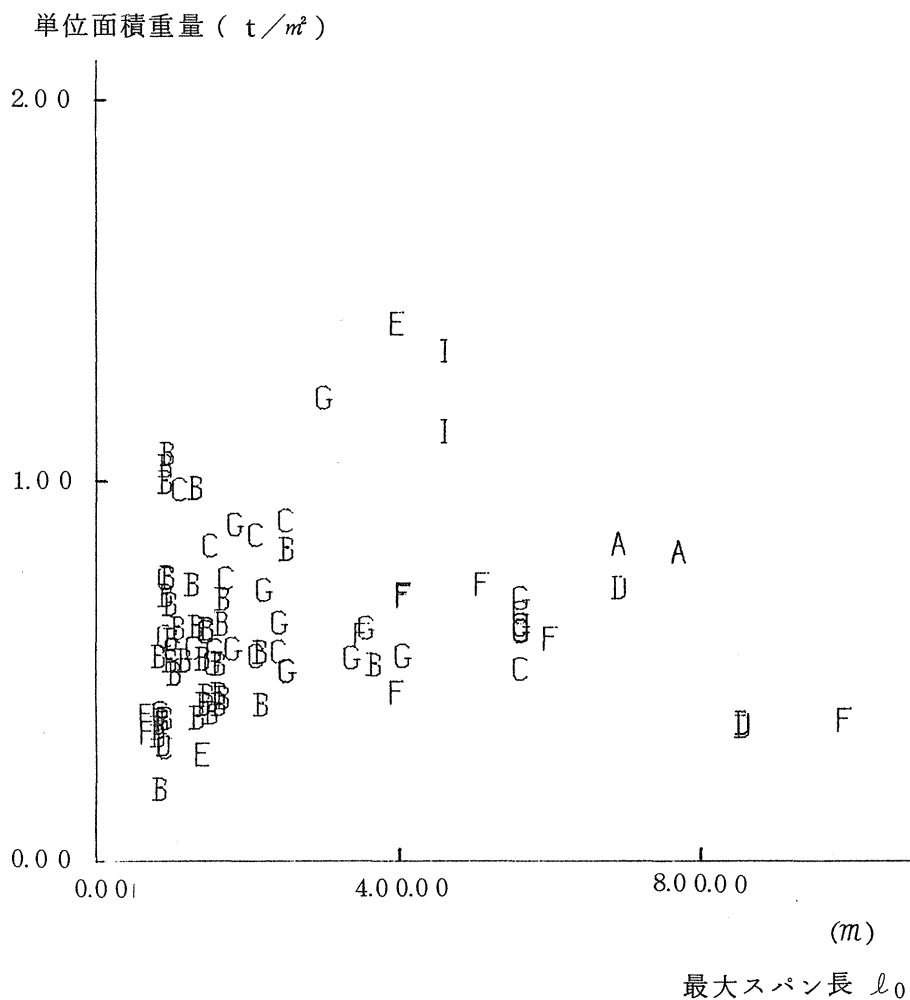


付図－5.3 長大橋梁の捩れ固有振動数（計算値）と最大スパン長との関係

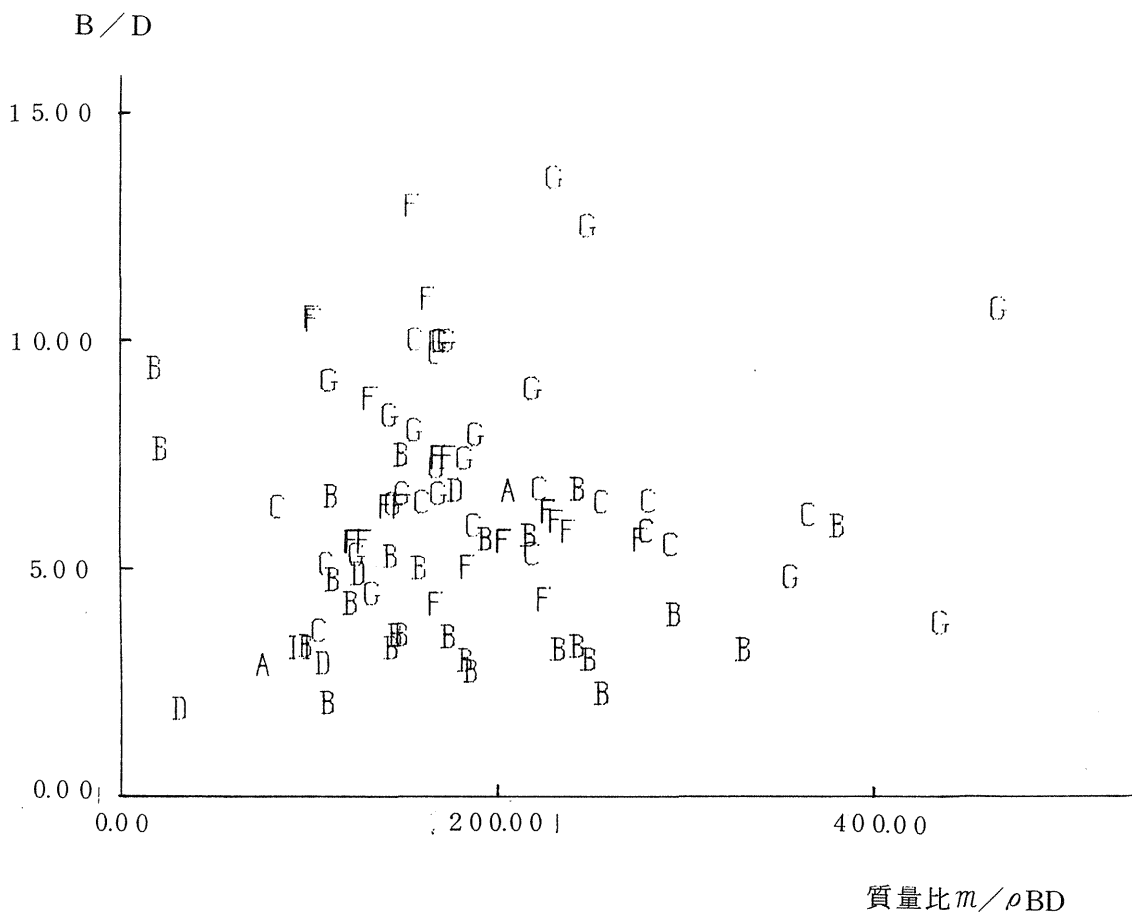


A : トラス桁, B : 1 箱桁, C : 2 箱桁

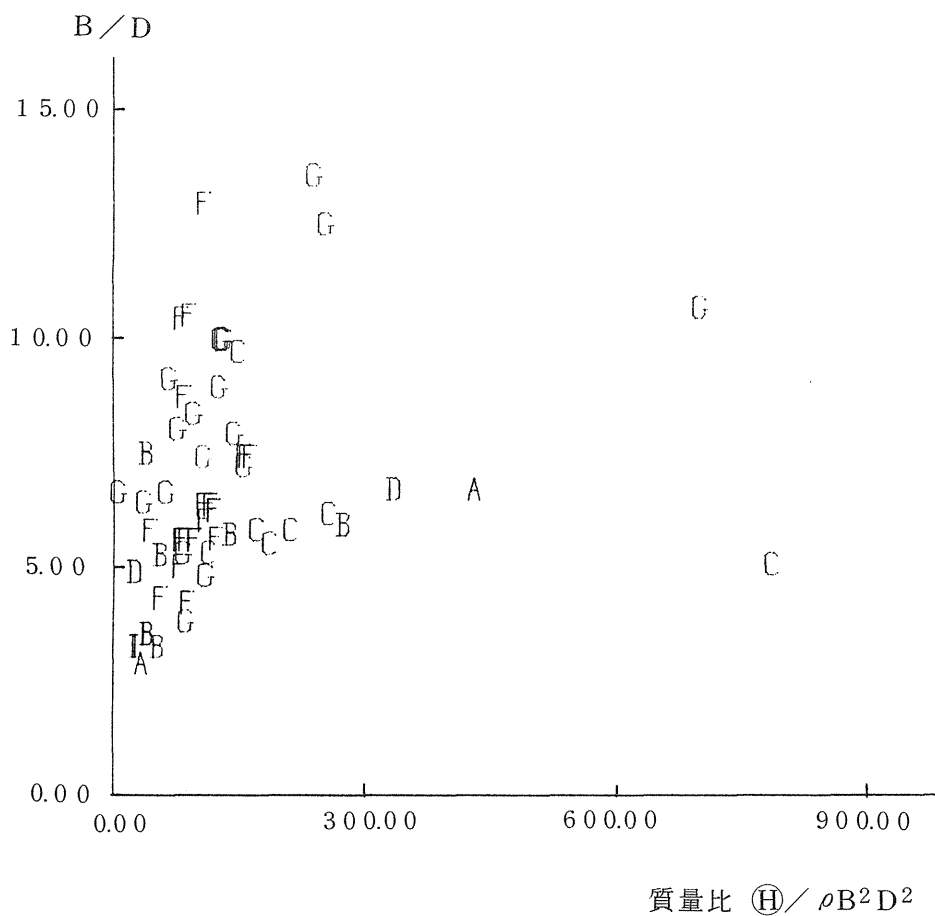
D, E, F : 扁平箱桁, G : 逆台形箱桁, H, I, J : その他



付図 - 5.4 単位面積重量と最大スパン長の関係



付図 - 5.5 質量比と  $B/D$  の関係



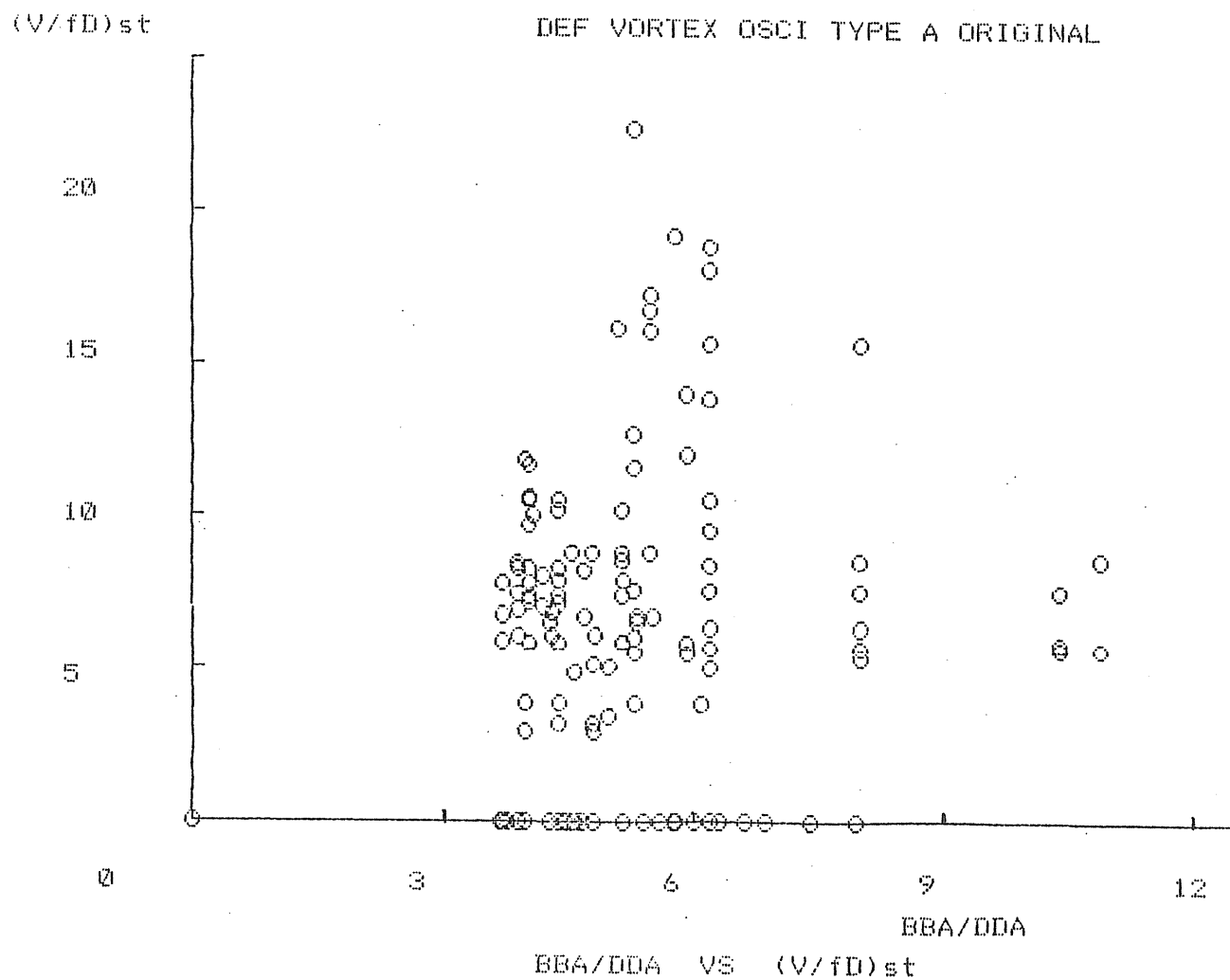
付図 - 5.6 質量 ( 極 ) 比と  $B/D$  の関係



B/D	
6.2 1	
6.3 3	
6.4 0	
6.6 1	
6.6 9	
7.2 0	
7.3 8	
7.4 0	
7.4 6	
7.9 0	
8.0 0	
8.3 3	
8.5 0	

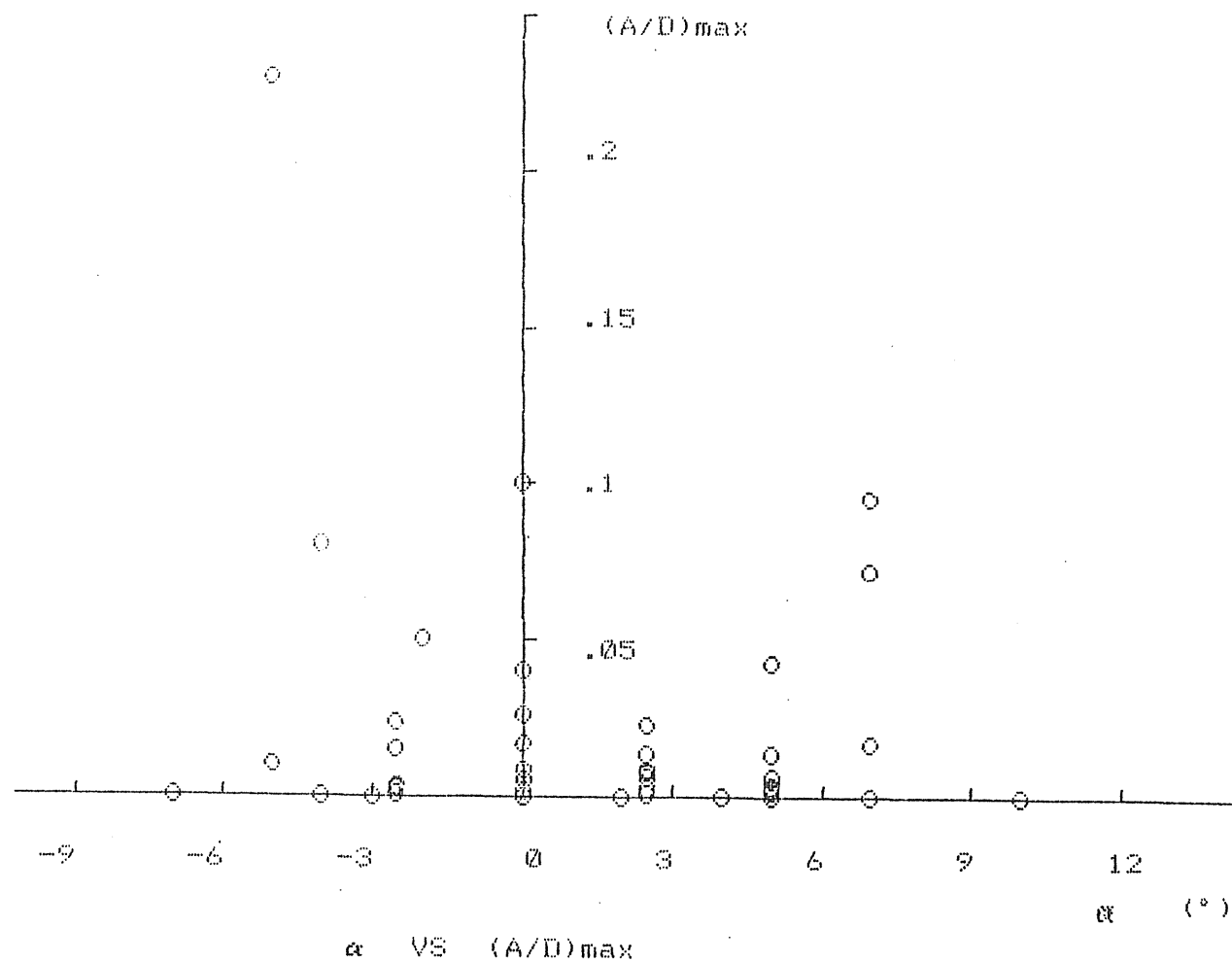
B/D	
8.7 0	
8.9 1	
9.1 0	
9.7 0	
9.9 7	
1 0.0 0	
1 0.4 4	
1 0.5 0	
1 0.6 7	
1 0.9 0	
1 2.5 0	
1 2.9 5	
1 3.6 0	
2 1.3 6	

付表 - 6. 1 (b) 断面寸法比と形状一覧



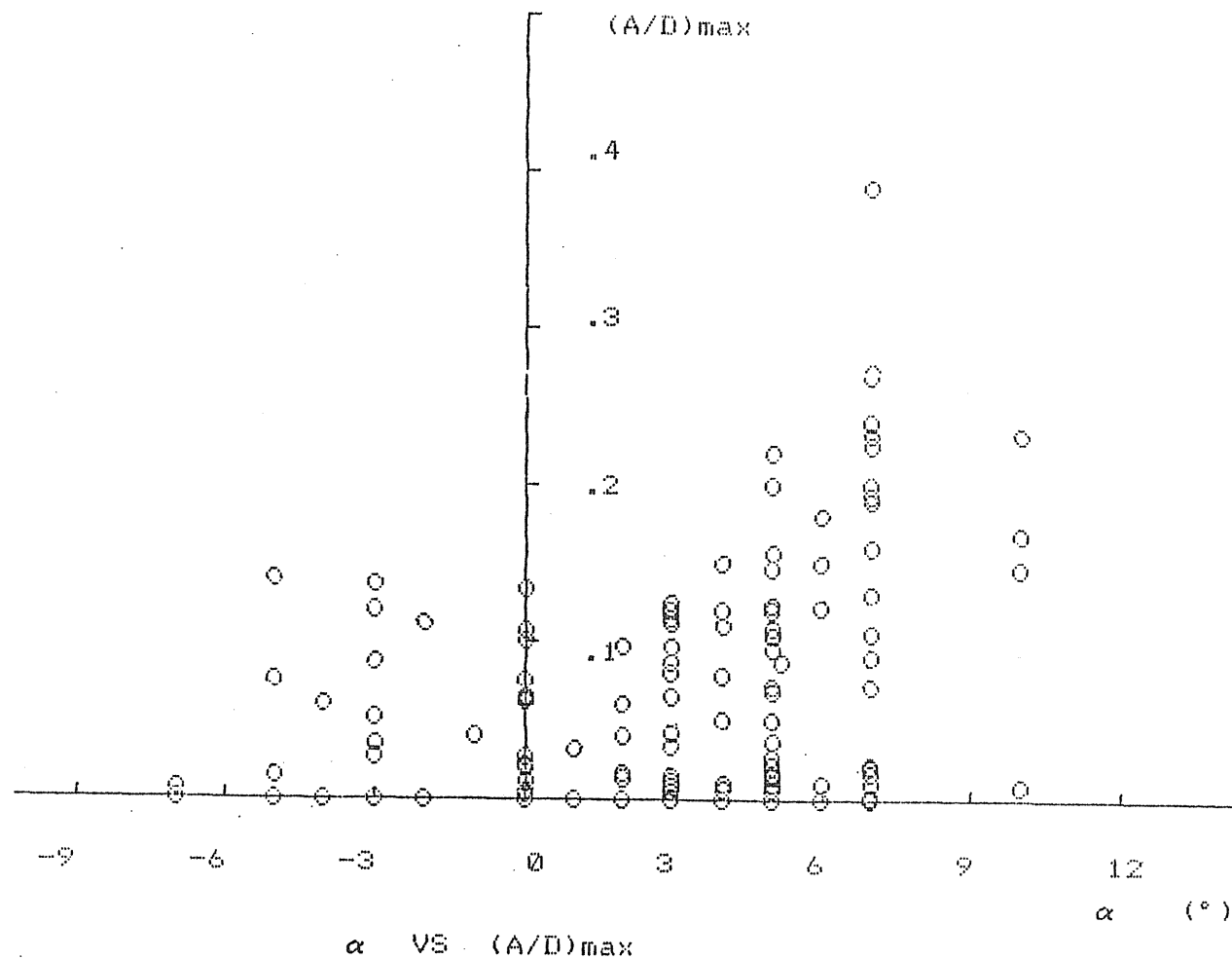
付図 - 6. 1. 1

# DEF VORTEX OSCI TYPE A MODIFIED



付図 - 6.1.2

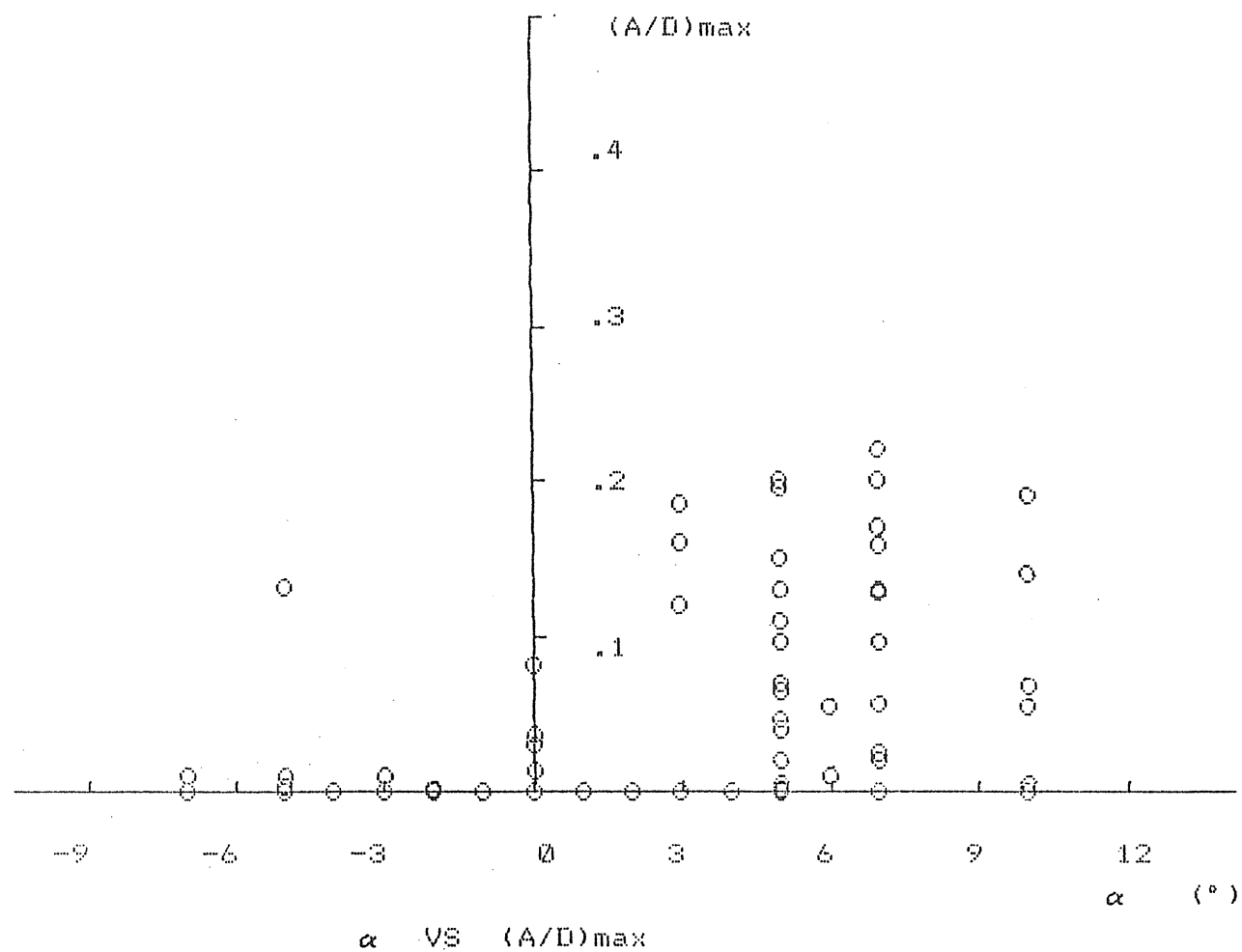
# DEF VORTEX OSCI TYPE B ORIGINAL



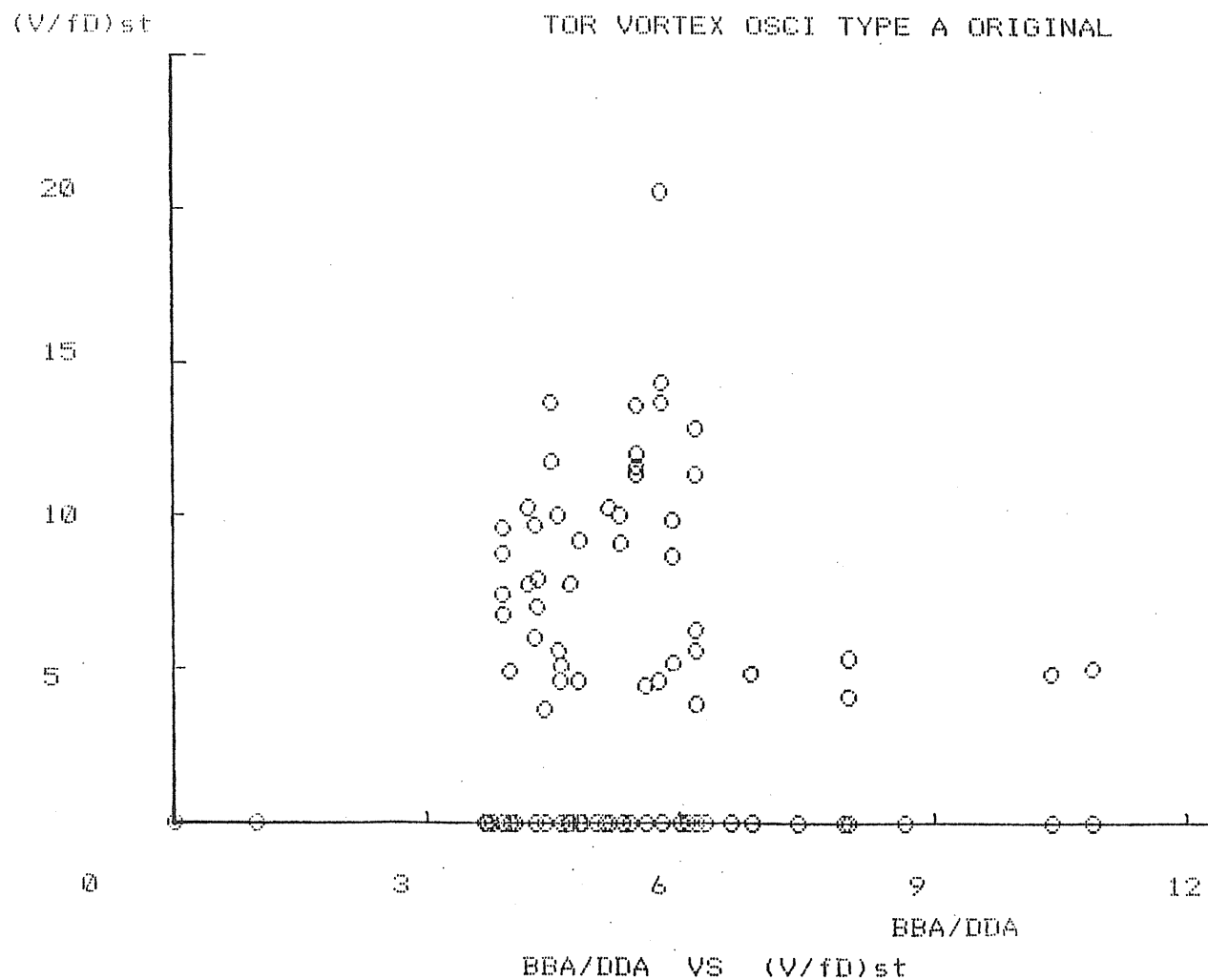
付図 - 6.1.3



# DEF VORTEX OSCI TYPE B MODIFIED

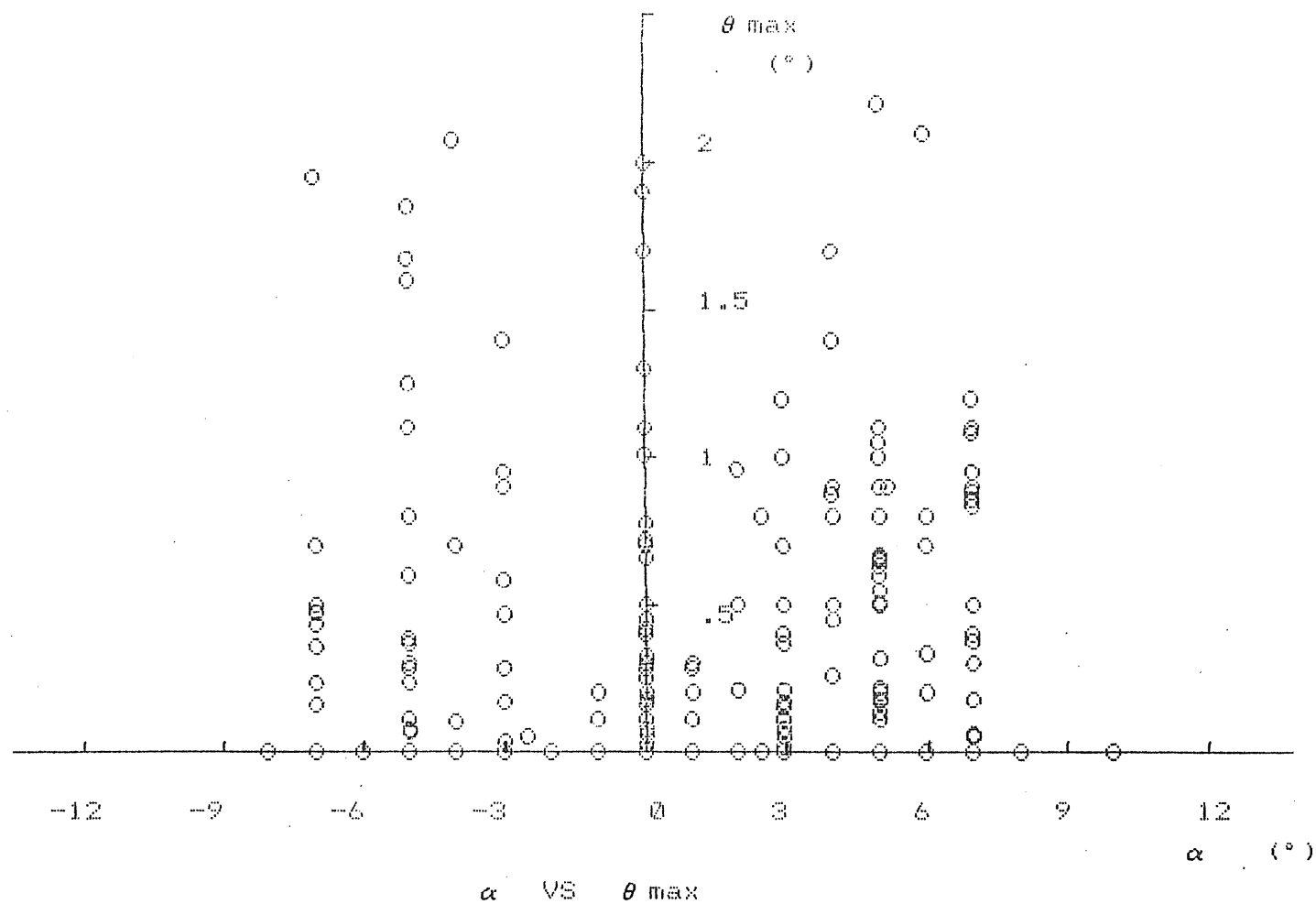


付図 - 6.1.4



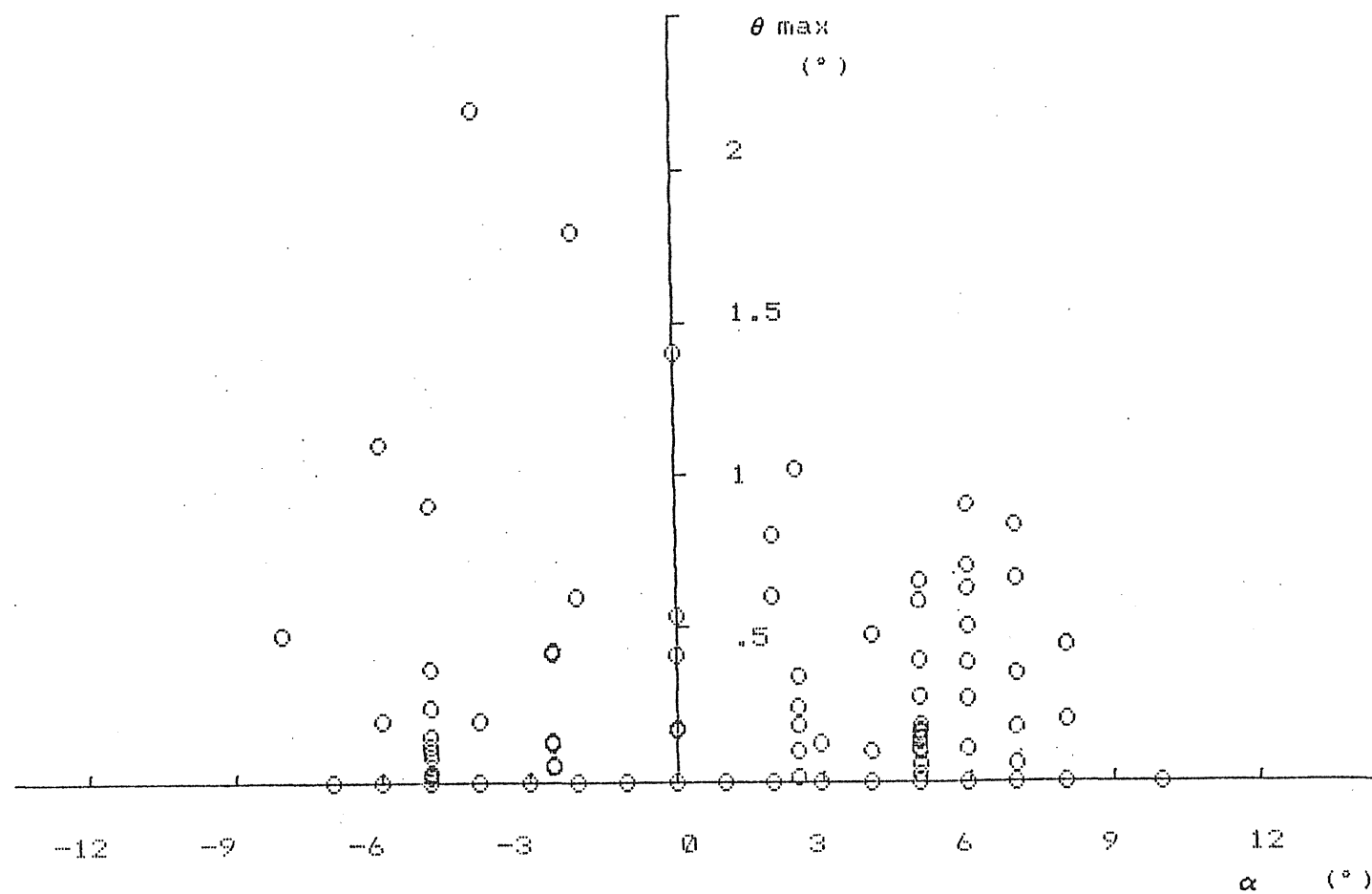
付図 - 6. 1. 5

# TOR VORTEX OSCILLATION ORIGINAL



付図 - 6.1.6

# TOR VORTEX OSCILLATION MODIFIED

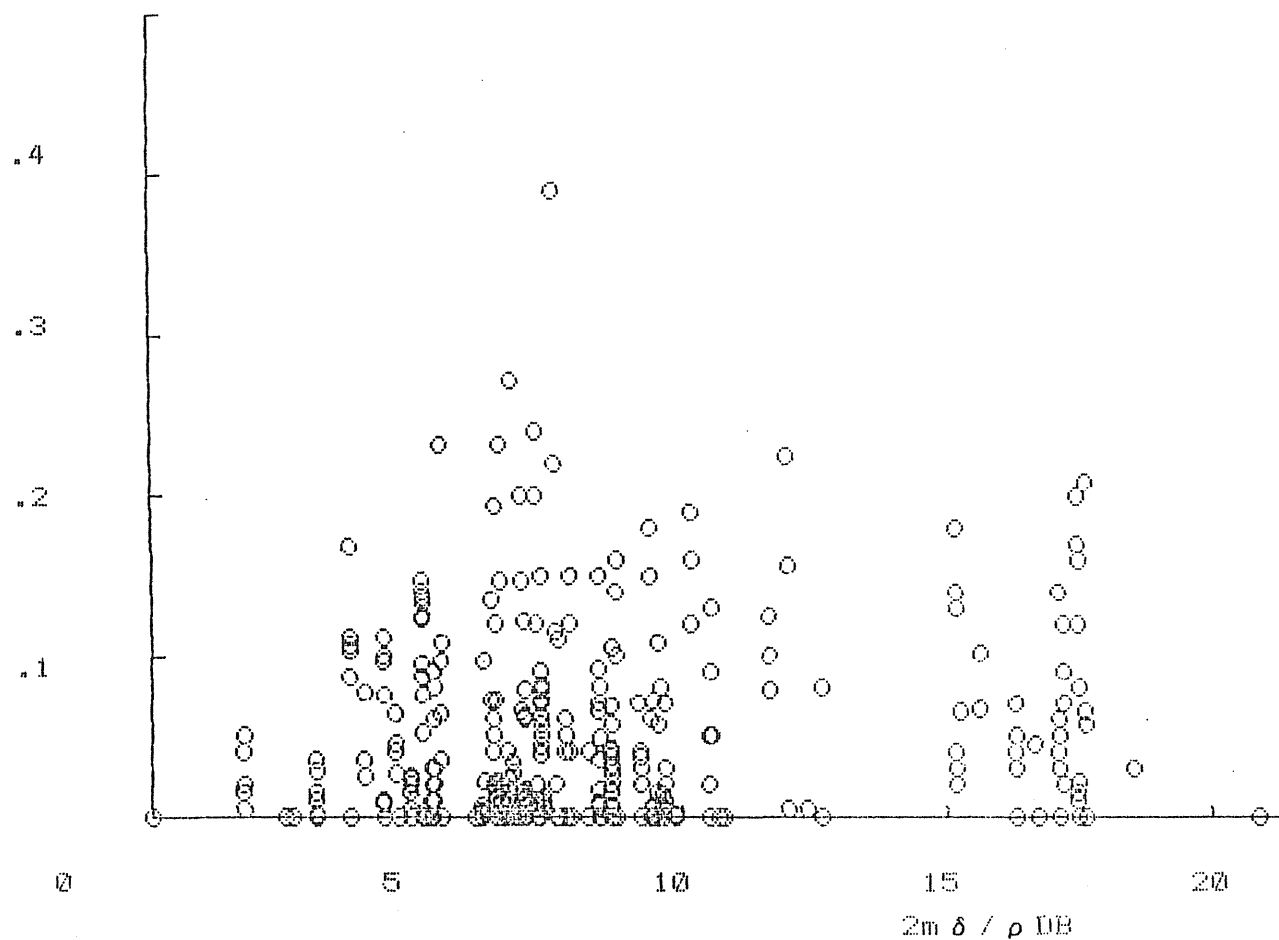


$\alpha$  VS  $\theta_{\max}$

付図 - 6.1.7

(A/D)max

DEF VORTEX OSCILLATION ORIGINAL

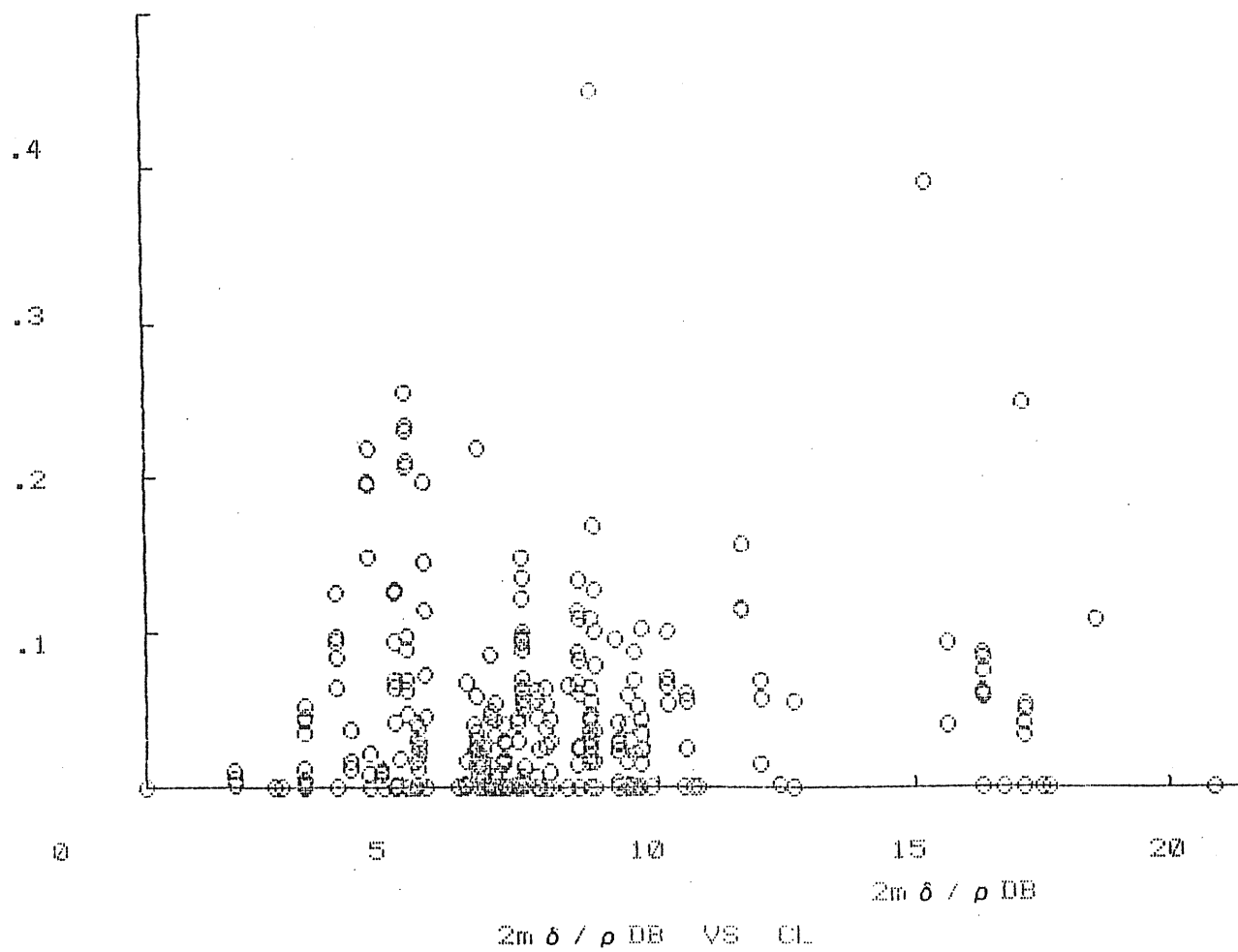


$2m\delta/\rho$  DB VS  $(A/D)_{\max}$

付図 - 6.2.1

CL

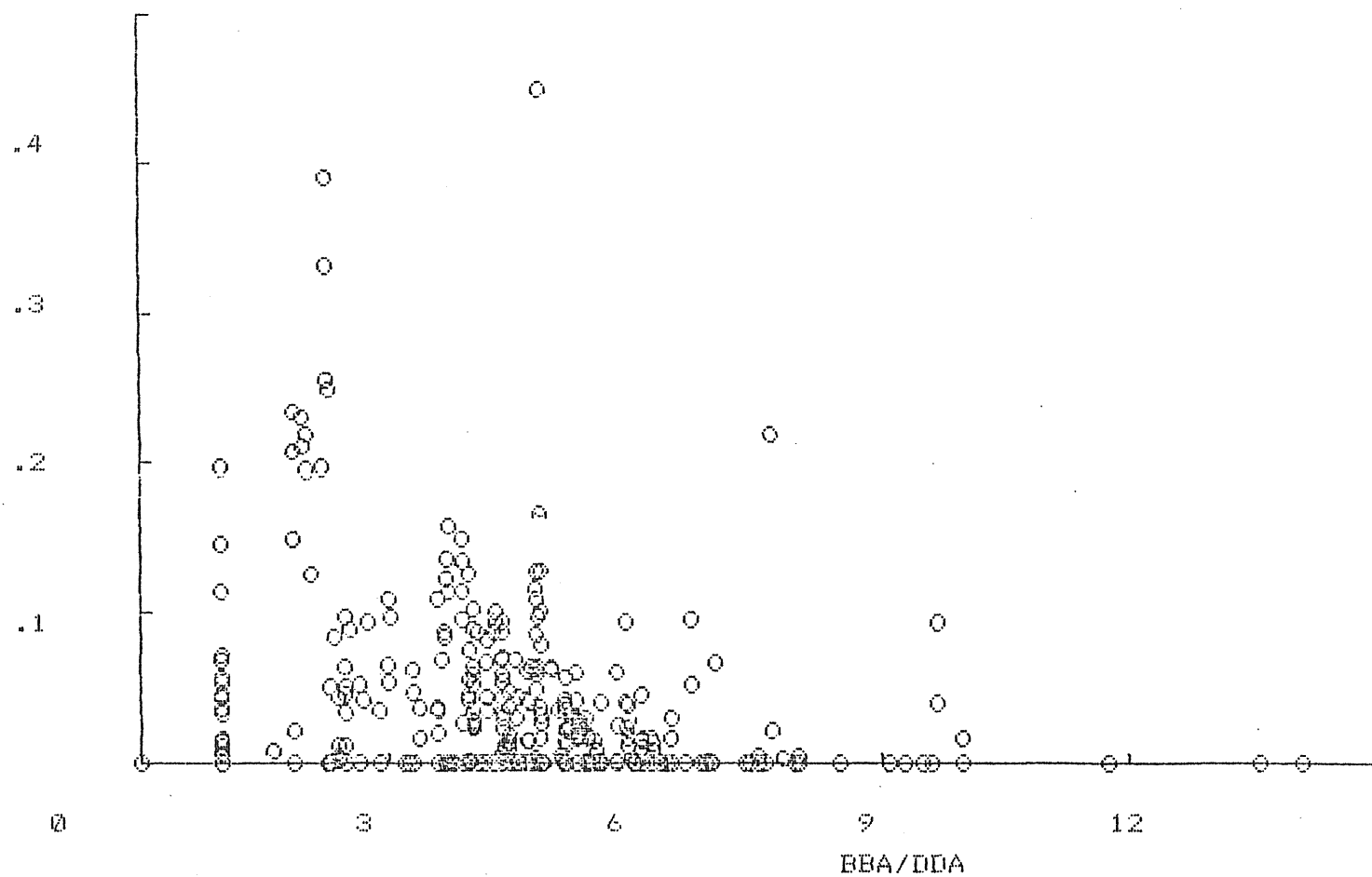
DEF VORTEX OSCILLATION ORIGINAL



付図 - 6.2.2

CL

DEF VORTEX OSCILLATION ORIGINAL

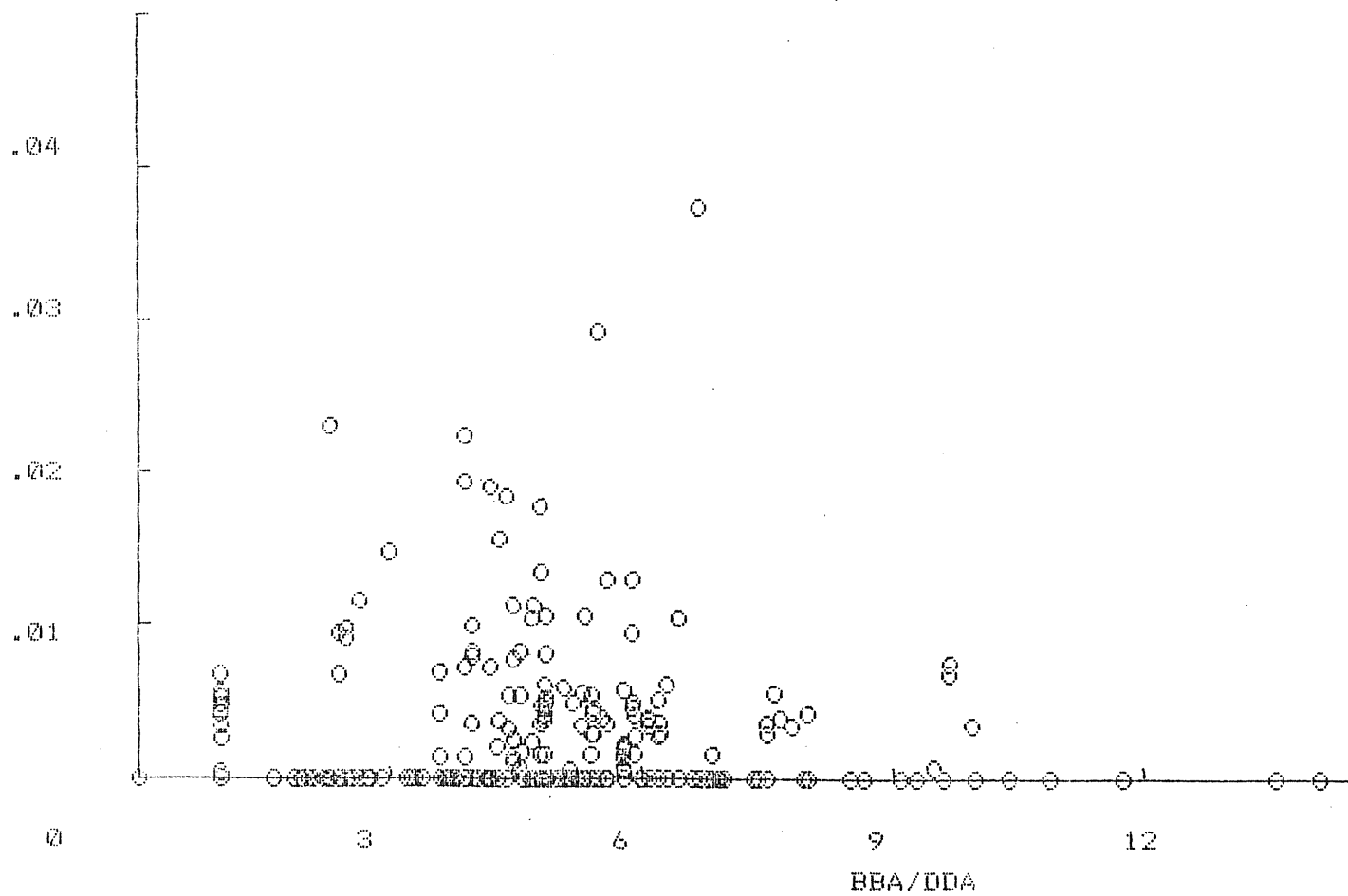


BBA/DDA VS CL

付図 - 6.3.1

CM

TOR VORTEX OSCILLATION ORIGINAL



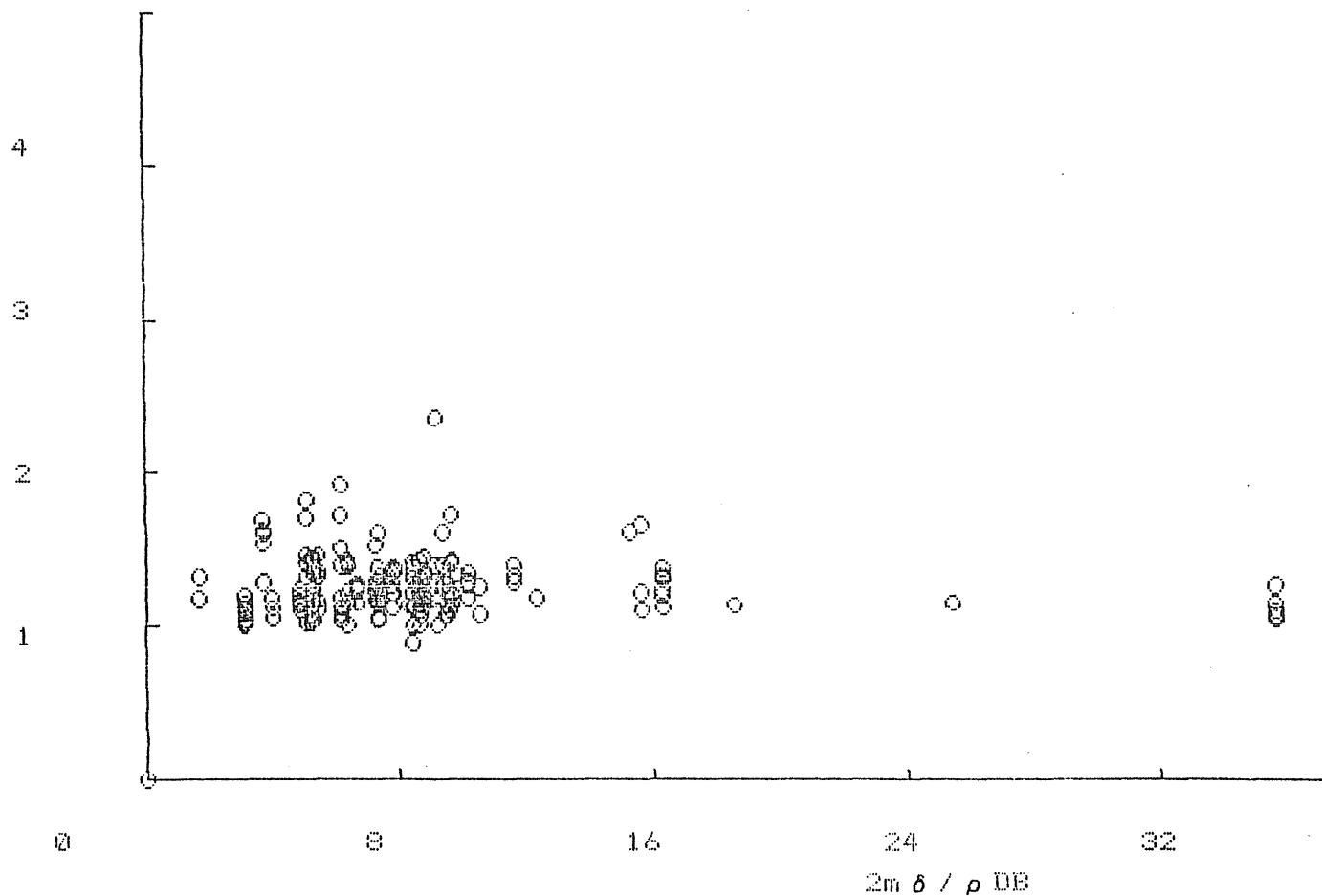
BBA/DDA VS CM

付図 - 6.3.2



$(V/fD)_{\max}/(V/fD)_{st}$

DEF VORTEX OSCILLATION ORIGINAL

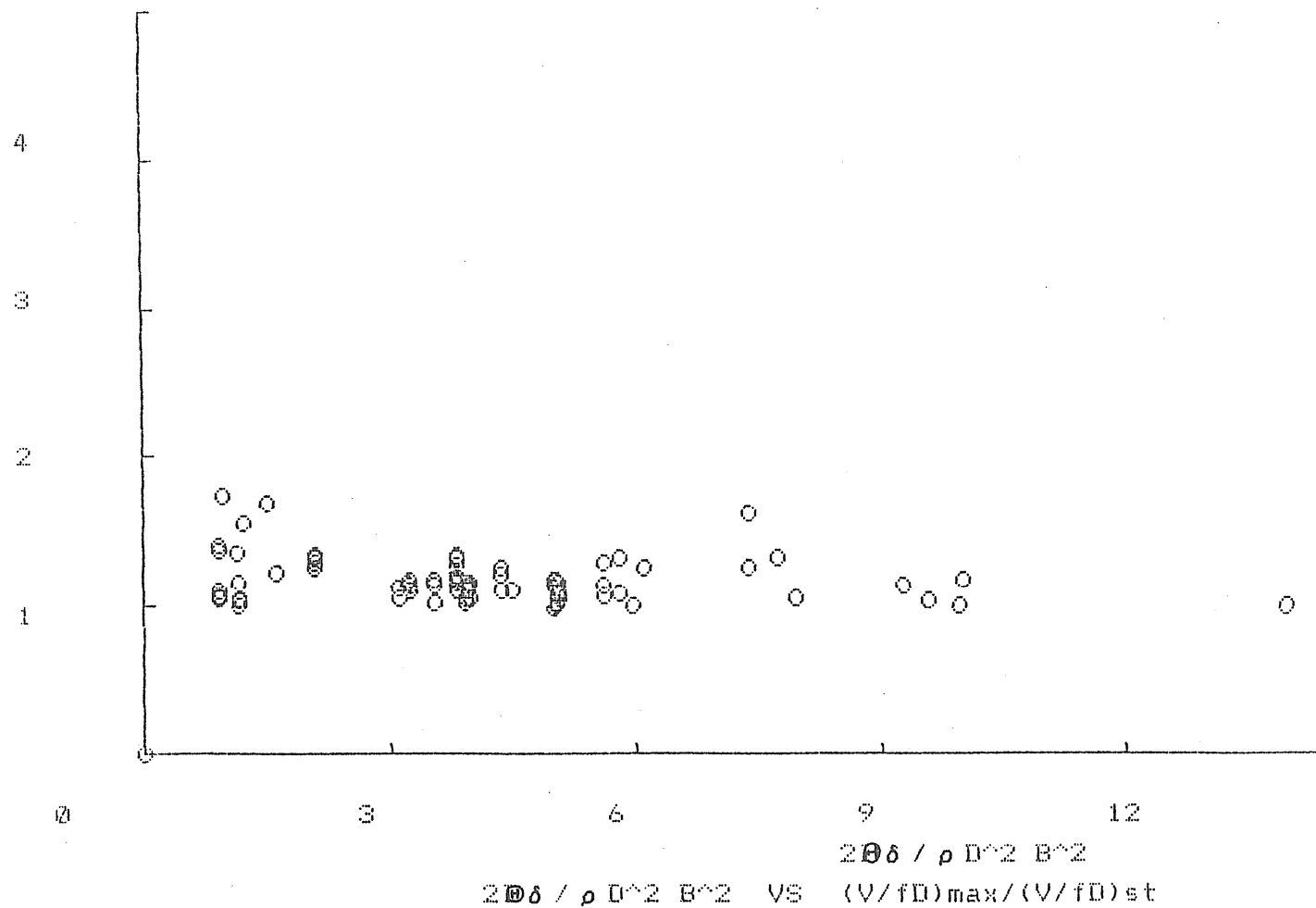


$2m\delta/\rho$  DB VS  $(V/fD)_{\max}/(V/fD)_{st}$

付図 - 6.4.1

$(V/fD)_{\max}/(V/fD)_{st}$

TOR VORTEX OSCILLATION ORIGINAL

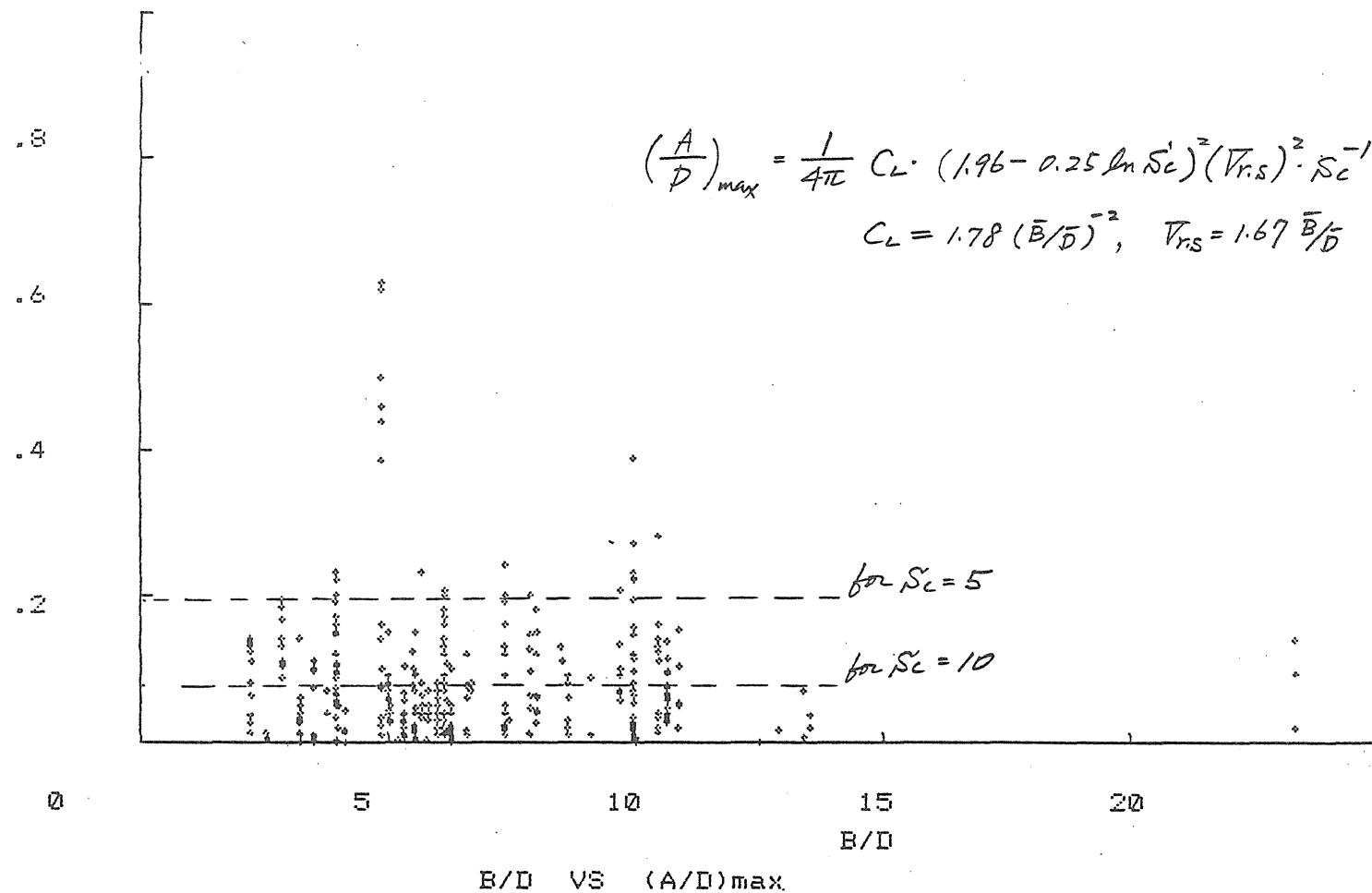


$2\theta\delta / \rho D^2 B^2$  VS  $(V/fD)_{\max}/(V/fD)_{st}$

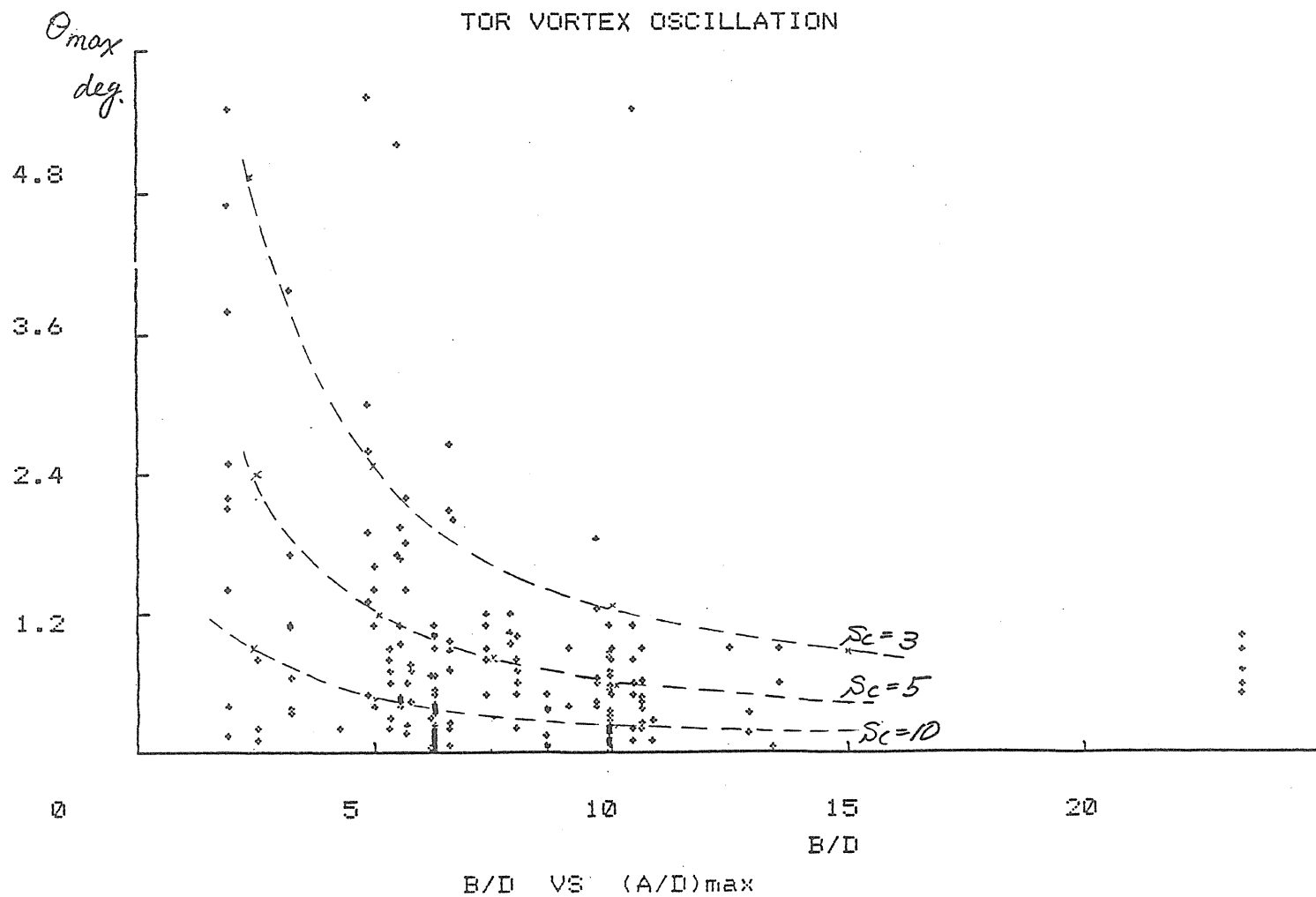
付図 - 6.4.2

(A/D)<sub>max</sub>

DEF VORTEX OSCILLATION

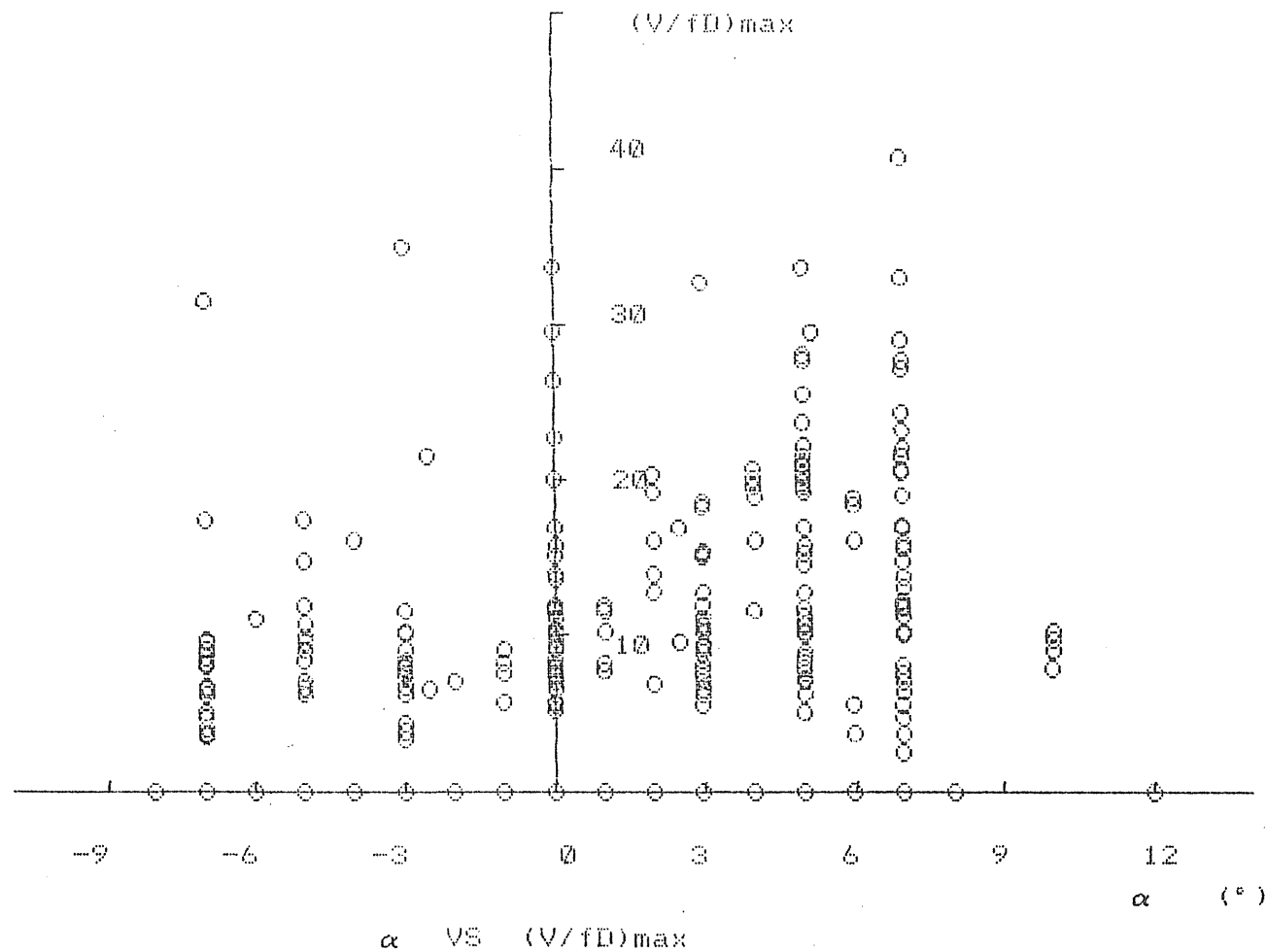


付図 - 6.5.1

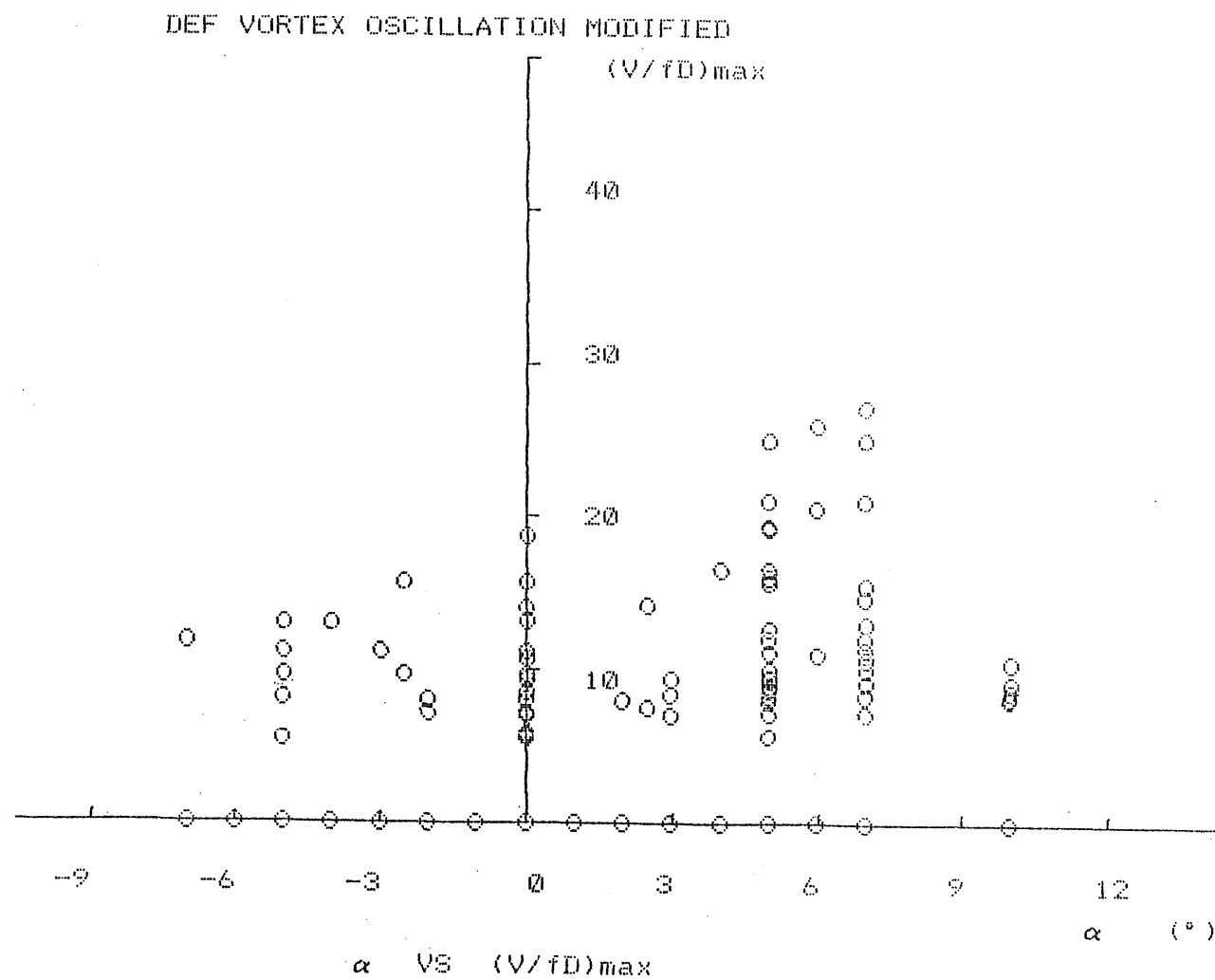


付図 - 6.5.2

DEF VORTEX OSCILLATION ORIGINAL

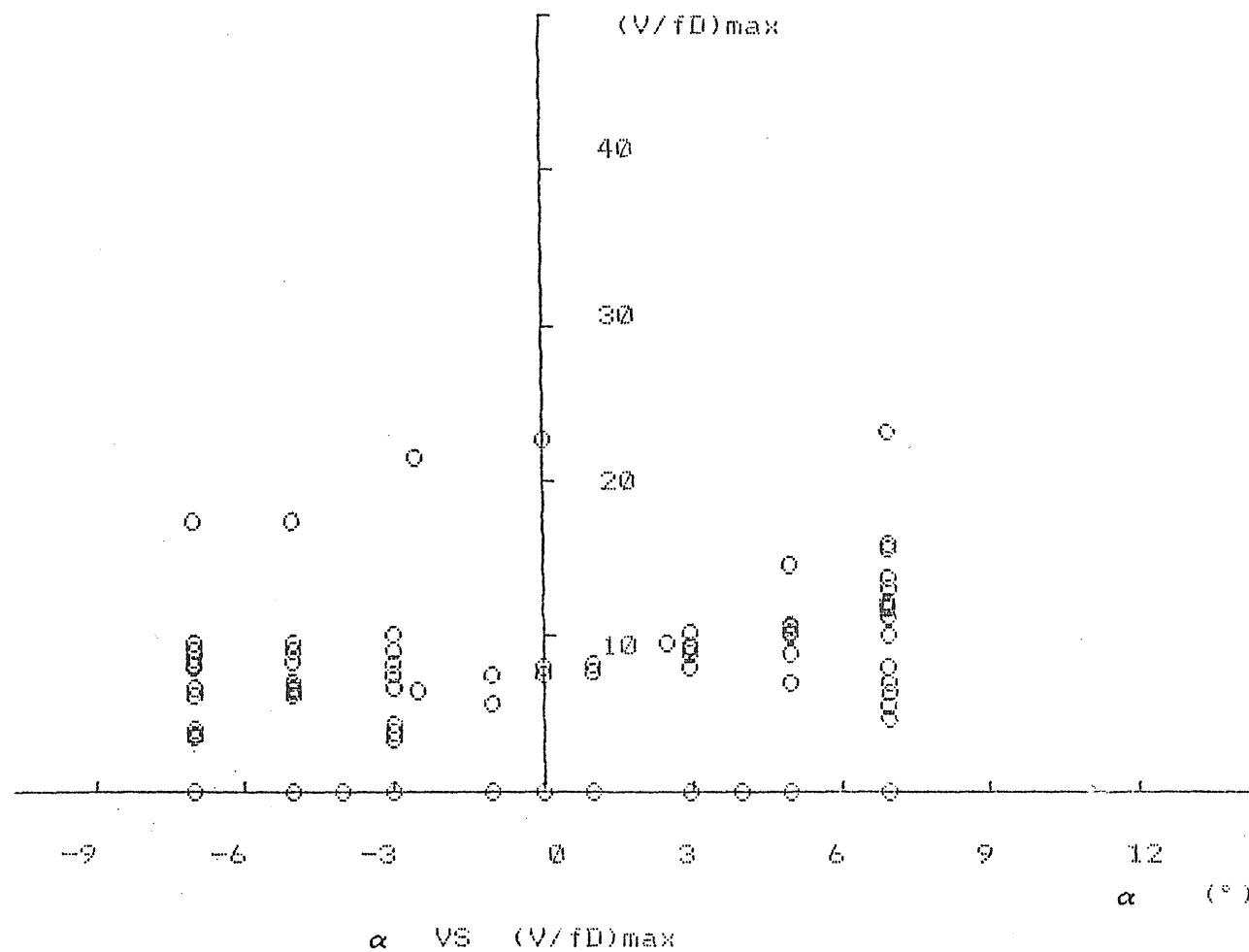


付図-6.6.1

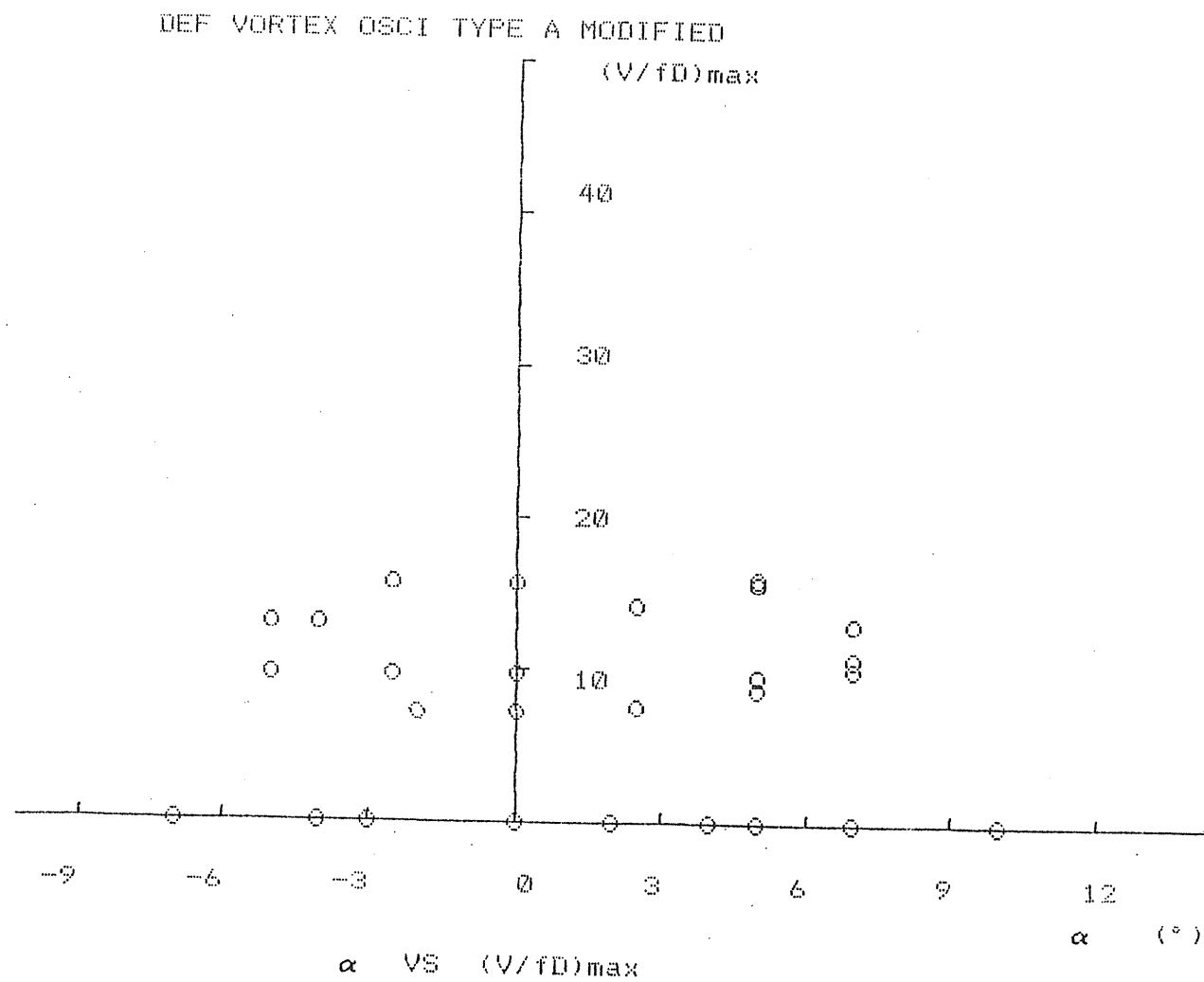


付図 - 6.6.2

# DEF VORTEX OSC TYPE A ORIGINAL

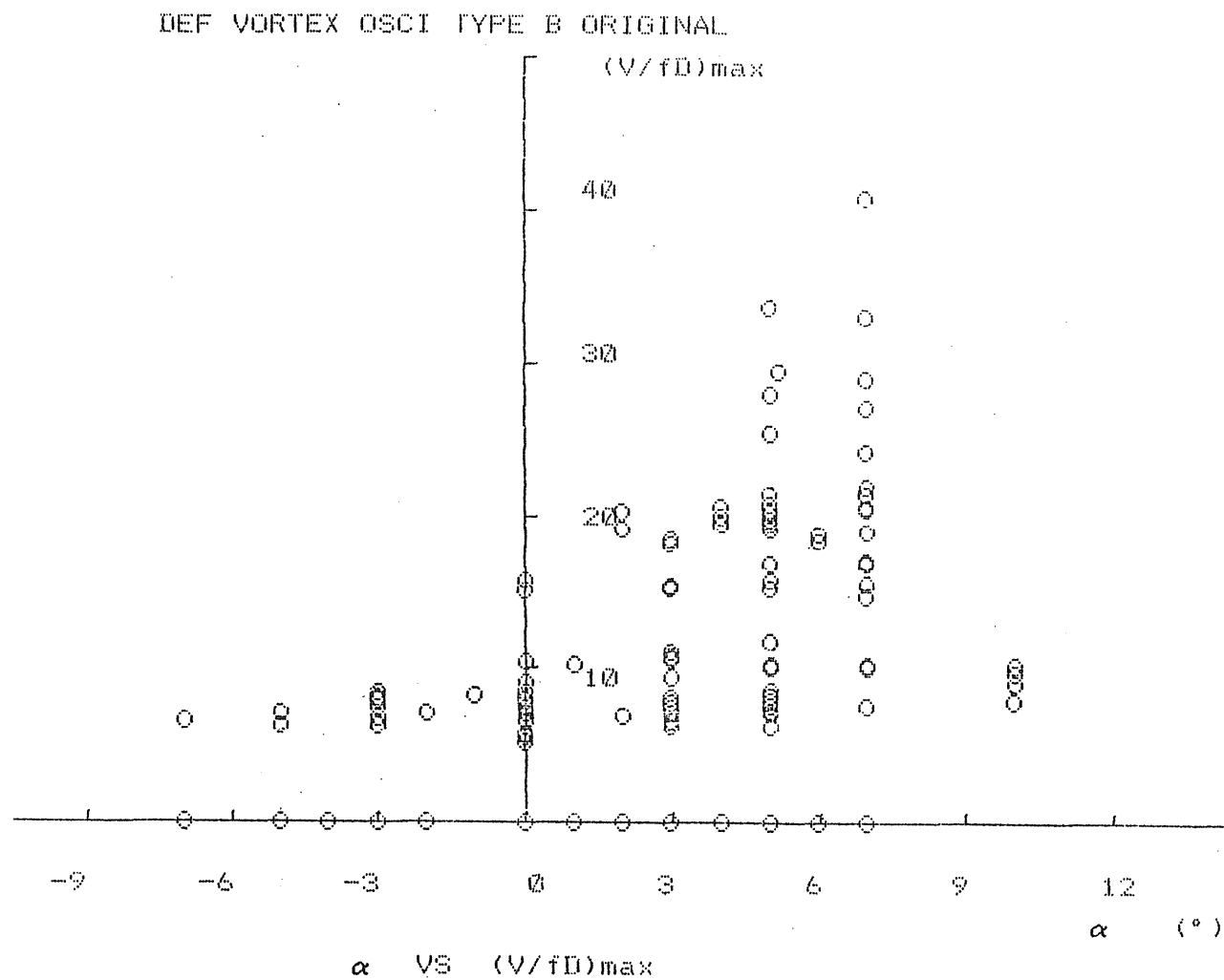


付図 - 6.6.3

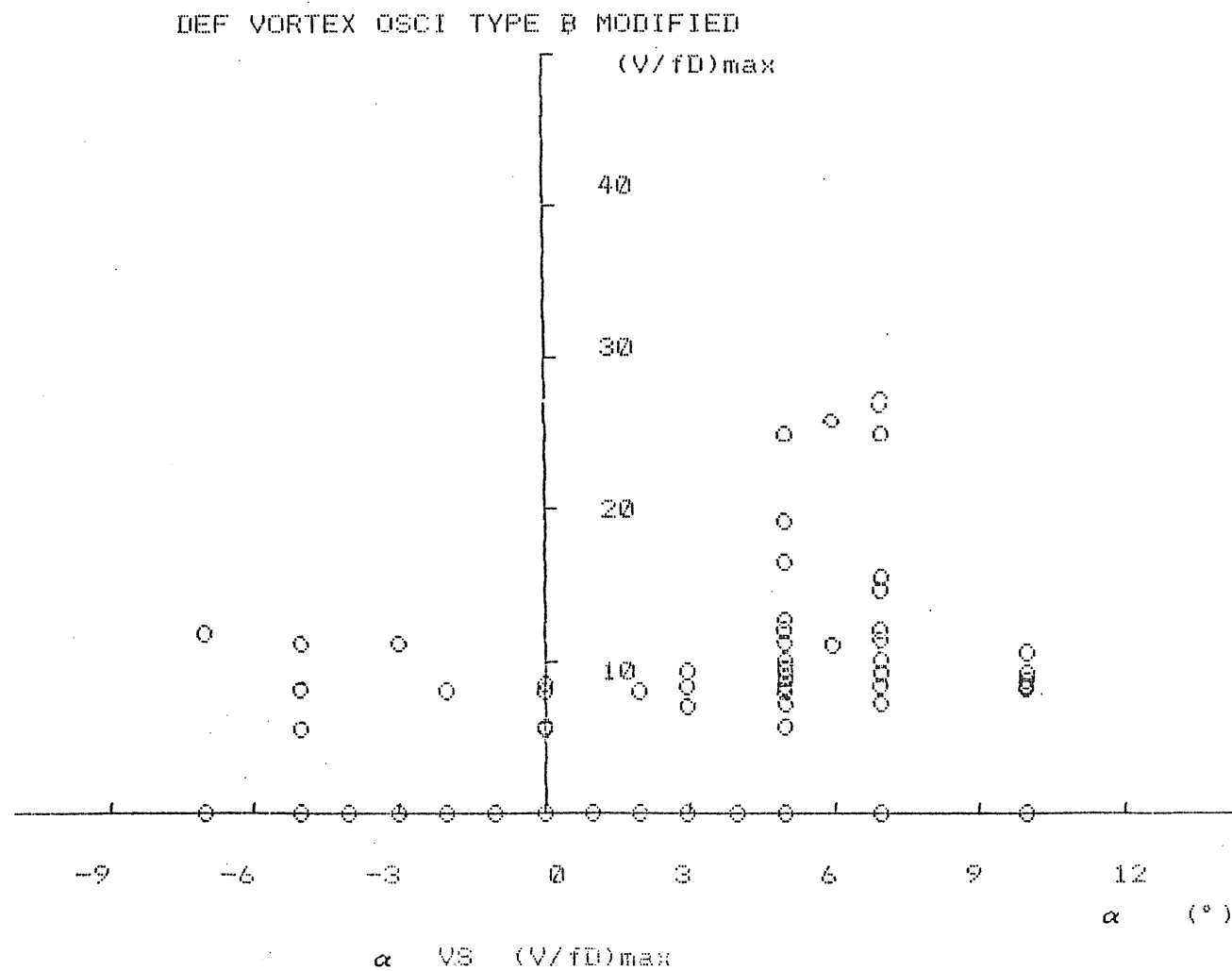


付図-6.6.4



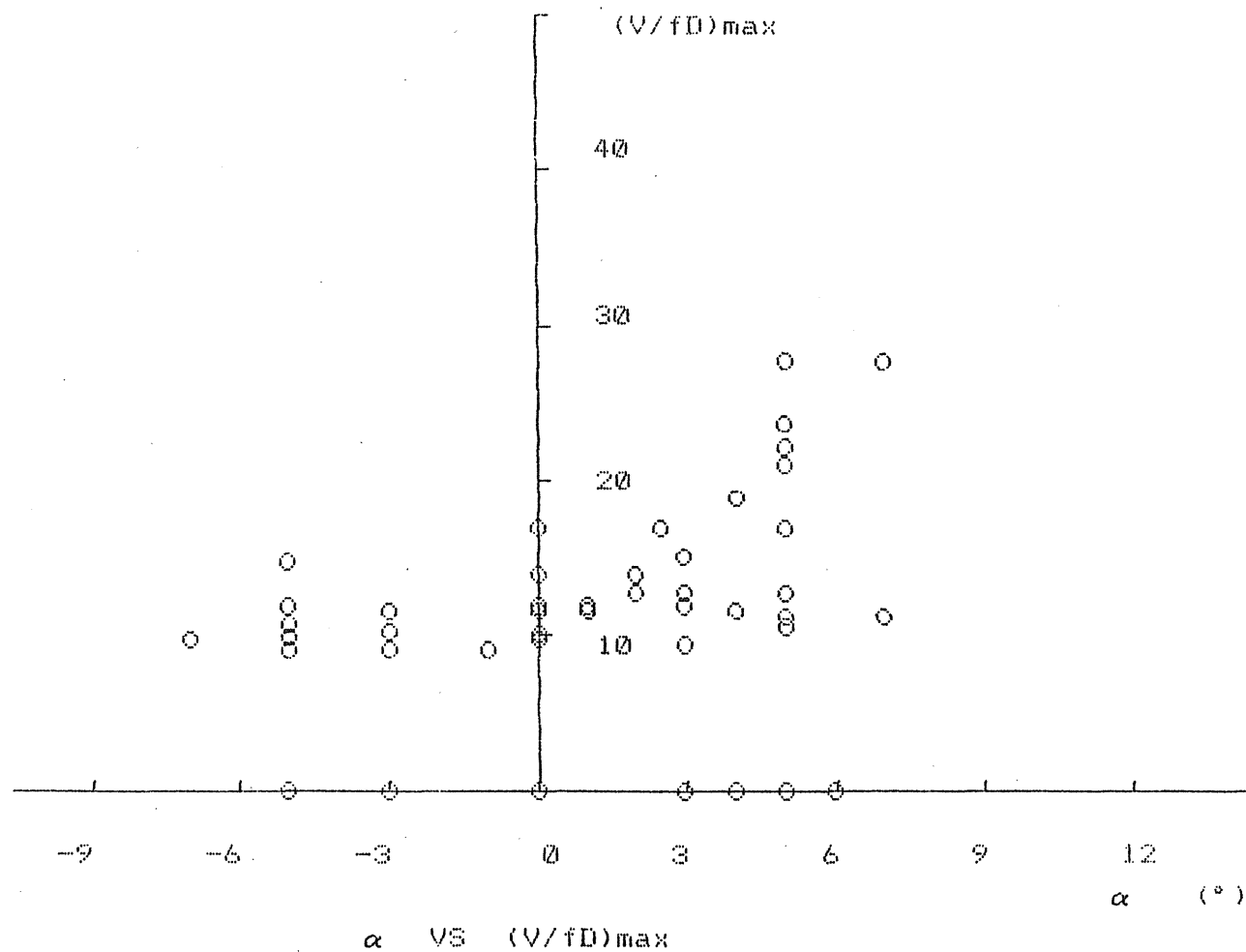


付図 - 6. 6. 5

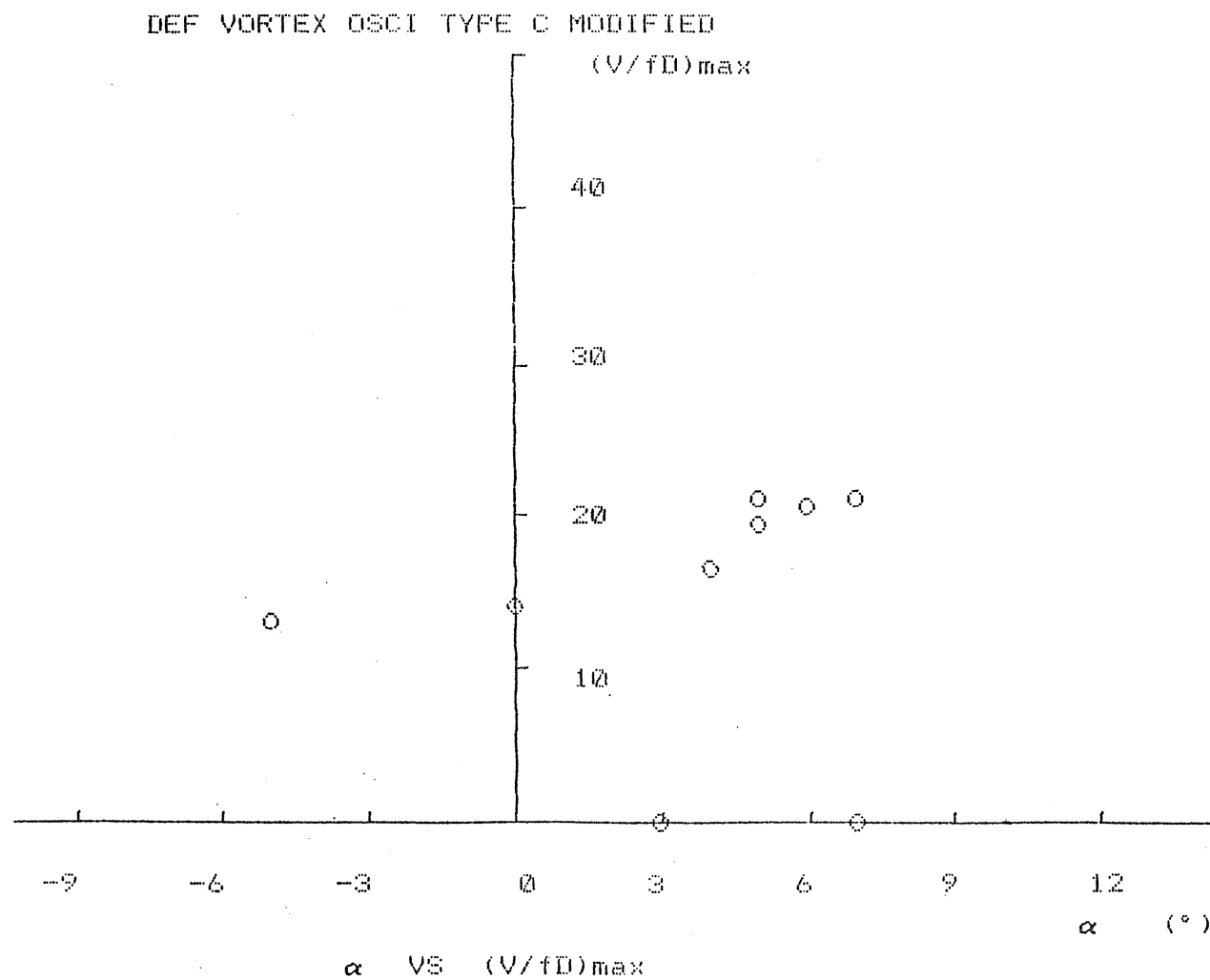


付図 - 6. 6. 6

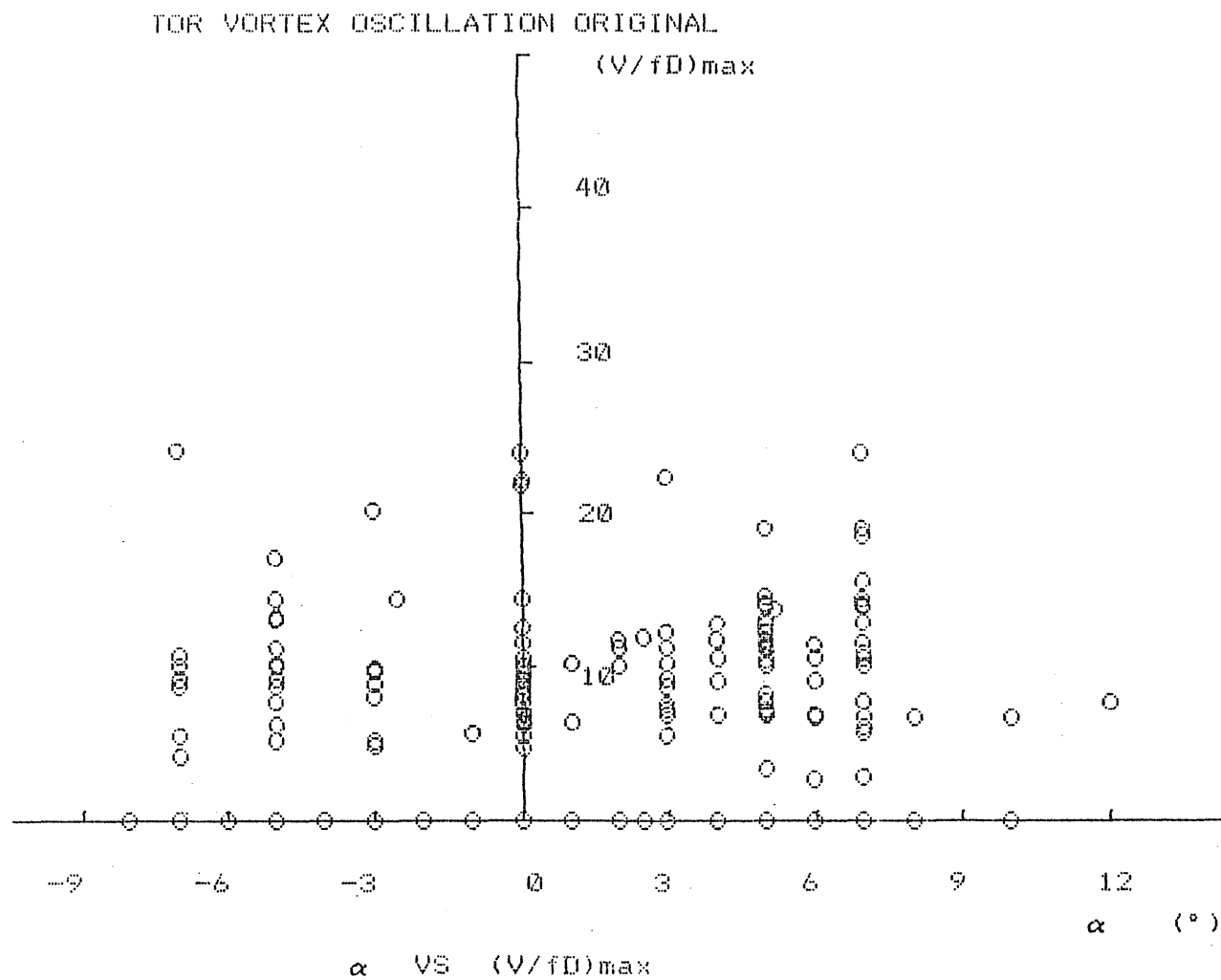
DEF VORTEX OSCI TYPE C ORIGINAL



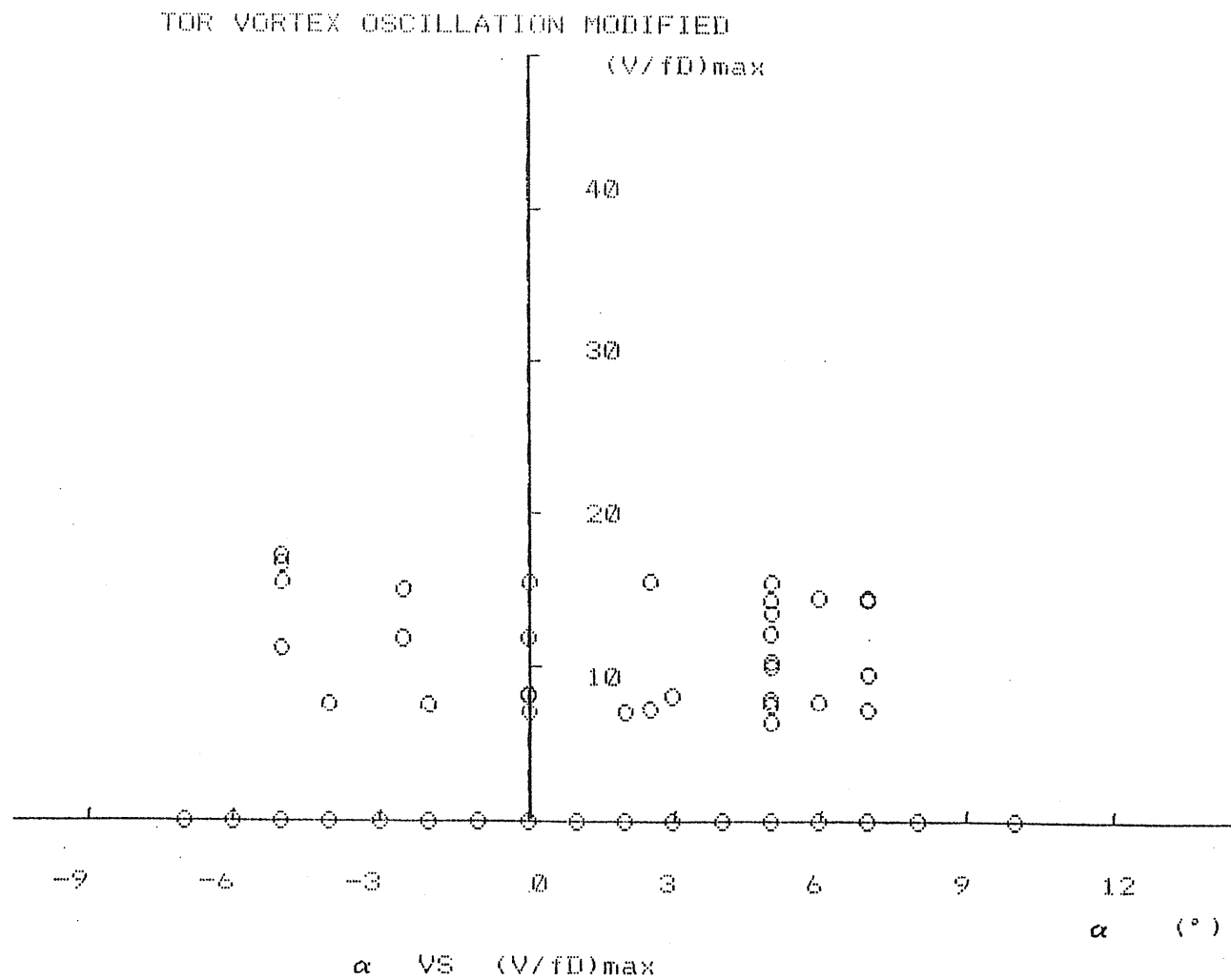
付図-6.6.7



付図-6.6.8

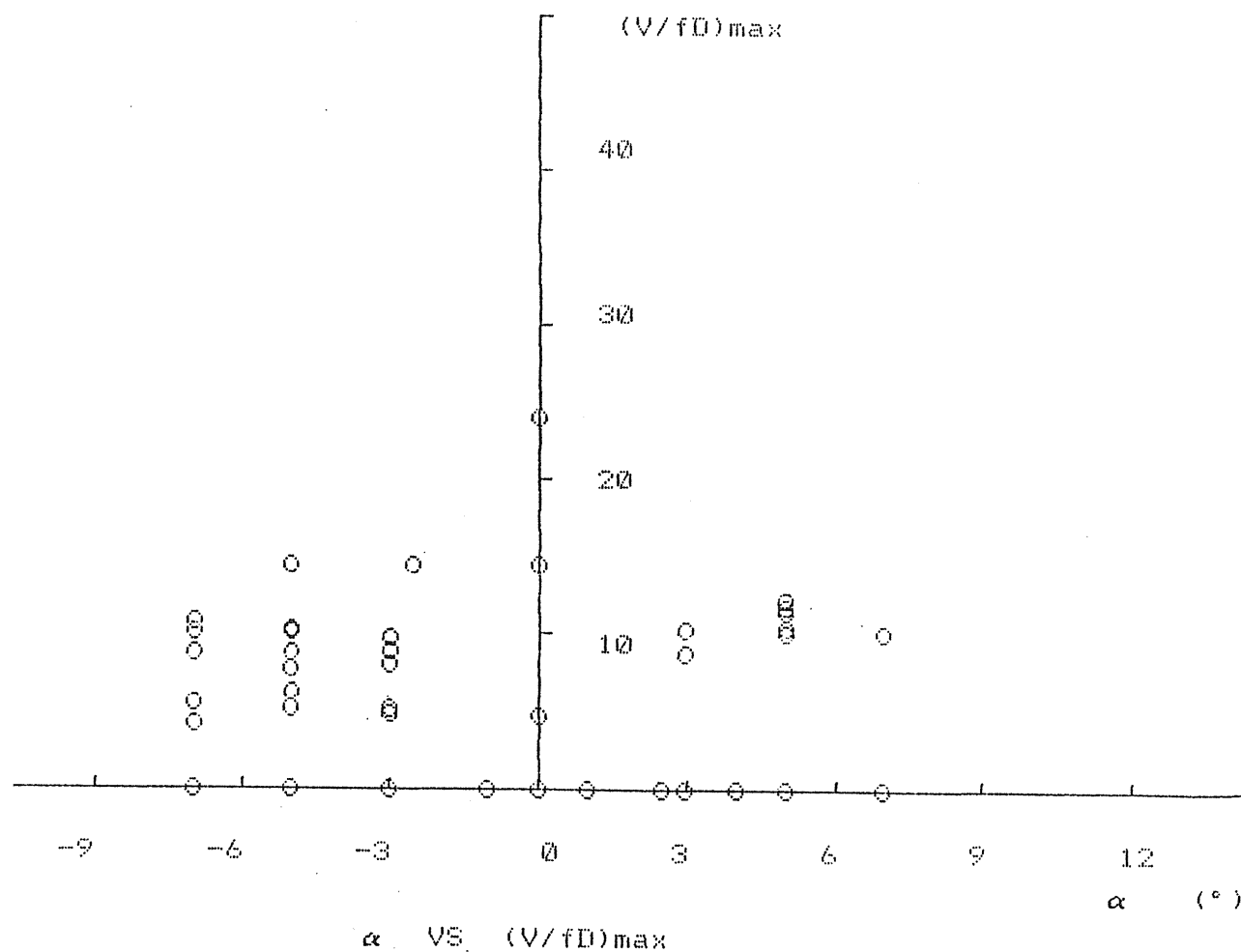


付図- 6. 6. 9



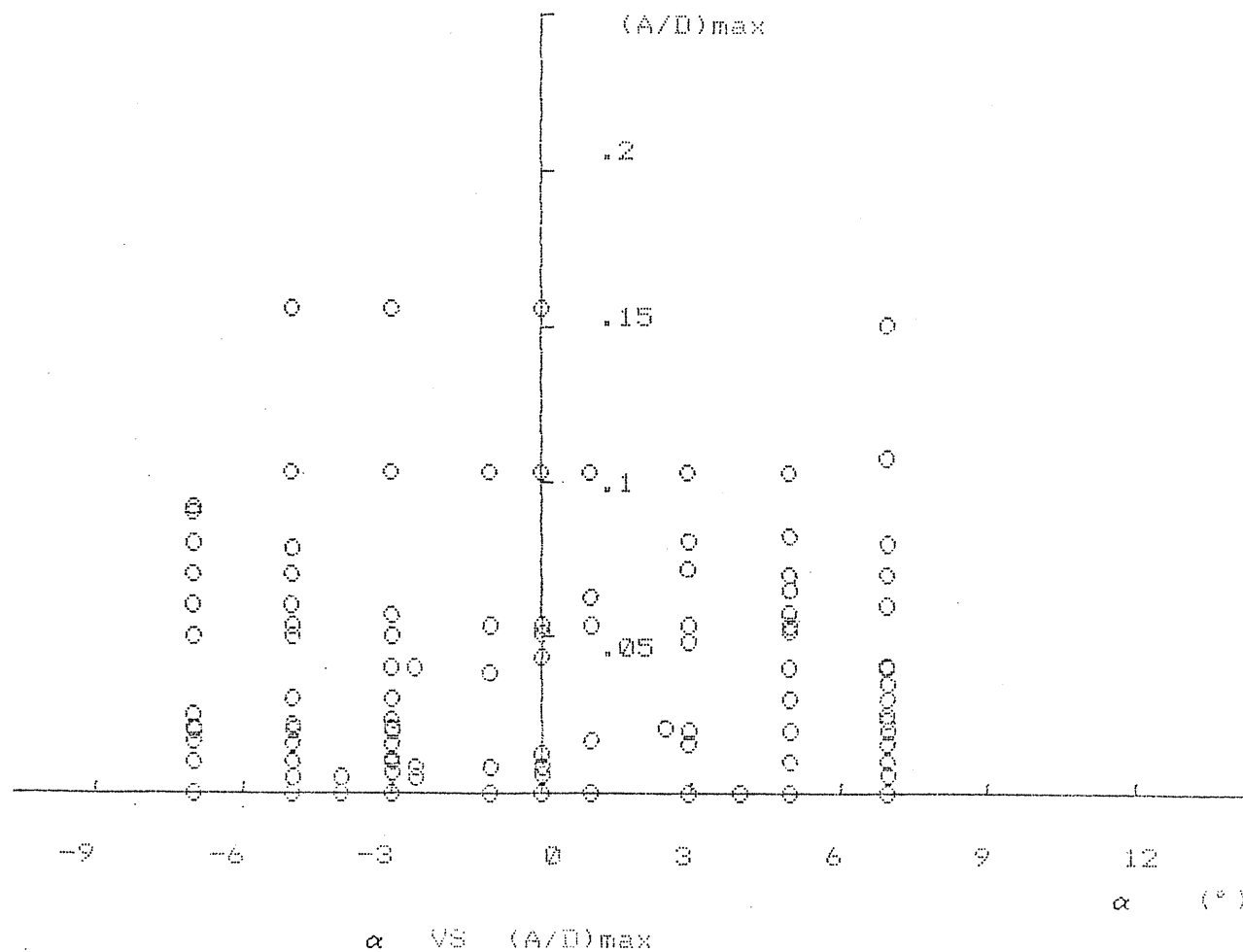
付図 - 6. 6. 10

TOR VORTEX OSCI TYPE A ORIGINAL



付図 - 6. 6. 11

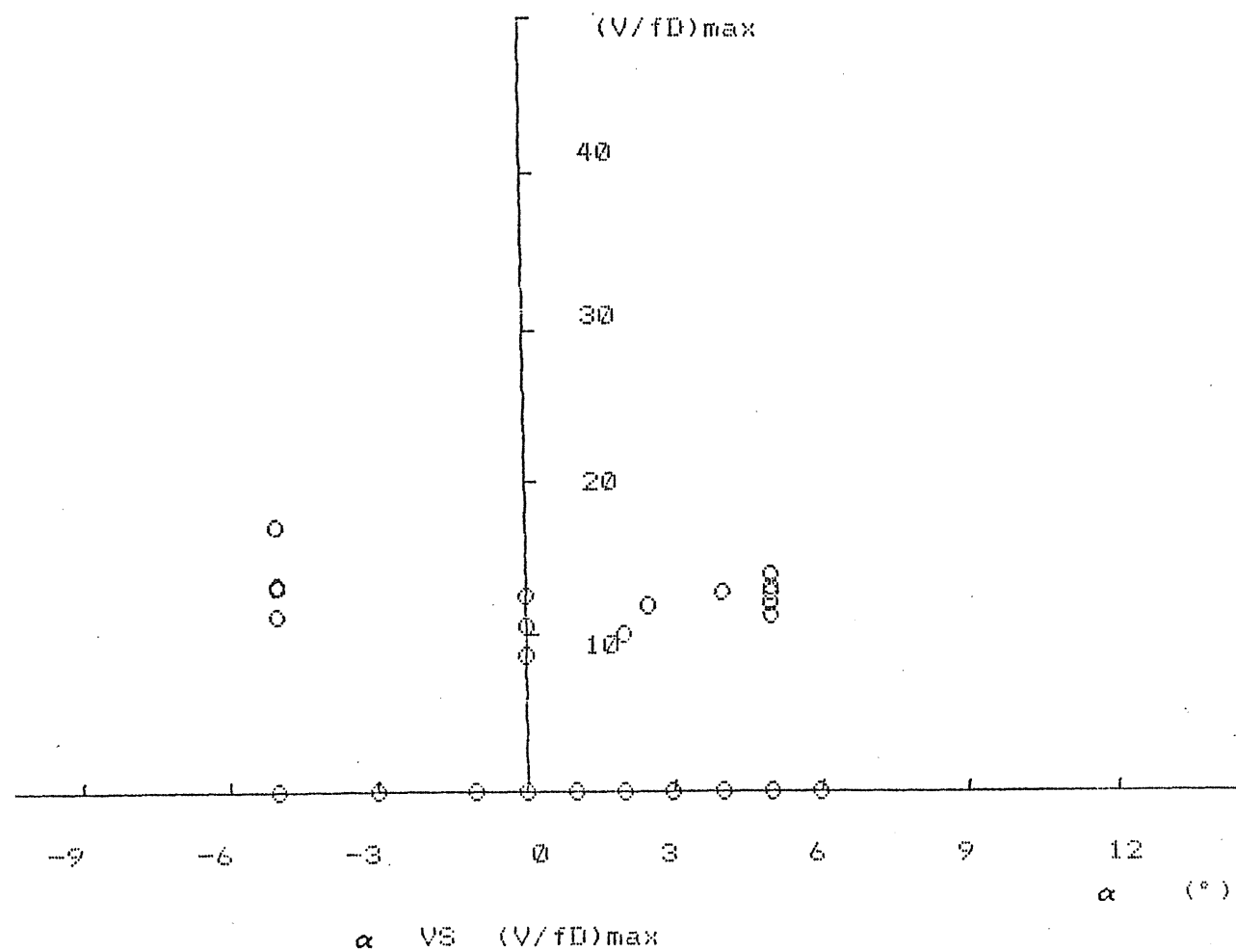
DEF VORTEX OSCI TYPE A ORIGINAL



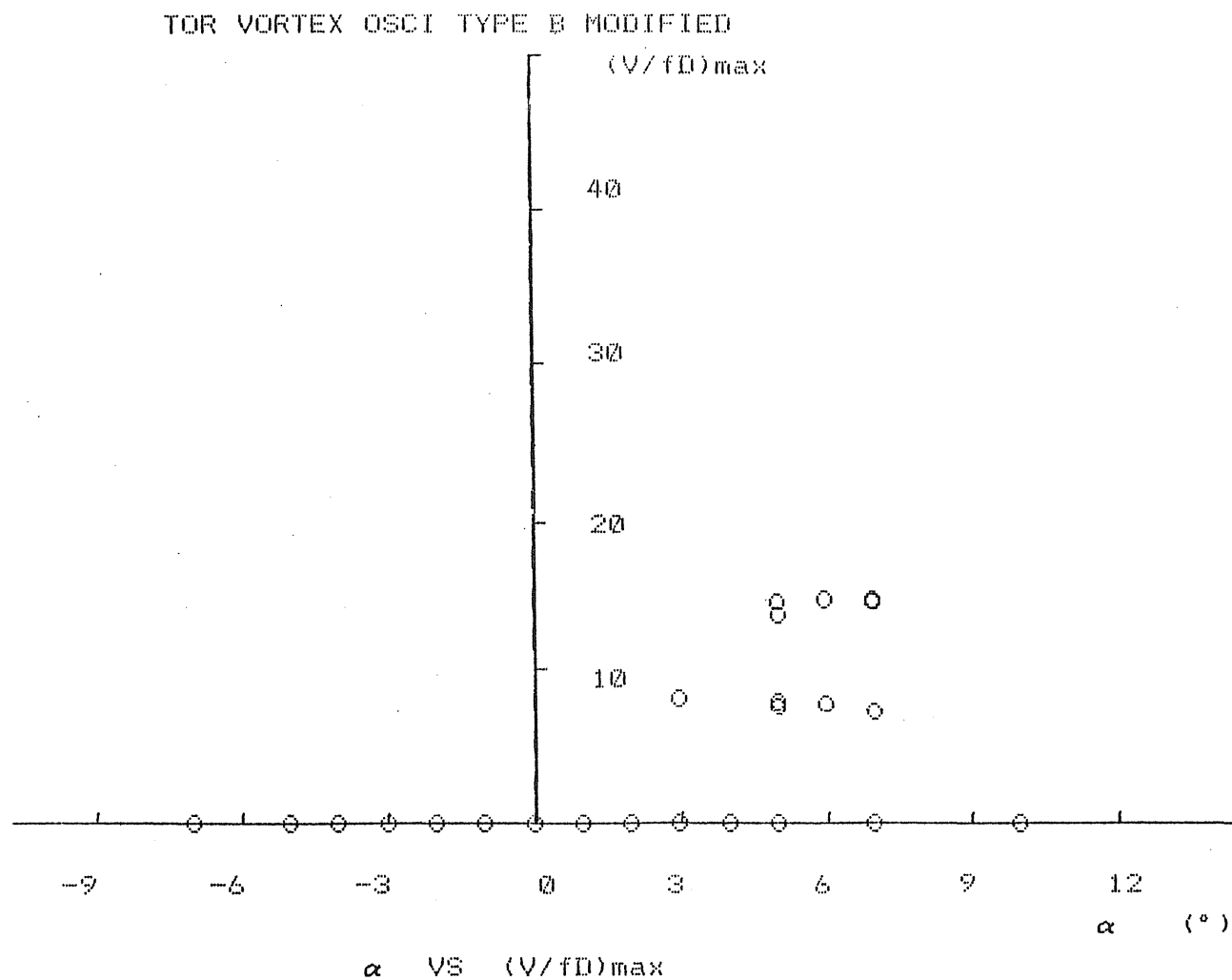
付図 - 6.7.1



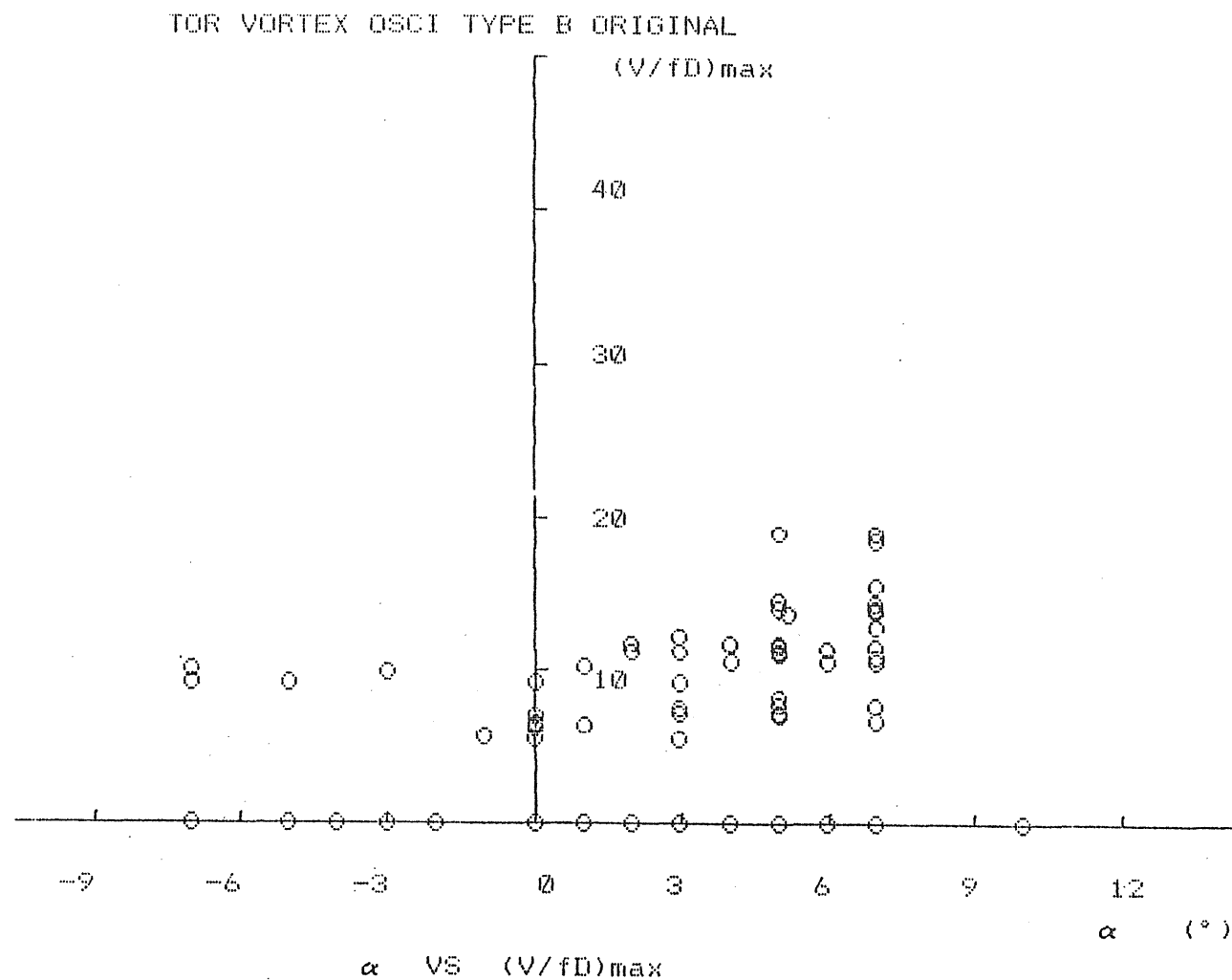
# TOR VORTEX OSCI TYPE C ORIGINAL



付図 - 6.7.2

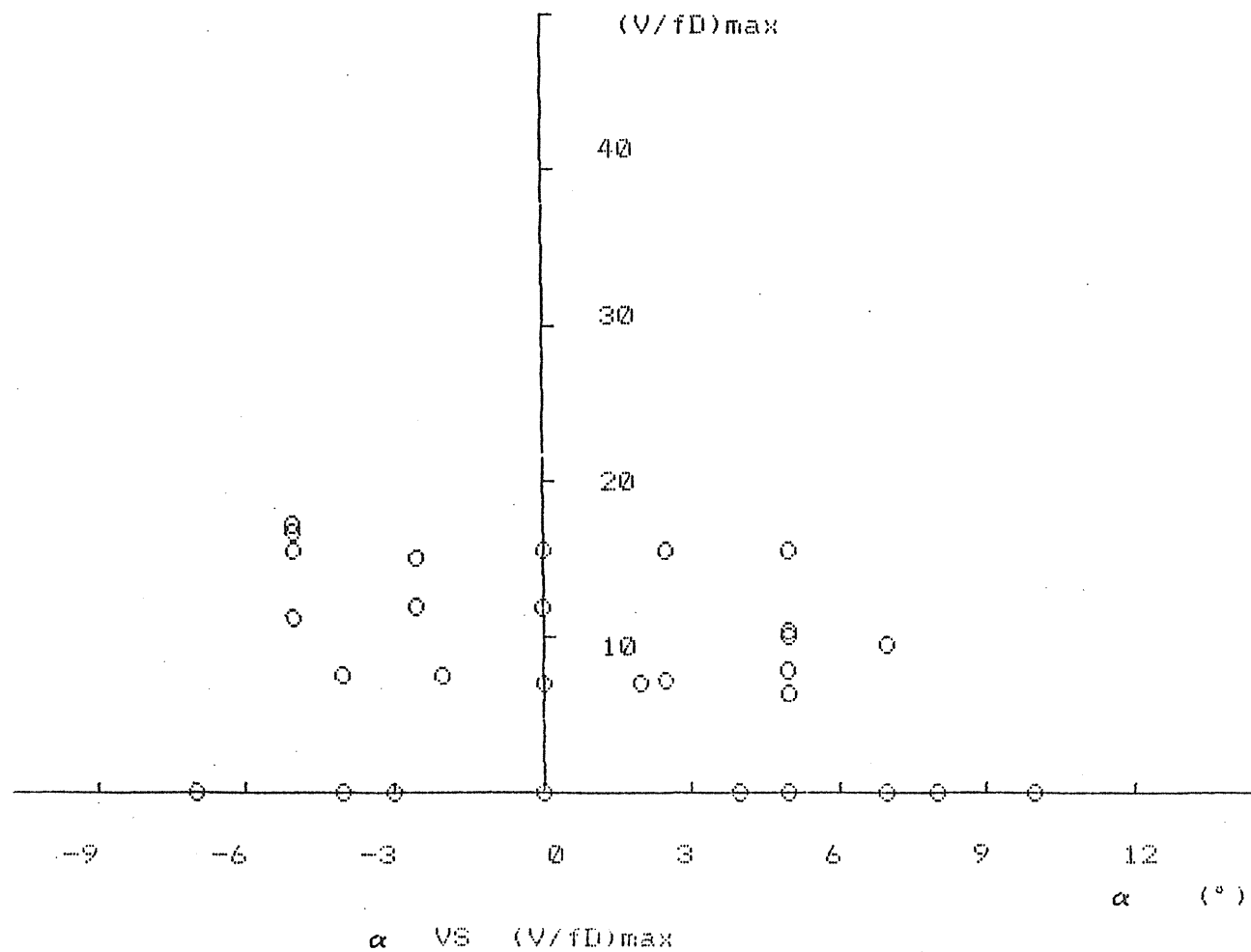


付図- 6.7.3



付図 - 6. 7. 4

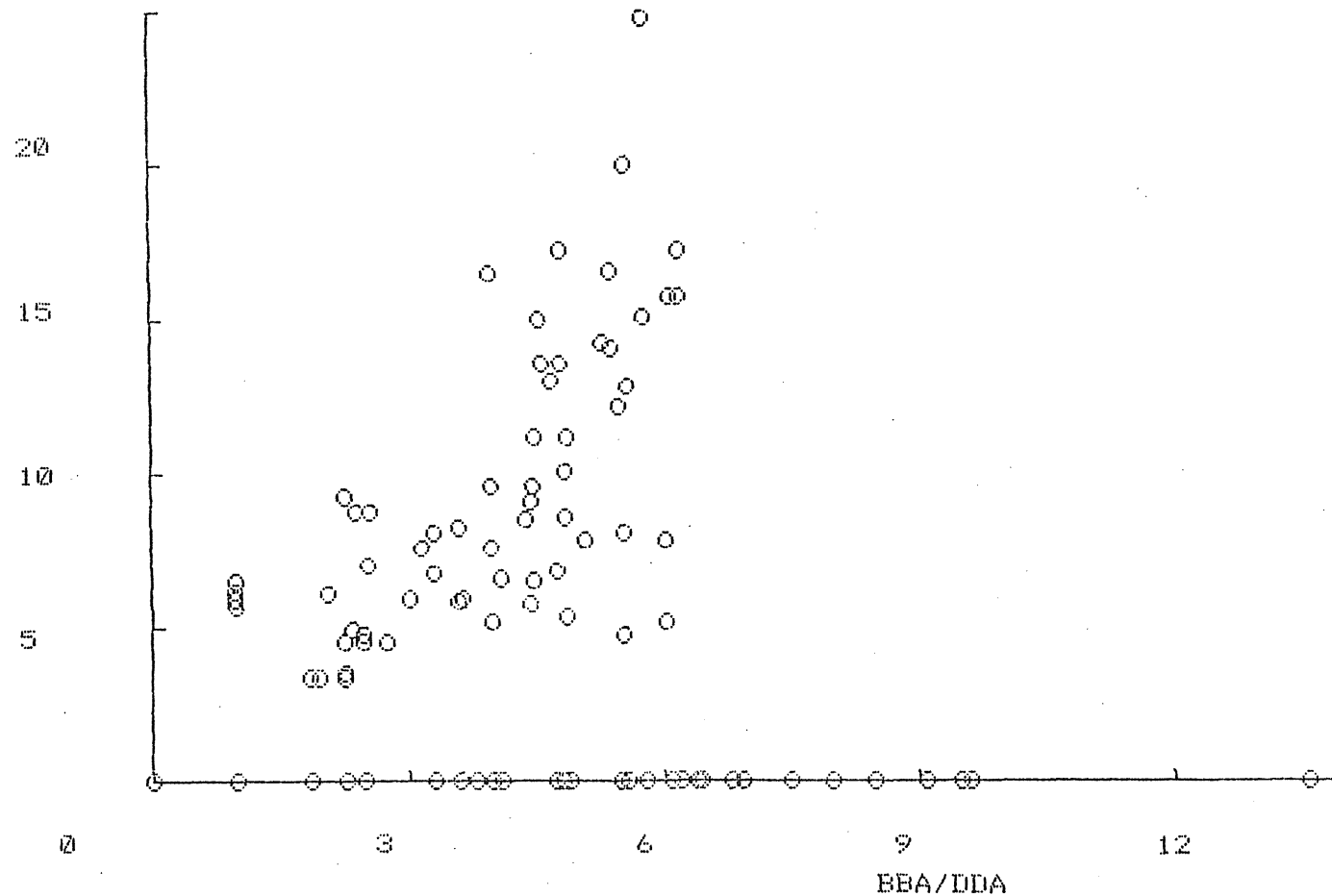
# TOR VORTEX OSCI TYPE A MODIFIED



付図 - 6.7.5

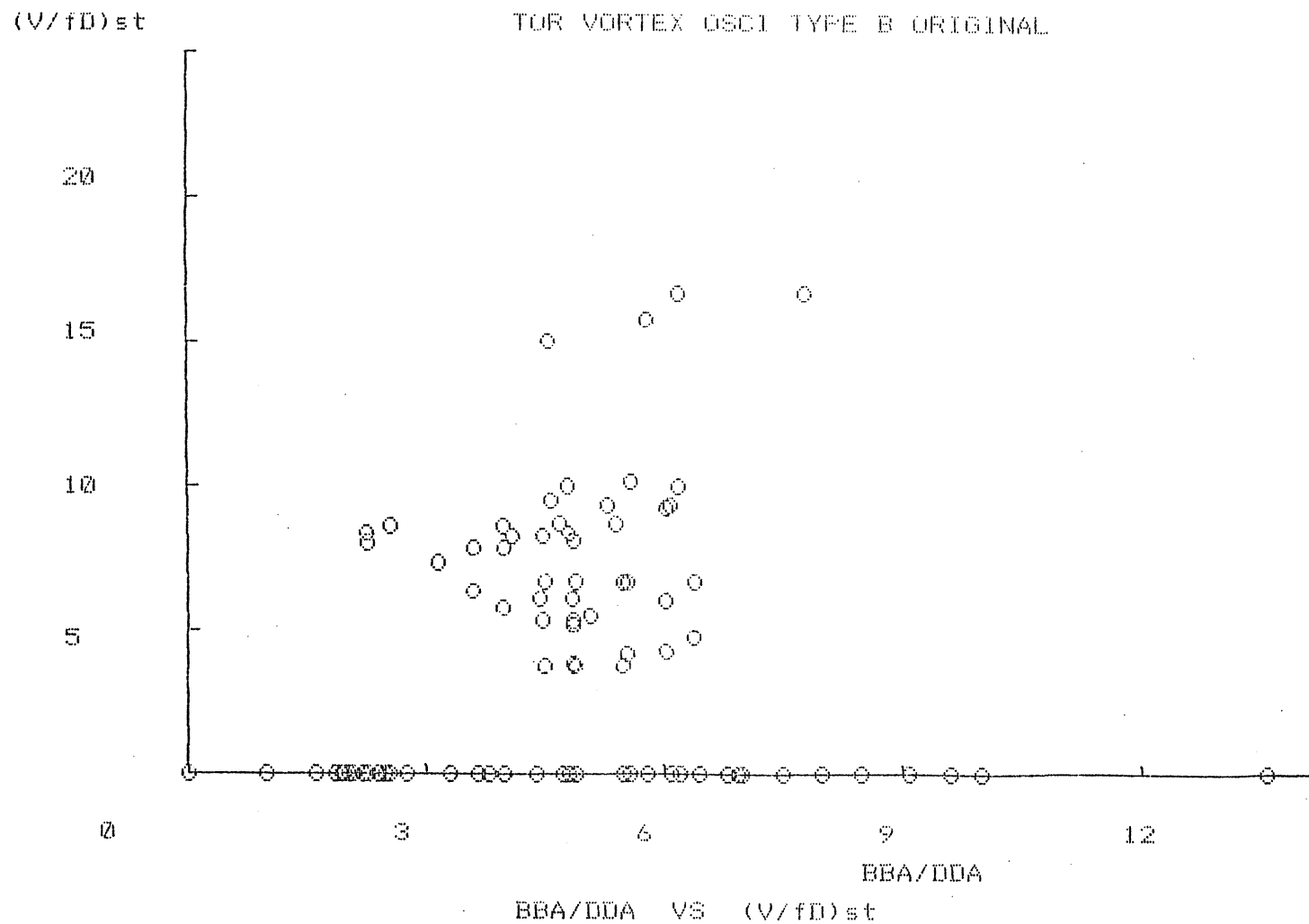
(V/fD)st

DEF VORTEX OSCI TYPE B ORIGINAL

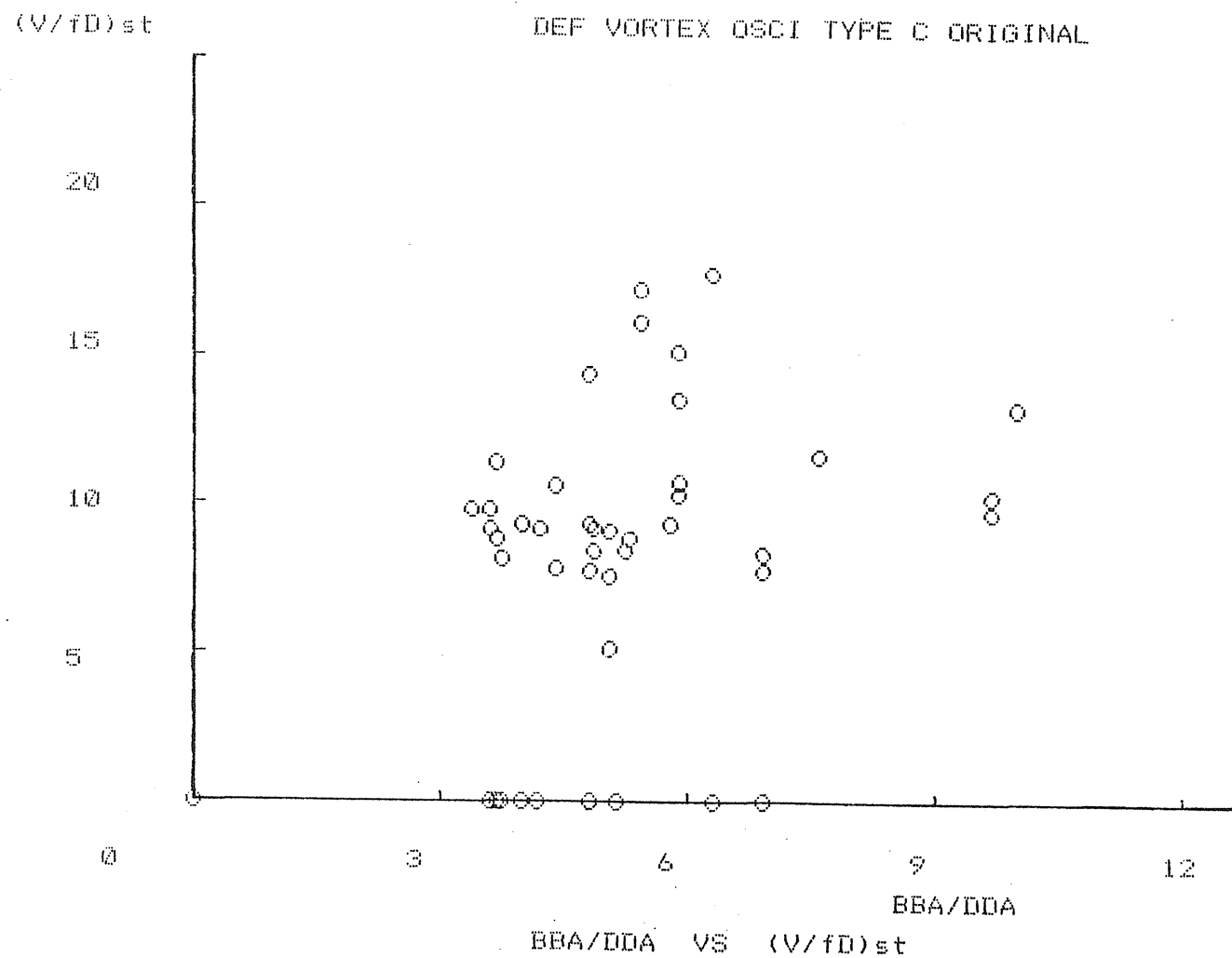


BBA/DDA VS (V/fD)st

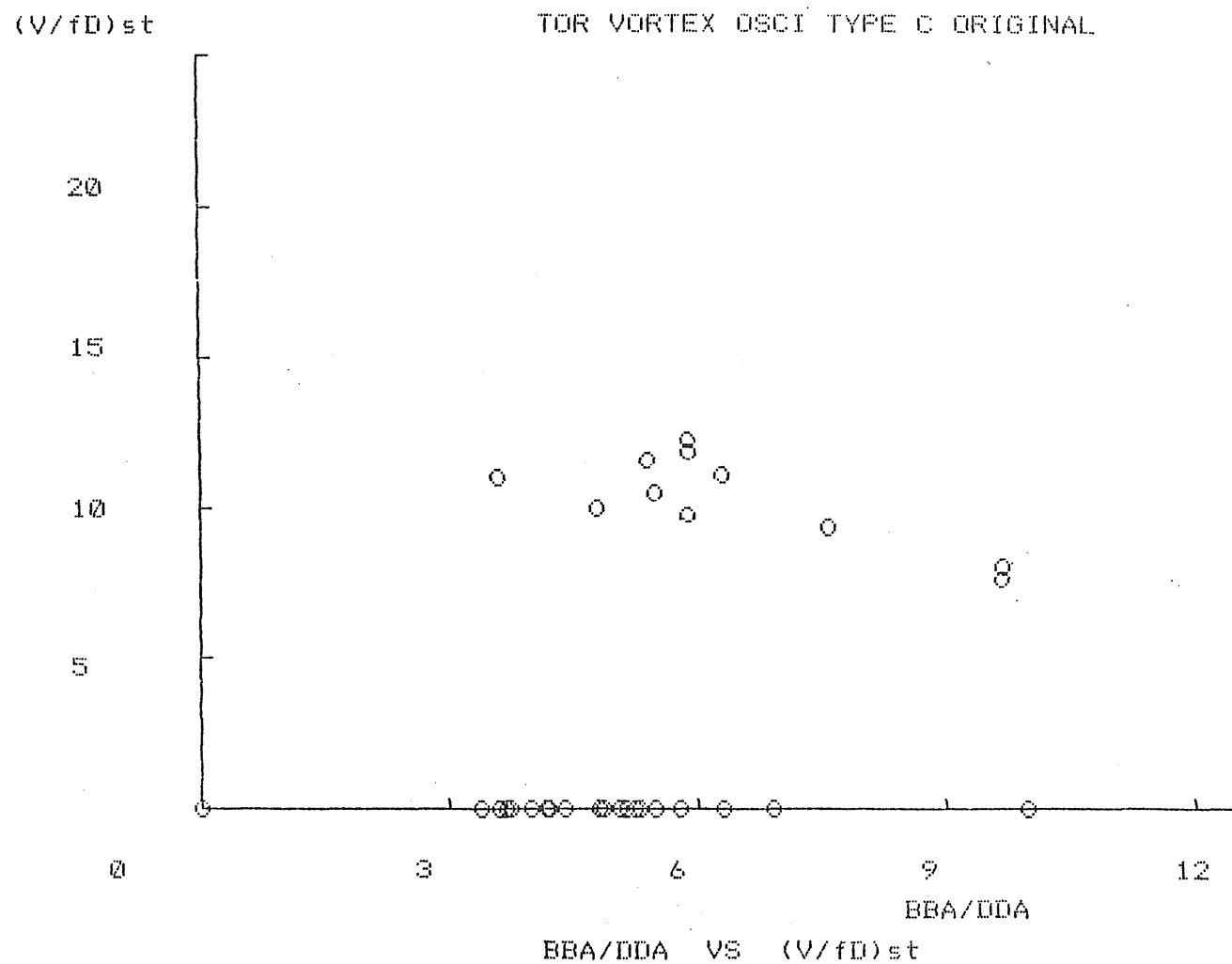
付図 - 6.7.6



付図 - 6. 7. 7






















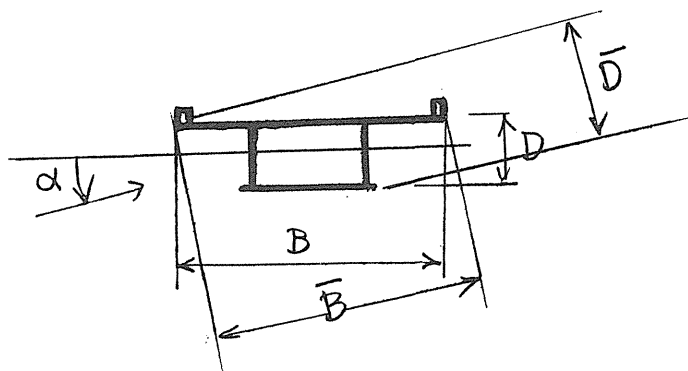
付図 - 6. 7. 8



付図 - 6. 7. 9

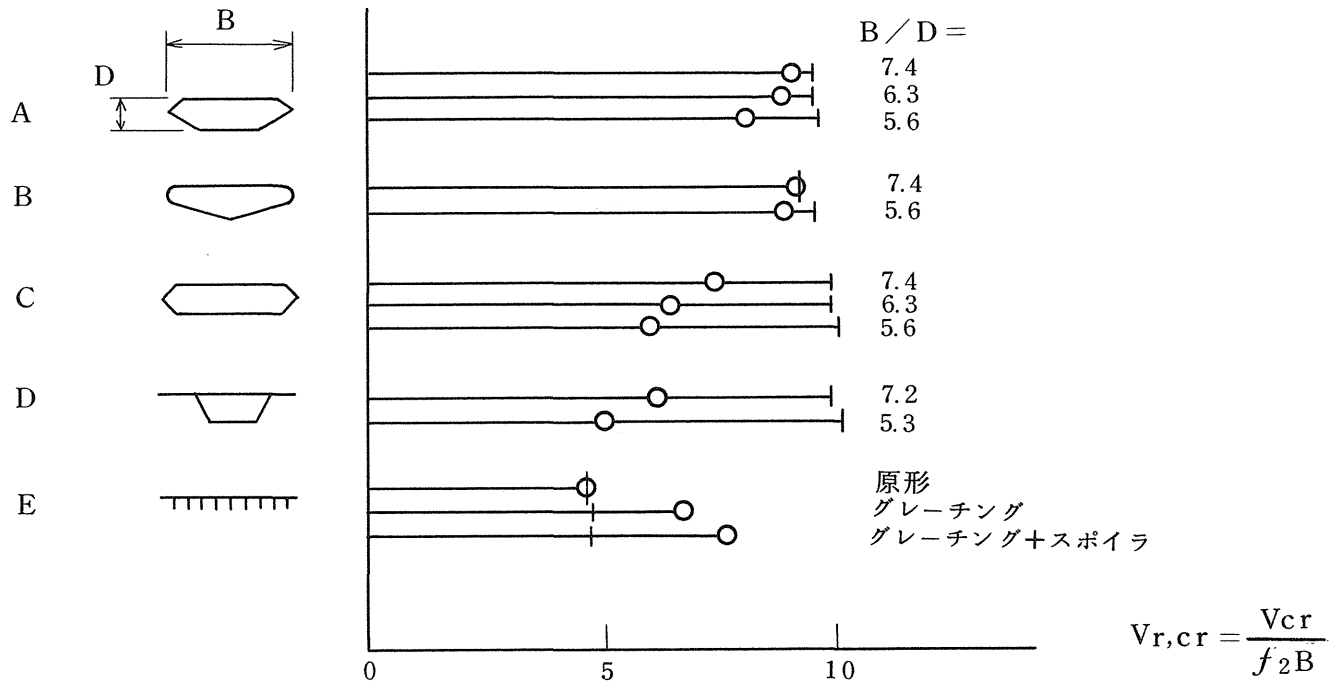


No.	Section type ;		No.	Aerodynamic mean ;	
0	Rectangular box		0	No mean	
1	Rect. box and deck		1	Flap	
2	Trapesoidal box and deck		2	Fairing	
3	2 boxes and deck		3	Deflector	
4	2 side boxes		4	Skirt, Baffle	
5	Pai, H		5	Covering	
6	Hexa		6	Grating	
7	Flat plate		7	Center barrier	
8	Shell		8	Splitter plate	
9	Double deck		9	Others	
10	Truss				
11	Others				

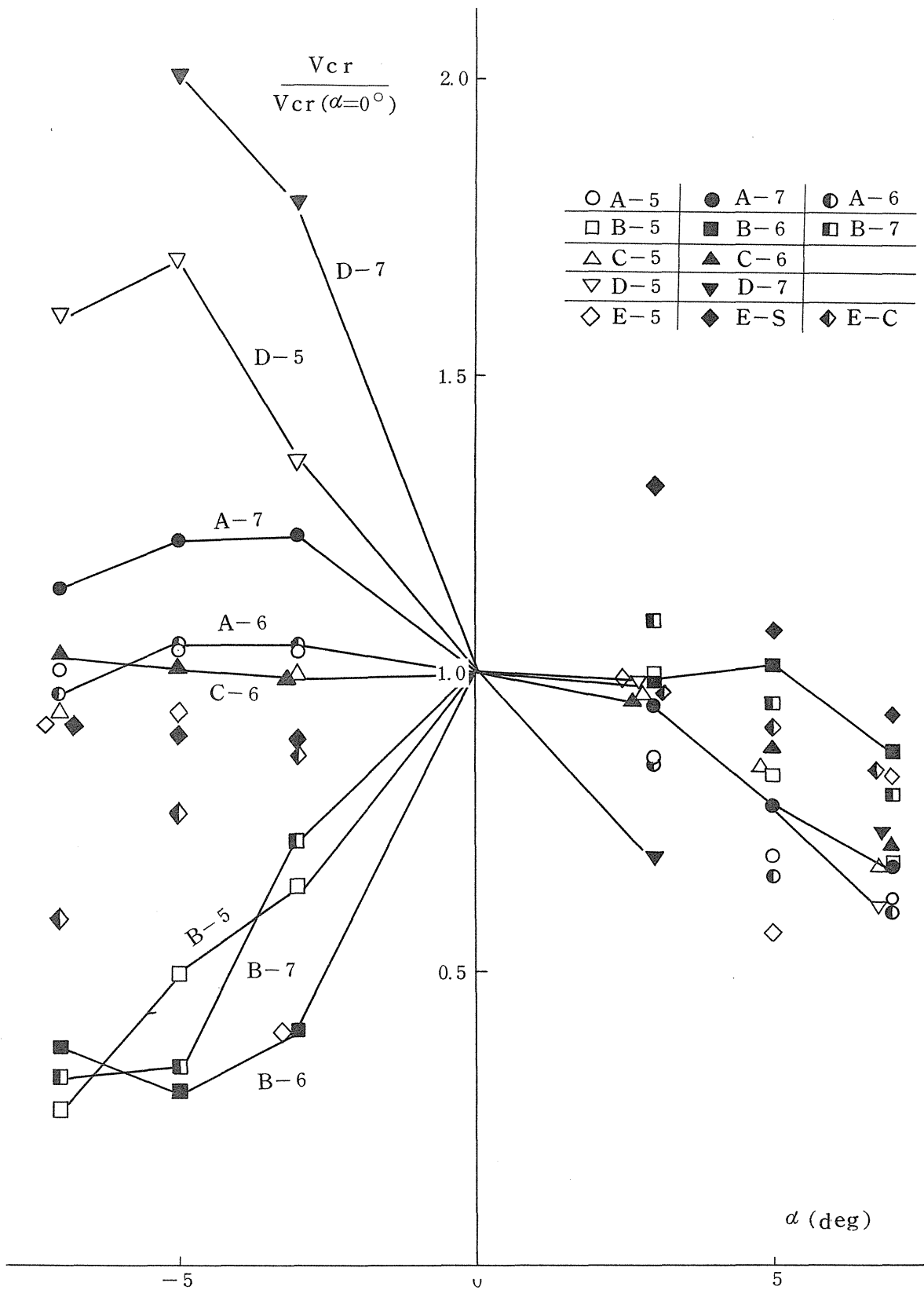


$$V_{r,cr} = \frac{V_{cr}}{f D}$$

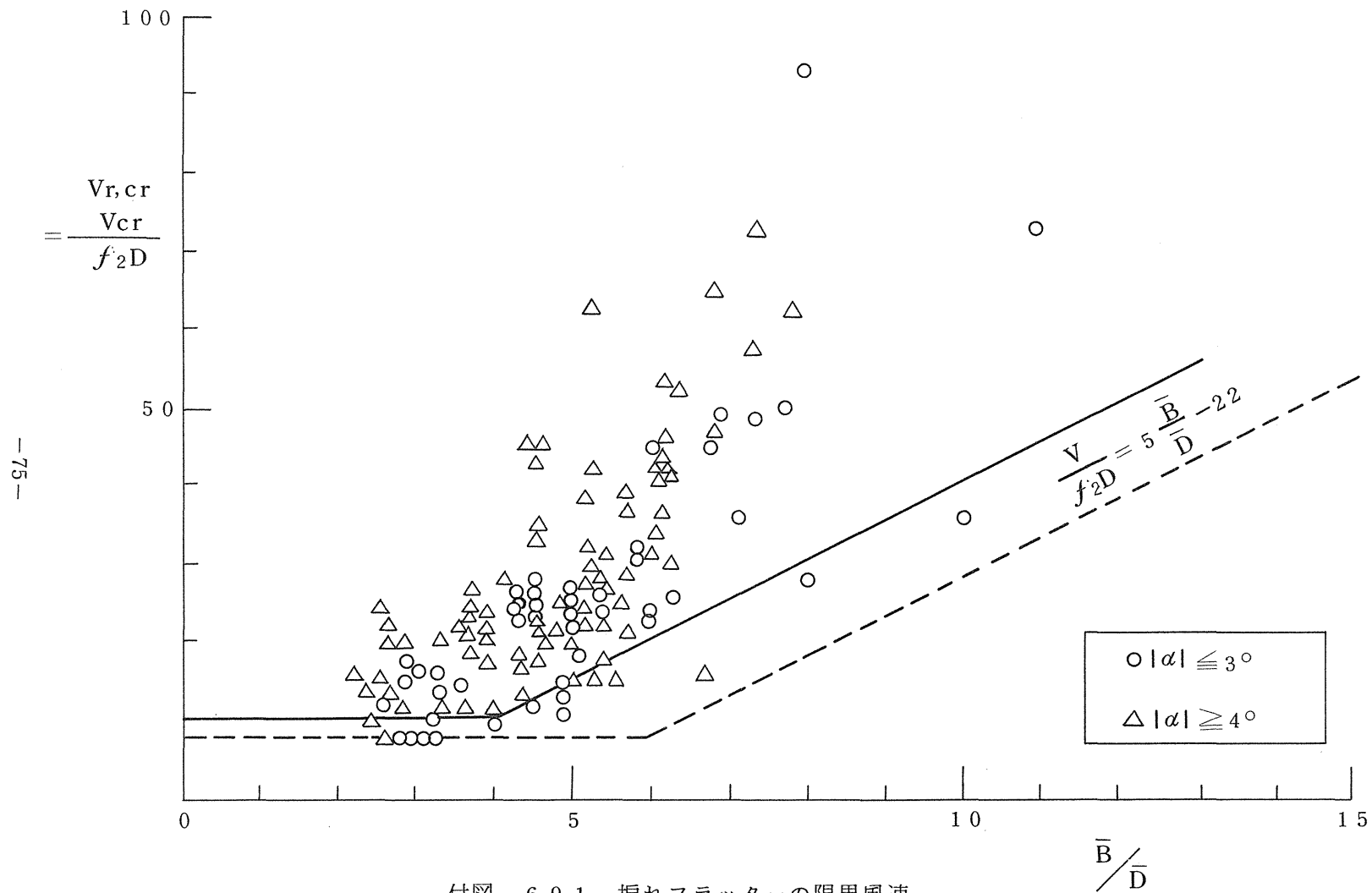
付表－ 6. 2 断面形状と制振対策（フラッター）



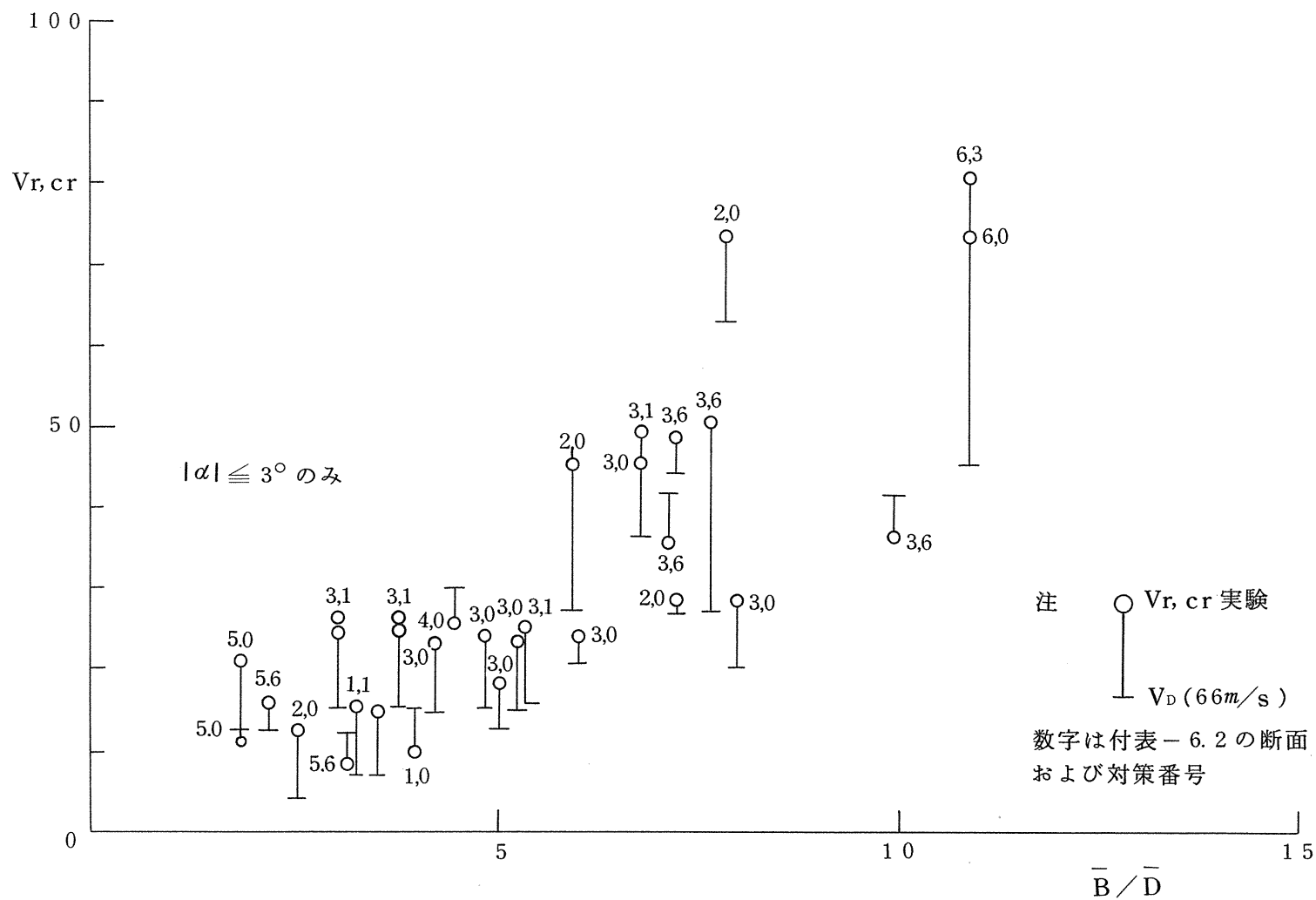
付図－6.8.1 曲げ振れフラッター限界風速の実験値（○印）と Selberg 式による計算値（| 印）の比較



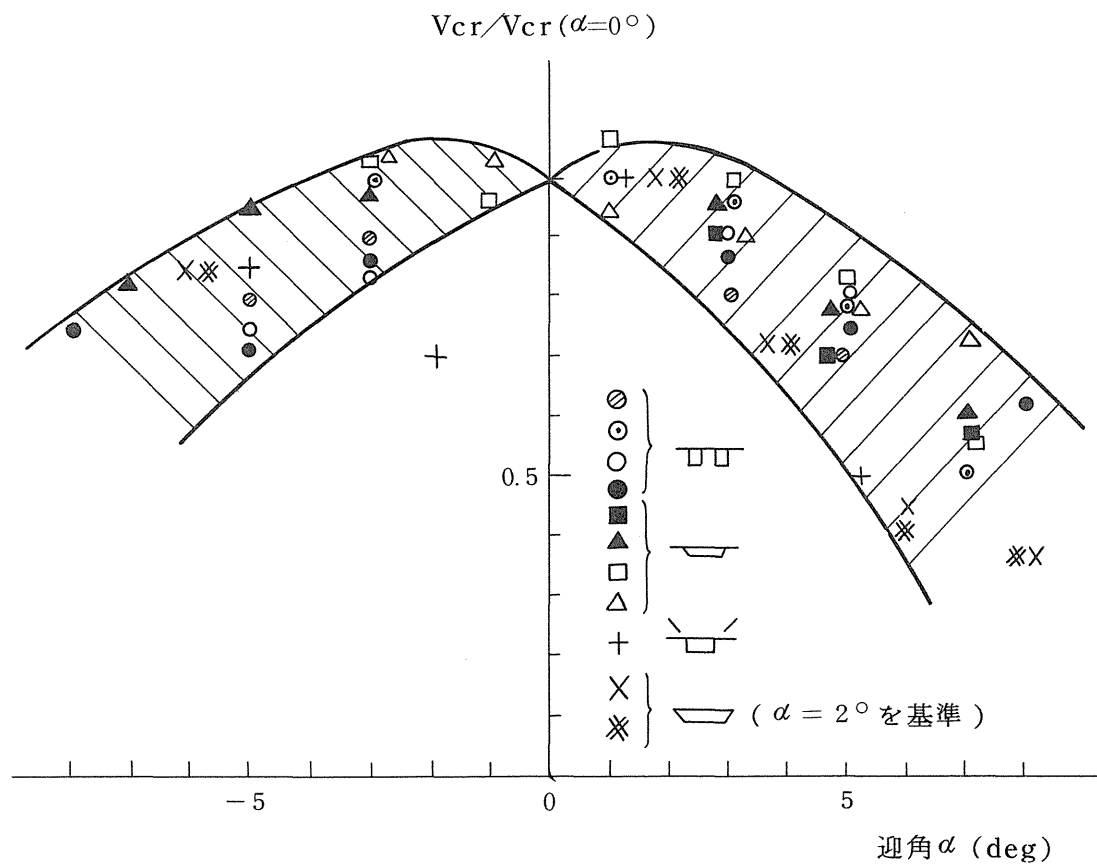
付図-6.8.2 迎角による曲げ捩れフラッター限界風速の変化



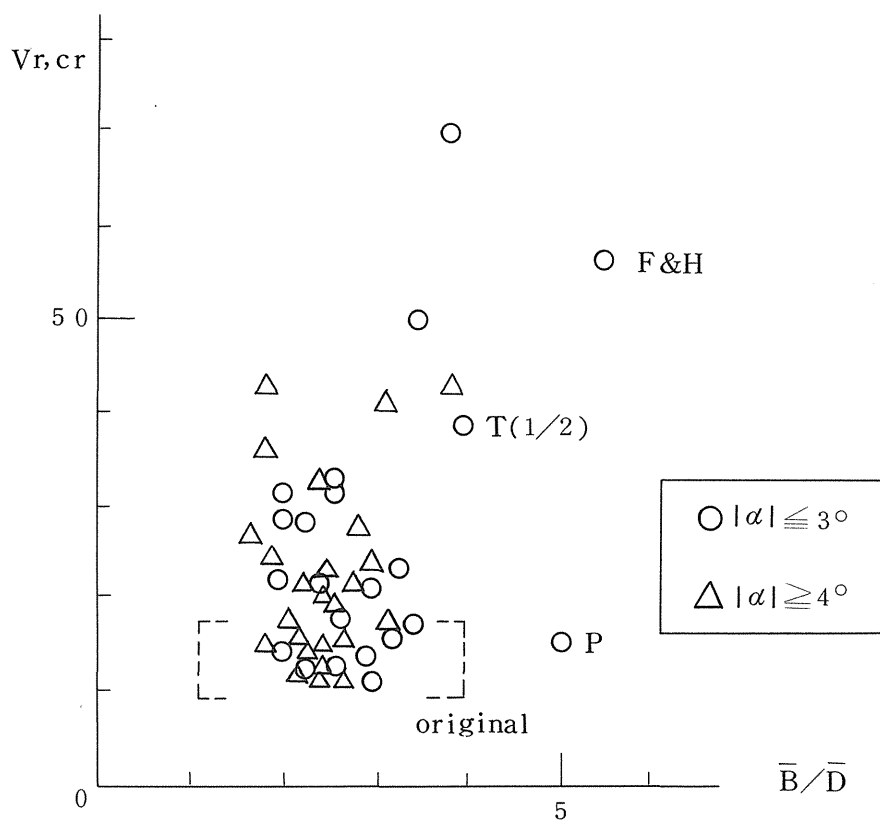
付図-6.9.1 捩れフラッターの限界風速



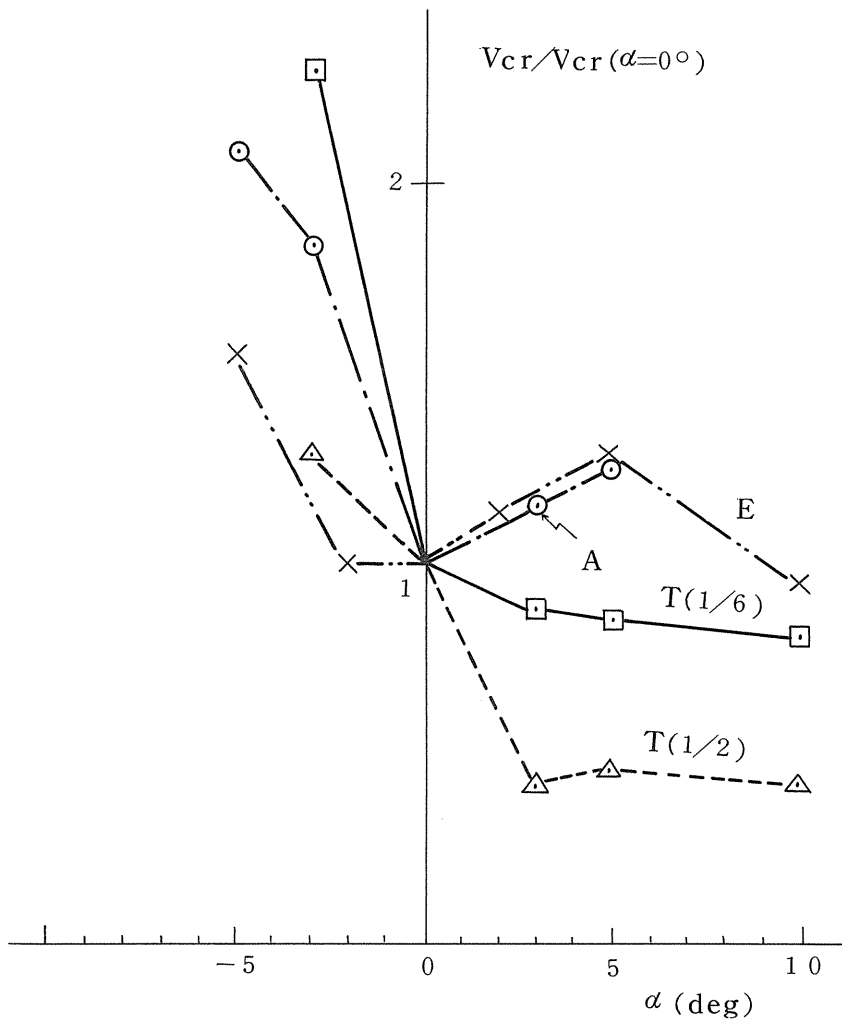
付図-6.9.2 捩れフラッター  $V_{r,cr}$  (○印) と設計風速 (—印) との比較



付図- 6. 9. 3 迎角による捩れフラッター発振風速の変化



付図 - 6.10.1 ギャロッピングの発生風速



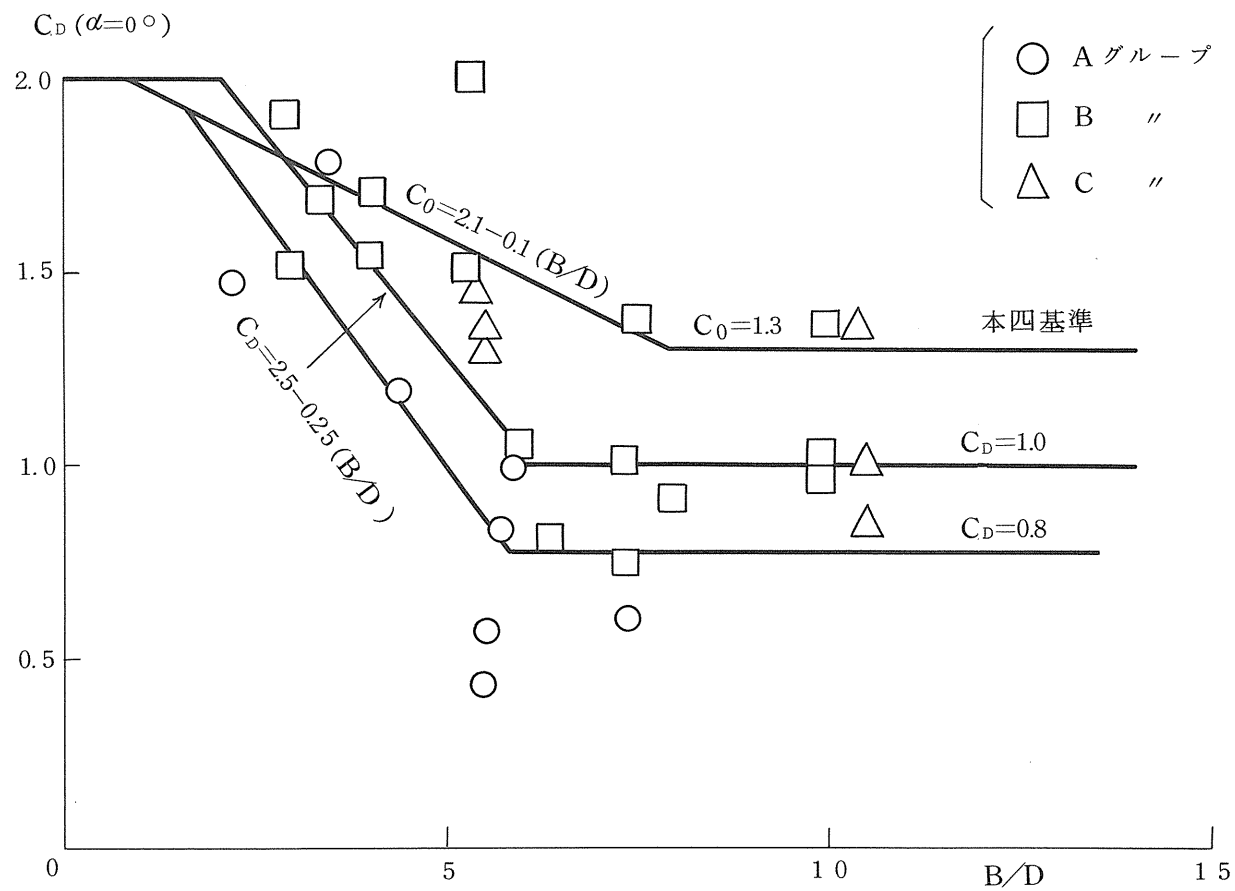
付図－6.10.2 ギャロッピング発生風速の迎角による変化



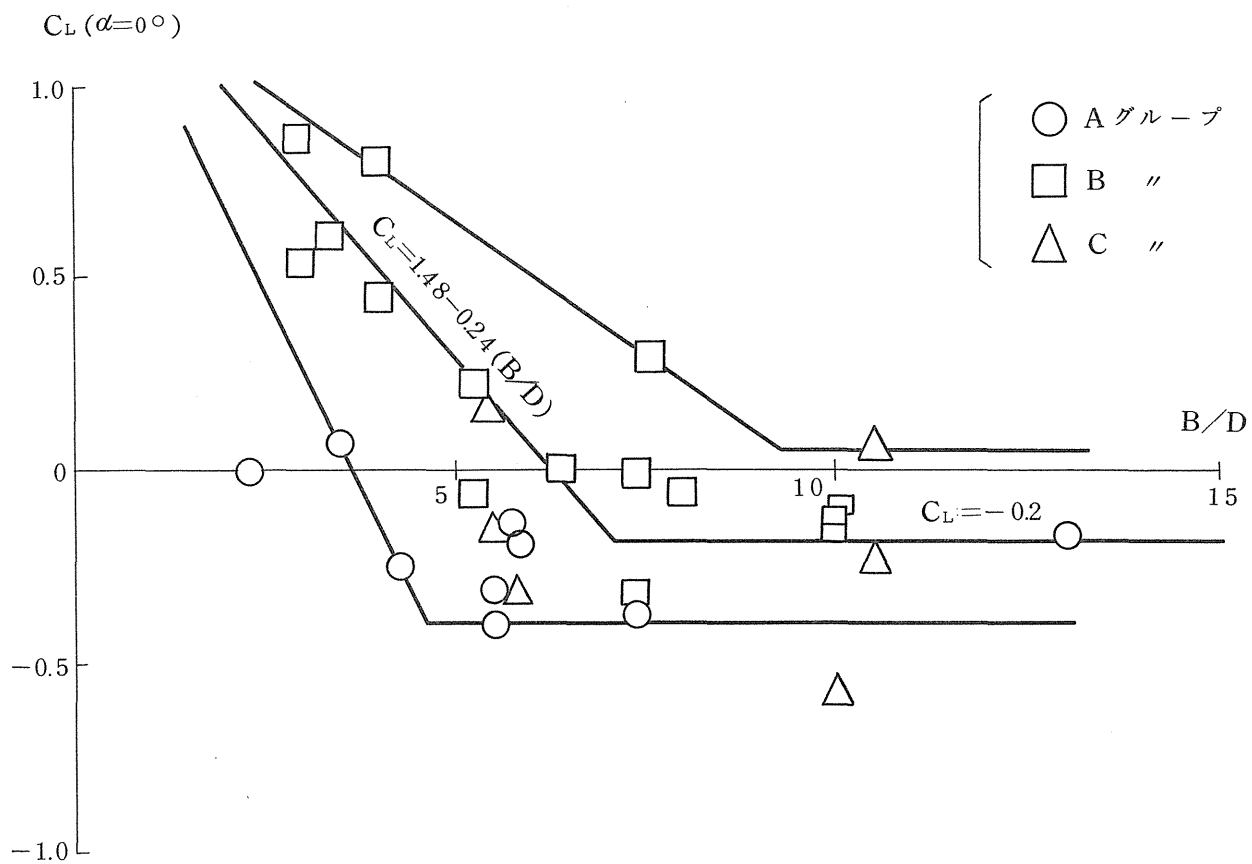
断面	対策	B	E'	D	$\bar{B}/\bar{D}$	断面	対策	B	B'	D	$\bar{B}/\bar{D}$
2	0	20.5	7.0	3.1	6.61	2	2	18.5	7.0	2.8	6.61
2	0	20.5	7.0	3.1	6.61	2	0 P	18.5	7.0	2.8	6.61
6	0	5.8	2.0	1.4	4.30	2	0	24.0	10.0	3.0	8.00
6	0 F	7.8	3.0	1.4	5.78	2	2	24.0	10.0	3.0	8.00
2	1 F	18.5	7.0	2.8	6.61	2	0 P	23.6	11.0	3.2	7.38
5	0 P	10.0	10.0	2.4	4.17	2	2 F	23.6	11.0	3.2	7.38
5	0	10.0	10.0	2.4	4.17	2	112	30.0	15.0	3.6	8.33
5	0 F	10.0	10.0	2.4	4.17	3	0	11.2	4.9	2.1	5.37
4	0 P	38.1	38.1	3.6	10.49	0	0 P	11.5	7.0	1.5	7.67
2	0 P	30.0	15.0	3.6	8.33	0	2	11.5	7.0	1.5	7.67
6	8	41.5	27.3	3.2	12.95	0	0 P	21.0	8.8	2.5	8.40
5	2	11.7	11.7	2.4	4.88	0	14	21.0	8.8	2.5	8.40
0	2 F	11.4	0.0	2.0	5.70	6	0 P	16.0	7.5	2.6	6.21
2	0	24.0	10.0	3.0	8.00	6	0 P	16.0	7.5	2.6	6.21
1	0 F	17.9	13.5	2.4	7.46	6	0 E	16.0	7.5	2.8	5.72
2	0 P	23.6	11.0	3.2	7.38	6	13	16.0	7.5	2.9	5.57
6	8 F	28.4	7.2	4.5	6.31	2	1	23.7	12.5	3.0	7.90
2	0	37.4	19.1	4.1	9.10	2	1	23.7	12.5	3.0	7.90
6	0	5.6	4.0	1.0	5.60	3	0	27.0	20.0	2.7	10.00
2	0	23.7	12.5	3.0	7.90	3	6	29.9	12.5	3.0	9.97
2	11 F	20.5	7.0	3.1	6.61	3	1	29.9	12.5	3.0	9.97
6	33 F	5.8	2.0	1.4	4.30	3	2	29.9	12.5	3.0	9.97
0	34 E	7.5	7.5	3.4	2.22	3	2	29.9	12.5	3.0	9.97
						3	0	29.9	16.0	3.0	9.97

F: Final Section, P: Original Section, E: Erection Stage

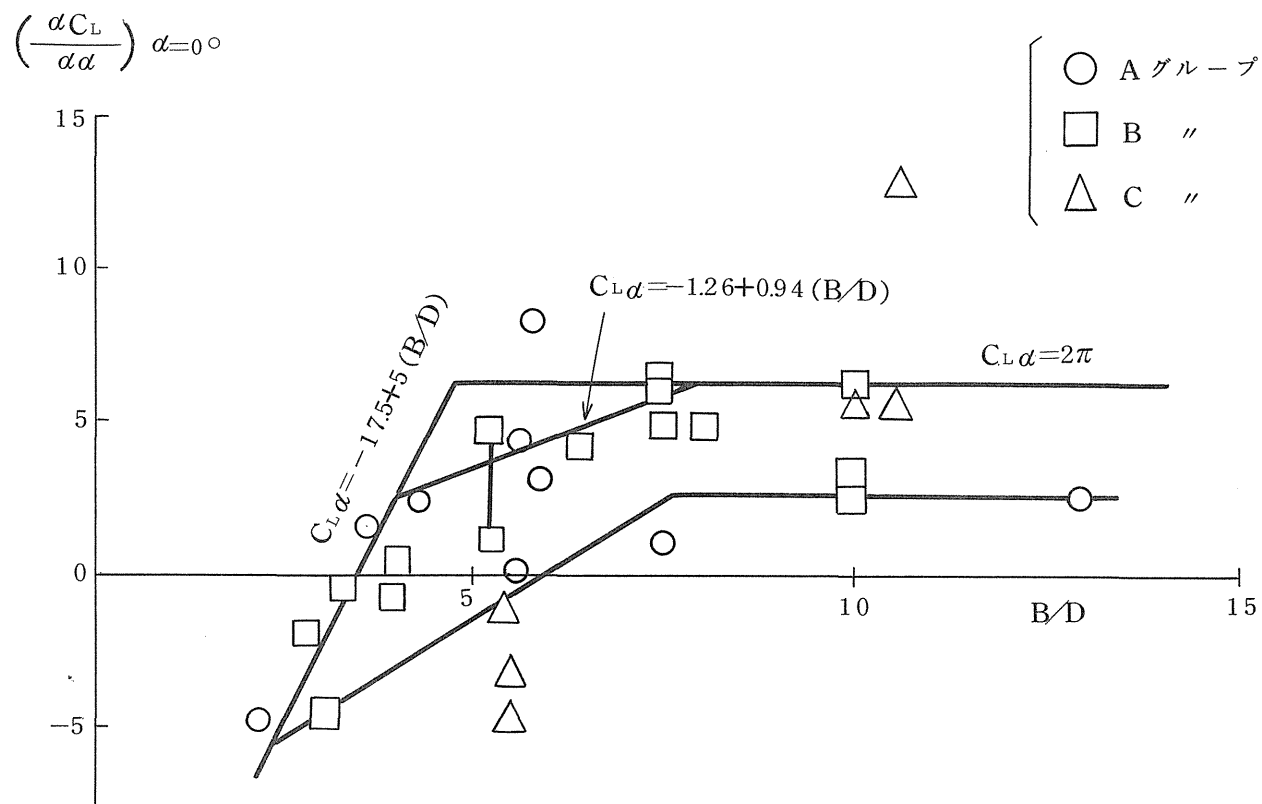
付表- 6.3 試験風速範囲内でフラッターが発生しない例



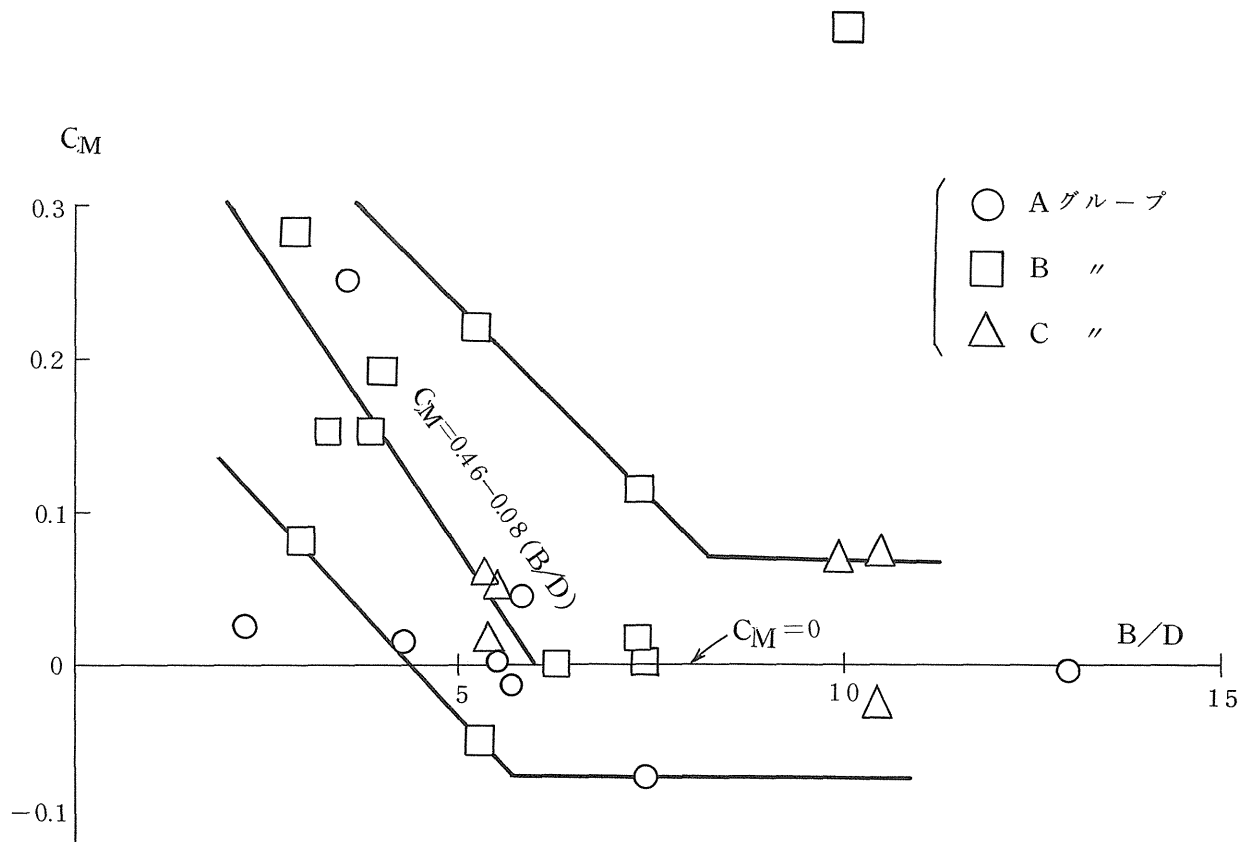
付図 - 6.11.1 抗力係数  $C_D$  と  $B/D$



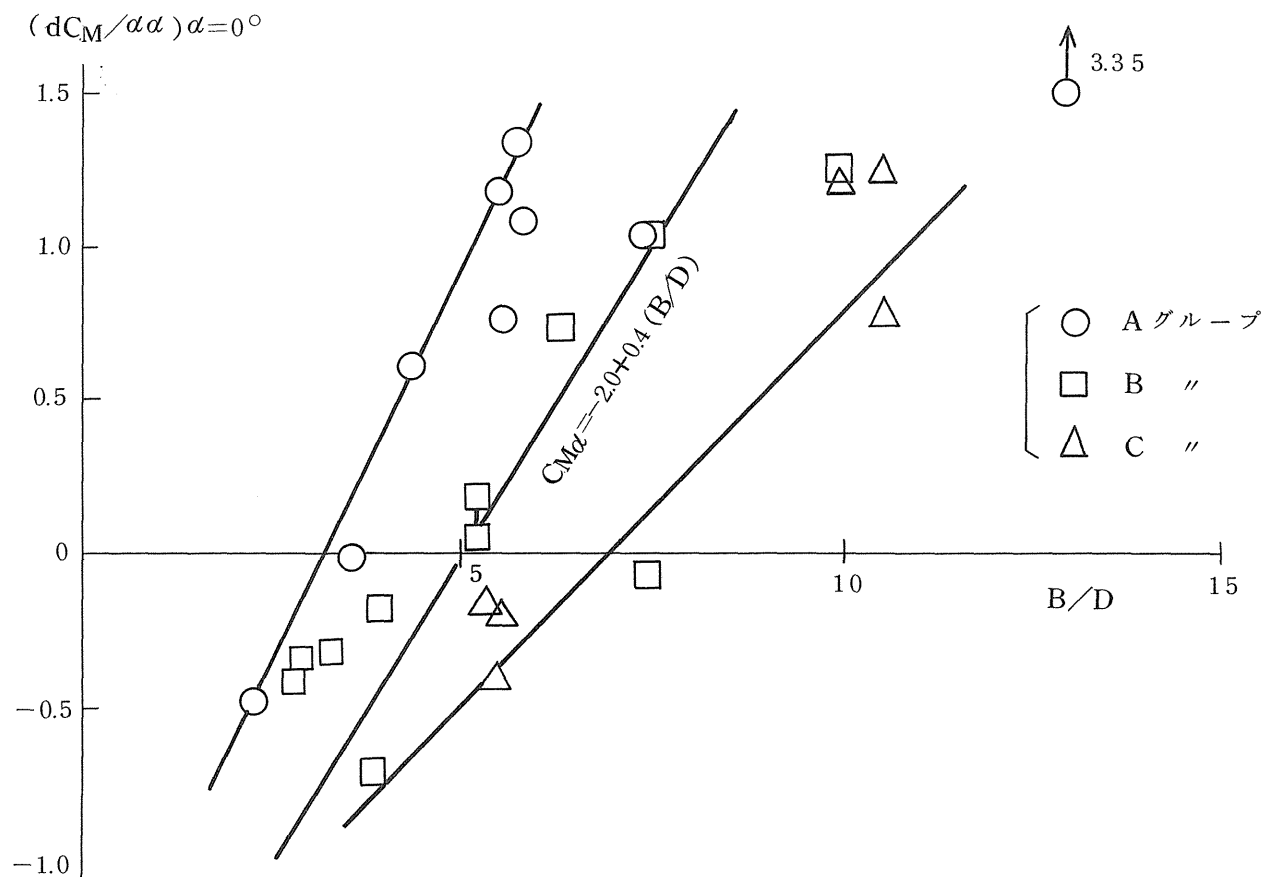
付図 - 6.11.2 揚力係数  $C_L$  と  $B/D$



付図 - 6.11.3 揚力勾配  $C_L \alpha$  と  $B/D$



付図- 6.11.4 空力モーメント係数  $C_M$  と  $B/D$



付図-6.11.5 空力モーメント勾配  $C_M\alpha$  と  $B/D$