

V. 小規模河川の水路装工について

農業水産部土地改良課	石井重蔵
旭川開発建設部	菊地吉一
小樽開発建設部	工藤徳昭

緒 言

昭和36年度の第5回開発局技術研究発表会には、表題の中間報告として、蛇籠工について調査し報告した。蛇籠工は過去において、排水路の装工護岸の材料として比較的多く使用されており、明渠排水に使用する材料としては、施工が簡単で価格が安く、適当な材料であることが解ったが、これは従来、応急工事に使われてきた工法であって、永久工法ではない。また、最近の工事量の増大に伴い、詰石量が不足し、したがって、採取運搬費がかさみ、工事費に影響することが多くなっている現状である。また、明渠排水事業が第2段階に入り、排水路の性格が特定の範囲から、公共的な性格をも多分にもっているもので、これからのことから今までのように簡易な工法から恒久的な施設として、耕地内の排水網の全面的な再整備を必要とするようになってきた。

開発局発足以来、土地改良事業による排水路の掘削延長は、600余kmに達し、過湿地帯の解消と、一時的過剰地表水の急速な除去に対する対策は着々とその効果をあげている。

しかし、これらの各路線も、施工後すでに10年の年月を経ており、そのほとんどが土水路の素掘りであることから、経年変化、管理の不十分による排水路の埋没、法くずれなどにより、排水機能がいちじるしく低下している現状である。

このような状態を多く見受けられるところから、工法、施工材料を再検討し、より高度な材料によって排水機能を保持するために、今後の設計のあり方、現設計の考え方について、最近の施工例から2、3検討して、今後の施工の参考になれば幸いと思い、ここに報告するものである。

1. 護岸または装工の必要性

切土または築堤の法面は、水理、気象などの自然条件により種々の障害を受けるわけである。すなわち、流水による法面の浸食、凍結、融解による法面の崩潰、草木の繁茂などである。

排水路の法面保護の目的は、流水による法面の浸食崩潰を防ぎ、法面からの湧水による欠漬を防ぐか、適当な工法で処理し、排水を迅速に行なう必要があるわけである。

過去において施工されてきた各種シガラ工は、その多くが2～3年で機能を失ない、法面保護の目的をはたし得ないばかりでなく、柳シガラのごときは、材料の柳が成育し、通水断面を狭くし、流水を阻害し、洪水時には越流して、耕地内に浸水する状態が非常に多くみられている。

これら排水路の障害は、護岸、装工をすることにより法面の浸食を防止し、雑草、樹木の生成をおさえ、流下洪水をすみやかに排除しうるわけである。

また、このための材料としては、排水路の性格からも維持管理の面からも、耐久性のあるものであることが望ましいわけである。

昭和37年度の蛇籠の耐久性の調査により、その耐久度は約10年程度であることが解ったが、さらにこれ以上の耐久性のある材料としては、一般的な材料としてコンクリートブロックがあげられる。

道内の明渠排水で、コンクリートブロックによる護岸、装工の施工はごく最近はじめられたばかりで、その施工延長もきわめて短かいものである。

したがって、設計数値の取り方、考え方などもまちまちで、その特性もあまり考えられずに施工されてきたようである。

今後排水路に多く使用されるものと思われるこのブロックの設計方針を樹立する必要があると思われるが、いかにせん施工実例が少なく、決定的な結論を出すにいたらなかった。しかし、今後も機会あるごとに資料を集めて基準を作成する意向である。

2. ブロックの形状について

現在、市販されているブロックは、その形状も多種多様であり、排水路の護岸、装工に使用する場合、特に形状、機能について、採用をあやまらないように注意しなければならない。

それは、排水路は、用水路と異なり、流量に変動があり、水路勾配、法勾配、粗度係数の決定などにあたり不定の要素が多分に含まれている。このため、ブロックの採用をあやまれば、排水機能に障害を生ずるのみならず、ひいては災害にもつながるわけである。

これらのことから考えて、排水路に使用するブロックの性質、形状の一応の目安としては、次のようなことがあげられる。

- a. 部分的な陥没や洗掘が、他に影響をあたえず、力学的制約を受けないものであること。
- b. ブロック1個の重量が、流速の上から、また安定上からも相当の重量であること。
- c. 土水路との組み合わせの場合、粗度係数があまり小さくないものであること。
- d. 施工が簡単、かつ、迅速にできる構造であるもの。すなわち、水替、水まわしの手数のかからないものであることが望ましい。
- e. 耐久性があり、かつ、安価なものであること。

これらの条件から考えると、現在製作販売されているブロックは、主として土面壁用、用水路装工用としてのものが多く、排水路の護岸、装工用としてのものは種類も少なく、また、構造的、水理的な条件についても、あまり追求されていないようである。

それ故、市販されているブロックを排水路に採用する場合は、その選定にあたり、特に注意を必要とするわけである。

次に法面保護の工法として、一般的に次のような方法で施工されている。

- 1) 排水路内の土層分布からみて法尻のみを保護する。
- 2) 年1度の洪水位(融雲洪水位、計画洪水位の4~6割程度)まで保護する。
- 3) 計画洪水位まで保護する。

これらの施工方法に適したブロックとしては、次のものがあげられる。

- (1) 積ブロック*
- (2) 連結ブロック(厚いもの)
- (3) 連結ブロック(板状のもの)

* この名称は、特定の商品名をあげたものではなく、便宜上その構造から名づけたものである。

(1) 積ブロック

積ブロックは、各々のブロックの単体の噛み合わせにより位置を保ち、安定しているもので、コンクリート擁壁のように全体が一体となって仕かないから壁体としては弱く、これが積ブロックの弱点ともいえるわけである。

一般に積ブロック工は、その安定上から緩勾配に設計し、主として背面の土砂の受働土圧により、安定しているものである。緩勾配に設計することは、一応安定度を増すものと考えられる。その反面、裏側への不等沈下を発生し、転倒、または、はらみ出しの危険が考えられるわけである。

それ故、積ブロックの崩潰、破壊の原因の多くは、背後土圧によるものではなく、基礎土質の不良による滑

動、背面土砂の不等沈下、流亡による空洞の発生などによるブロックの脱落や、全体が背面に引かれて生ずる破壊が主たる原因のようである。

これらを防止するためには、裏側の土質が軟弱であったり、部分的陥没や、流亡により空洞が生じても、ブロックが陥没しないこと。さらに水路側に脱落しないことが積ブロックの設計条件とならなければならない。

以上のことから、積ブロックは前面への安定が保障される限りにおいては、法勾配は可能なかぎり、急な法勾配としたほうが、全体の安定度は増大されるわけである。

a) ブロックの控長

積ブロックは、個々の自重が負担する部分の土圧に抵抗し安定しているものであるから、土圧が大きくなれば1個の厚さも厚く(すなわち、控長が長く)なるわけである。

したがって、設置箇所の土圧から控長が設計される。クーロンの土圧論から、主土土圧係数を次式により計算する。

$$c = \frac{\sin(\theta + \phi)}{\cos \alpha [\sqrt{\cos \alpha \cdot \sin(\theta - \delta)} + \sqrt{\sin \phi \cdot \sin(\phi + \delta)}]^2}$$

この式により、 $\theta \cdot \alpha \cdot \phi \cdot \delta$ に数値を代入し、 c を計算すると表 V-1 のようになる。この数値をプロットしたものが図 V-1 である。

この数値を用いて、各土質による積ブロックの積高を計算すると図 V-2~V-28 となる。

排水路の土質は、一般に条件の悪い場所が多い。また、良質な土質であっても、下部は飽和され、また、上部も湿潤状態にあり、土の内部マサツ角は大きくても、粘着力が小さいから、土質状態は不安定なわけである。

積ブロックの場合、特に急勾配水路をのぞいては、床張を行なわないから、基礎の滑動、洗掘を防止しうるに十分な基礎であることが必要なわけで、積高の制限や、基礎の工事費の増加などの問題が生じてくる。

また、粗度係数の相異から、洗掘の問題も当然重要なこととなる。

現在、市販されているブロックの形状から、粗度係数の設計数値は、一応の目安として次のような値を用いている。

イ) ブロック数個によって1断面を構成し、表面が平滑なもの。

$$n = 0.016 \sim n = 0.018$$

ロ) ブロック数個によって1断面を構成し、表面に浅いへこみのあるもの。

$$n = 0.017 \sim n = 0.019$$

表 V-1 土質別土圧係数(c)の表

δ ϕ β	0°				10°				15°				20°			
	20°	25°	30°	35°	20°	25°	30°	35°	20°	25°	30°	35°	20°	25°	30°	35°
3	0.633	0.548	0.473	0.426	0.597	0.519	0.451	0.390	0.567	0.496	0.432	0.376	0.542	0.477	0.417	0.363
4	0.687	0.604	0.529	0.462	0.648	0.571	0.505	0.442	0.615	0.546	0.483	0.425	0.589	0.524	0.465	0.411
5	0.749	0.666	0.591	0.522	0.704	0.630	0.563	0.500	0.670	0.600	0.538	0.479	0.638	0.576	0.518	0.463
6	0.815	0.732	0.655	0.586	0.764	0.693	0.624	0.559	0.723	0.658	0.595	0.537	0.690	0.647	0.572	0.518
7	0.895	0.823	0.735	0.662	0.839	0.765	0.697	0.631	0.794	0.727	0.664	0.605	0.756	0.695	0.638	0.583

法勾配	β
1 : 0.3	73°~18'
1 : 0.4	68°~11'
1 : 0.5	63°~26'
1 : 0.6	59°~02'
1 : 0.7	55°~0'

$$c = \frac{\sin^2(\theta + \phi)}{\cos \alpha [\sqrt{\cos \alpha \cdot \sin(\theta - \delta)} + \sqrt{\sin \phi \cdot \sin(\phi + \delta)}]^2}$$

ハ) ブロックの大きさが断面に比較して小さく、表面のへこみが大きで、石積に近いもの。

$$n = 0.018 \sim n = 0.020$$

以上のとおりであるが、土水路の設計粗度係数は $n = 0.030$ を使用しているから、先の粗度係数との相異から洗掘を起すことが考えられる。河床を構成する土質が細粒質の場合は、特にブロックの粗度係数を考慮し、部分的な床張りなどの工法が必要である。

床張りをしない場合は、粗度係数が 0.025 以下にならないようなブロックを採用することが望ましい。

以上のように積ブロックを排水路に使用するには、多くの未解決の要素が含まれており、用地問題などで止むを得ない場合をのぞいては使用せず、また、使用する場合でも土質的、地域的な見地から十分検討のうえあまり高く積まず、融雪洪水位程度にとどめることが望ましいわけである。

(2) 連結ブロック(厚みのあるもの)

数個のブロックを鉄筋、または鉄線で連結し、法覆する工法である。

便宜上、連結ブロックと名付けたが、積ブロックに対し、張ブロックといえよう。

連結ブロックが、積ブロックと異なるところは、力学的になんら制約を受けず、単に法面を保護している簡単なものであることである。

反面、このために法勾配をあまり急にできない欠点もある。

しかし、排水路の断面のあり方としては、用地の制約を受けなければ、法勾配を緩かにし法覆するのが理想的といえる。

次に小樽管内で施工した連結ブロックについて施工例を上げてみる。

この排水路は、ヤチナイ地区の幹線排水路で、背後地の山林および農耕地内の水路であるが、後背山林の乱伐による山地からの洪水流下速度がきわめて速く、農耕地内の河岸の欠潰が激しく、河床は上昇し、融雪あるいは豪雨時には各所で氾濫していたが、河道を整理し、落差工をもって勾配を匡正し、ブロックにて護岸を行なった。

a) 諸 元

土 質:	礫混り土	施工延長	909 m (37 年度)		
工 期:	40 日間	敷 幅:	5.00 m	法:	1:1.5
切 深:	1.70 m	流 量:	16.612 m ³ /s	流 速:	2.41 m/s
水 深:	1.05 m	粗度係数:	0.025	勾 配:	1/400~1/500

b) 施 工 結 果

イ) 施工が簡単で、1日両岸 20 m の施工進度であった。

ロ) 施工期間中は水深が 0.40~0.20 m であったが、水替え、水まわしの必要がなく、この経費が節約された。

ハ) 形状の異なるブロックを交互に配列したので粗度係数が適当な値となった。

* 設計粗度係数は $n = 0.025$ で施工後の状態をみると、ブロックの間に土砂が堆積して一応安定している。

ニ) 結束鉄線で横方向の連結もしたので、移動の心配がない。

ホ) 使用したブロックの重量は 38 kg のものと 85 kg のものであるから、安定上、特に流速に対する抵抗は十分で、ブロックのみを考えると、4.00 m 以上の流速にも抵抗しうるものである。

反面、短所と思われるのは、次のようなことがあげられる。

イ) 結束連結の鉄線が細いもの (3.2 mm—8#線) であるから切断した場合、脱落、転出の心配がある。

ロ) 水深の深い場合、ブロックの布設、鉄線の結束の作業が困難となる。

ハ) 急流河川で転石のある場合、ブロックの破損するおそれがある。

* この地区では、施工中に洪水が発生し、転石のため相当数のブロックが破損し、取替えをした。

以上のようなことであるが、さらに縦方向河床の浸食防止の方法として、30~40 m 間隔に、兩岸のブロックのたれを延長し、幅 5 m の床張を行なった。

工費の点では、従来、施工されてきた蛇籠工法に比べて多少の増となるが、材料の集積、耐久年数、制限流速を大きく取り得ることなどから考え合わせると、有利なものといえよう。

また、今後工事量の増大にともない、現場で大量に製作することにより、安価になるものと思う。

(3) 連結ブロック(板状のもの)

板状のブロックの四すみを相互に鉄線で結束するか、中に鉄線を通して連結する。

施工例としては、旭川建設部管内のデボツナイ地区で使用したものをあげる。

設 計

土 質:	泥炭	施工延長:	1,000 m	勾 配:	1/600
敷 幅:	5.90 m	法:	1:1.5	切 深:	2.50 m
流 速:	1.54 m/s	水 深:	1.72 m	流 量:	19.04 m ³ /s

デボツナイ地区は、昭和 35 年度に着工し、当初延長 300 m を、左右兩岸成木柵工(高さ 0.85 m)にて施工したが、昭和 36 年融雪後の状態をみると、立成木が倒れ、背面の詰石が流亡していた。

原因を調査してみると、成木は常時水中にあり、かつ、裏込材料の重量が増加し、加えて法面の土が軟弱となり、土圧を増大させ、また、冬期間の凍結により体積の膨脹で成木を前方に押し出し、そこへ融雪洪水がきて裏込材料が流亡したものと推定された。このため、昭和 36 年度から工法を変更し、コンクリート板ブロックとした。

施工方法は、計画河床下の土中に 1.20 m 間隔に丸太グイを打ち、横丸太にて連結し、法面のブロックの滑動をおさえ、ブロック相互の移動防止は、四すみを板厚の半分を欠いて鉄線を出し連結し、モルタルを填充した。

これは背面土砂の沈下に対してはともに移動し、流れに対しては一体となっているので安全と考えた。しかし 37 年の融雪洪水後の観察によると、背面土砂が流亡し背後に空間が生じ、ブロックにクラックが入っているのを発見した。これはブロックの大きさが原因と思われる。すなわち、このブロックは長さ 1.20 m、幅 0.30 m、厚さ 0.045 m、重量 A 型 35 kg、B 型 42 kg、E、F 型 21 kg のもので、それらの四すみをモルタルで填充していることから、背面土砂の流亡によって空洞となり、その上にスラブ状になり、自重と積雪荷重によりクラックが入ったものと思われる。

そのため 37 年度においては、これを改良した型、すなわち、法面土砂の流亡は板柵で防止し、ブロックの長さを 0.60 m として施工した。

また、縦方向の浸食防止には、捨玉石を幅 5 m で 50~100 m 間隔に施工した。

また、同管内のウツベツ上流地区は次のような条件で施工した。

土 質:	砂利交り土	施工延長:	200 m	勾 配:	1/340
流 量:	12.3 m ³ /s	流 速:	2.19 m/s	法:	1:1.5
敷 幅:	5.70 m	切 深:	2.20 m	水 深:	1.36 m

当初積ブロックで計画したが、本地区は排水路周辺が水田で、しかも法肩まで耕作されており、施工中の排水路の切替えが不可能なこと、基礎コンクリート打設の水替、仮切工の工事費の嵩むことなどから、単床ブロックに変更した。このブロックは、長さ 0.60 m、幅 0.15 m、重量 25 kg のものを設計したが、急勾配水路であることから重量を要求されるために、さらにこれを平板ブロックに変更した。

このブロックは、長幅とも 0.50 m、厚さ 0.07 m、重量約 40 kg のものを法面に 3 枚、河床に 1 枚を 6 mm の合銅線にて連結し、延長 40 m を一連として、継ぎ箇所は 0.30 m を合わせ、次のブロックに編んで行くものである。

このブロックは単純で平板なため、粗度係数が相当に小さいものと思われ、河床および法面のブロック上部に洗掘があるものと想像されるので、昭和 38 年の融雪洪水後に調査観察を行なう予定である。

また、この洗掘は当然予想されることであるから、現在 38 年度施工予定の箇所は改良型を設計中である。縦方向の浸食防止には鉄線蛇籠を 100 m 間隔に布設した。

結 論

以上のように道内の排水路でブロックを使用してまだ日も浅く、落差工などの構造物保護には用いられてきたが、これは水路内とは相当に条件も異なるので、水路装工護岸の材料としては、水理的構造的な条件について不明な点が多く、今後の課題として残されていることが多い。

しかるに明渠排水事業は、昭和 24 年をピークに現在伸長期にあり、今後 工法、施工材料についての調査研究がますます必要である。

現段階で不確定の要素が多く、確信のないまま施工していることもあるが、過渡期の現状からある程度止むを得ないことといえるが、施工にあたっては市販されているものを、そのまま使用することなく、地域的な条件を十分に考慮して、現場に適したブロックを設計して使用することが必要である。

今後土地改良事業の幹線明渠排水路のあり方としては、全線装工または護岸により排水網の整備による排水効果の上昇と機能の発揮を期待する次第である。

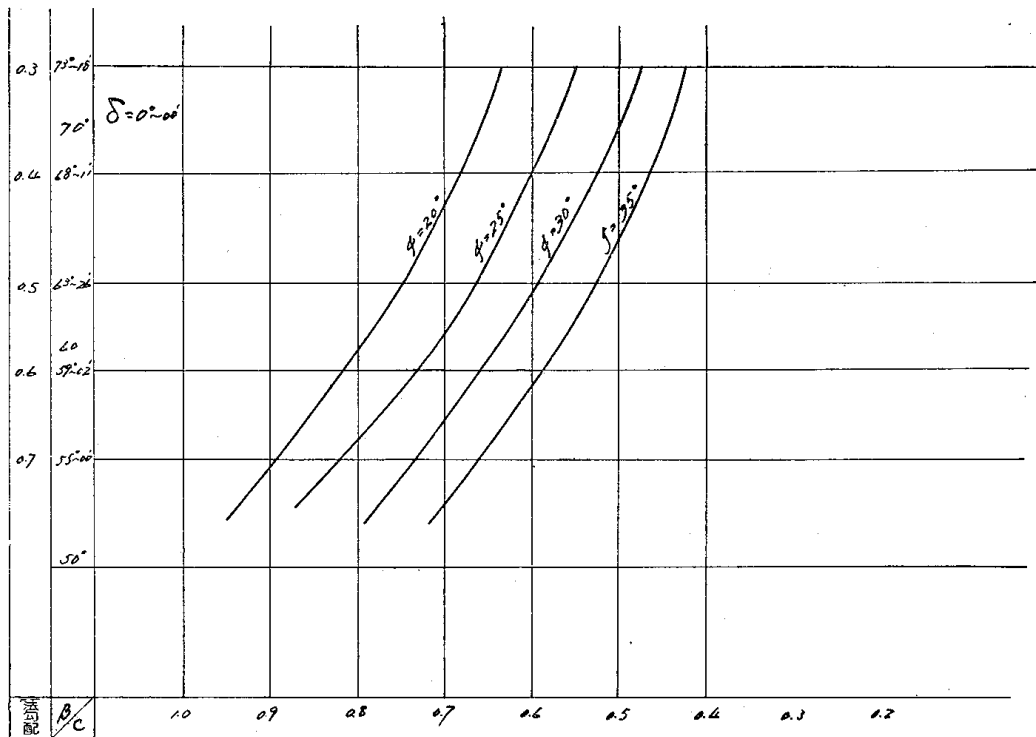


図 V-1

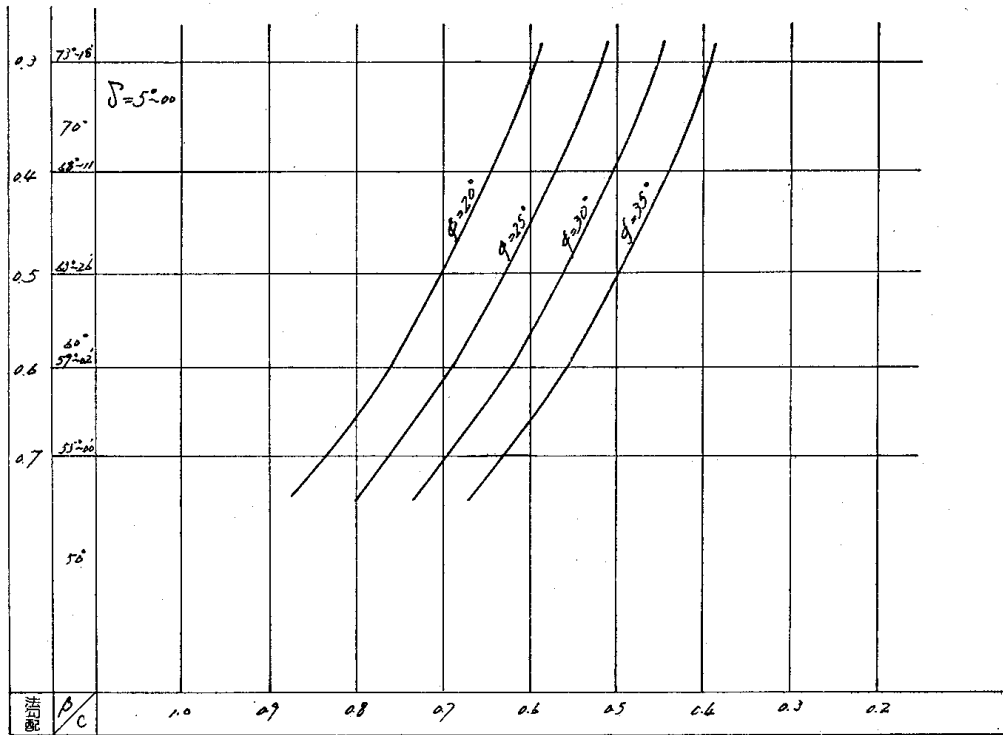


图 V-2

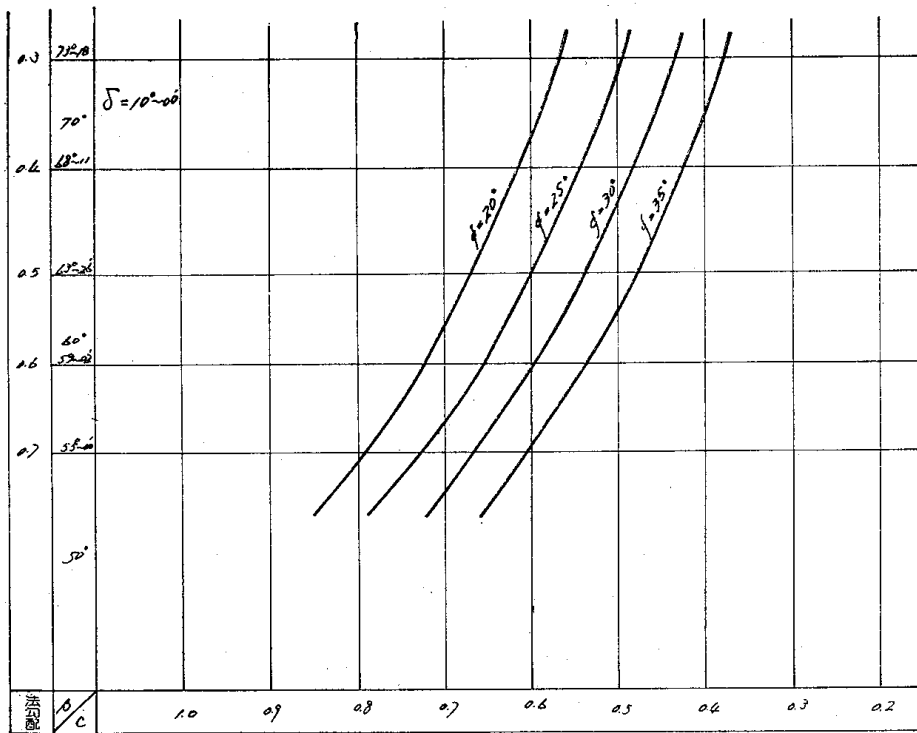


图 V-3

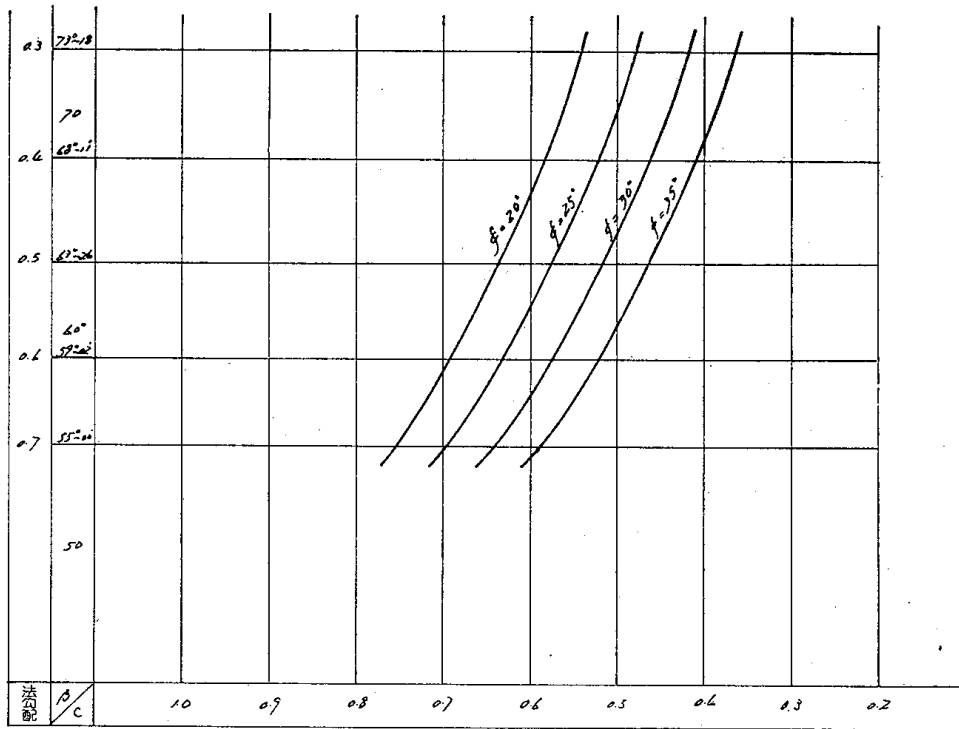


図 V-4

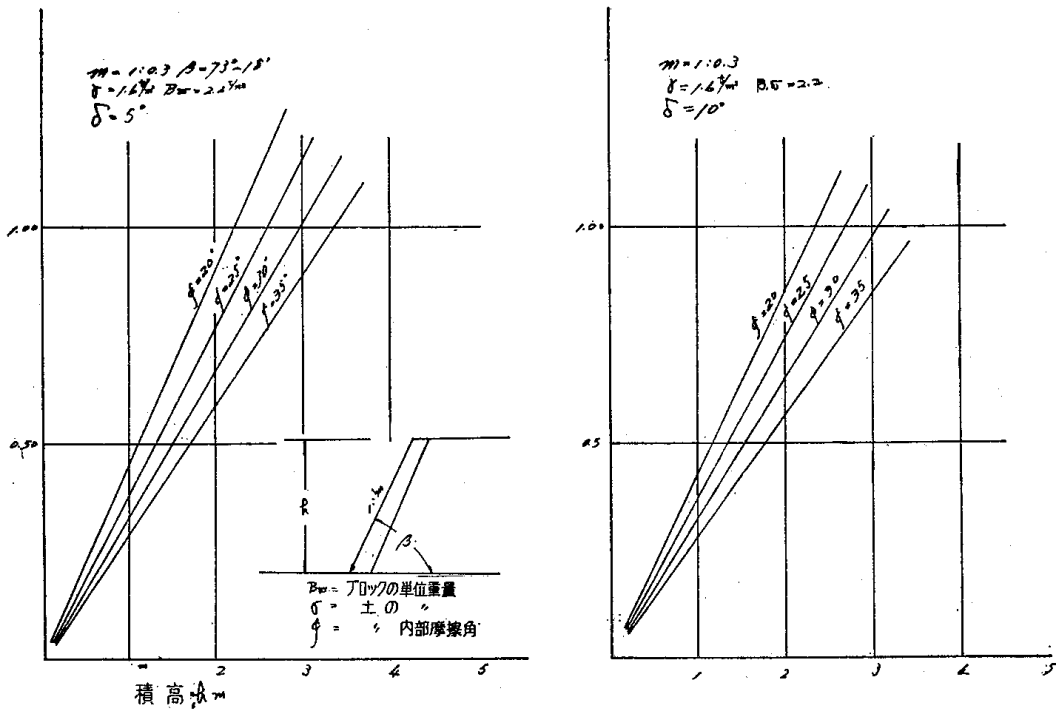
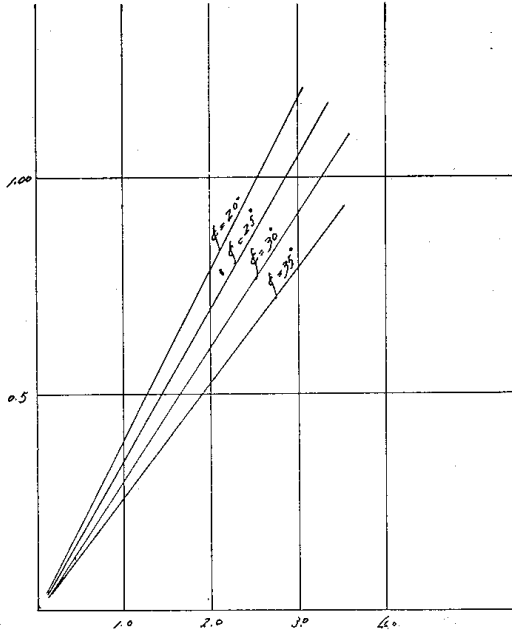


図 V-5

$m = 1:0.3$
 $\delta = 1.6$ $BW = 2.2$
 $\delta = 15^\circ$



$m = 1:0.4$ $B = 68^\circ - 11$
 $\delta = 1.6$ $BW = 2.2$
 $\delta = 5^\circ$

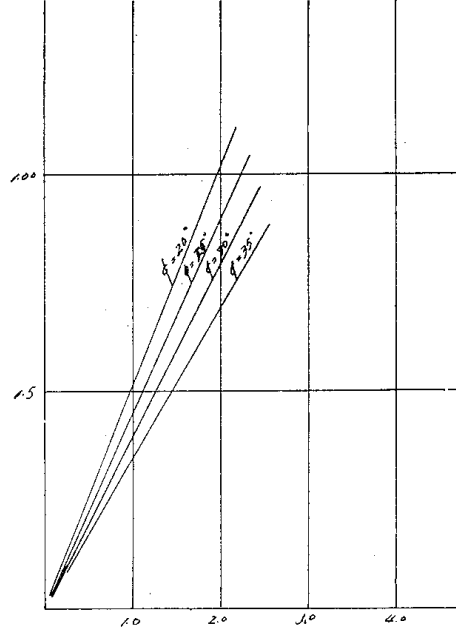
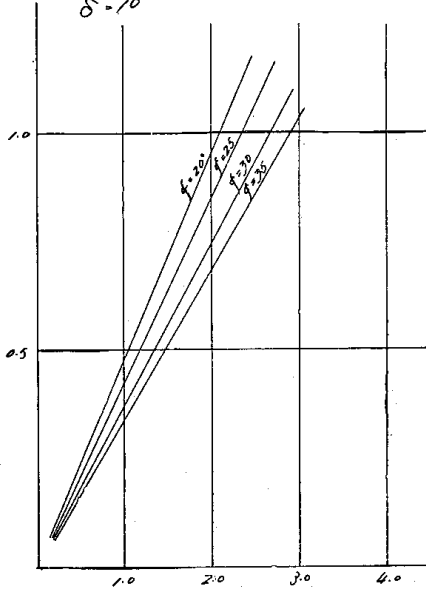


图 V-6

$m = 1:0.4$ $A = 68^\circ - 11$
 $\delta = 1.6$ $BW = 2.2$
 $\delta = 10^\circ$



$m = 1:0.4$
 $f = 1.6$ $BW = 2.2$
 $\delta = 15^\circ$

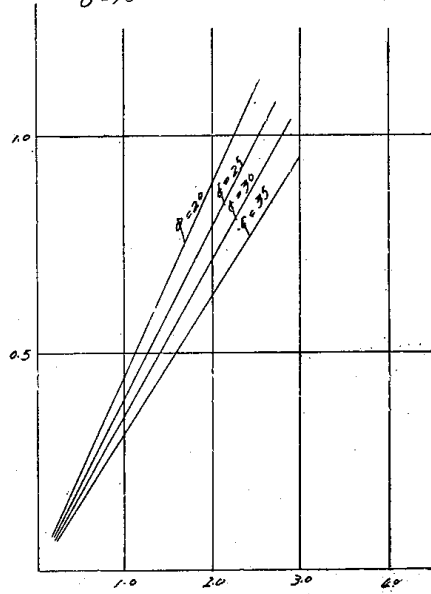
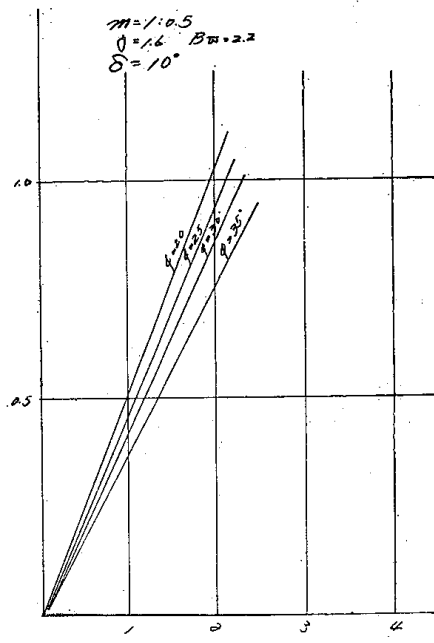
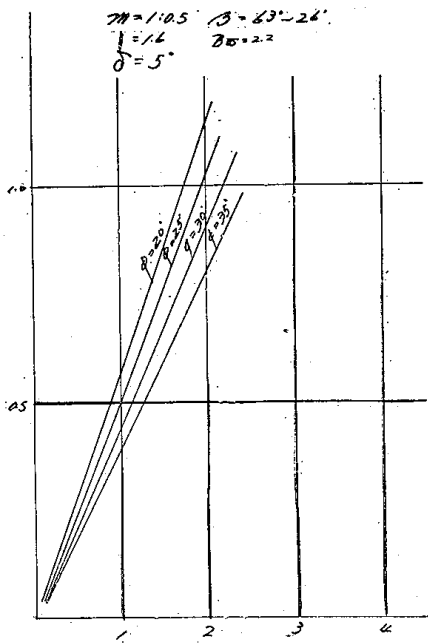
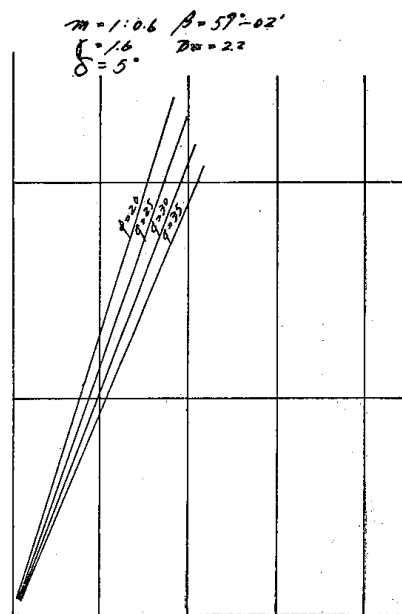
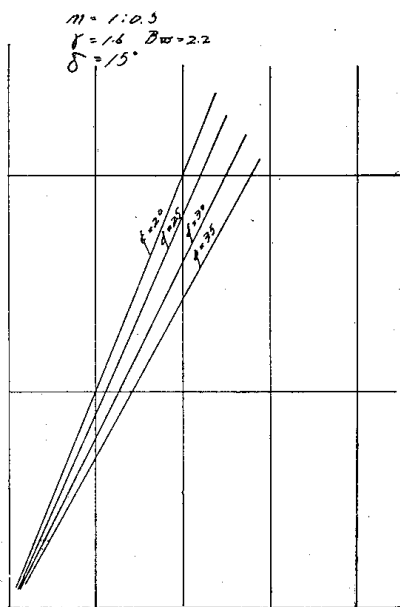


图 V-7



☒ V-8



☒ V-9

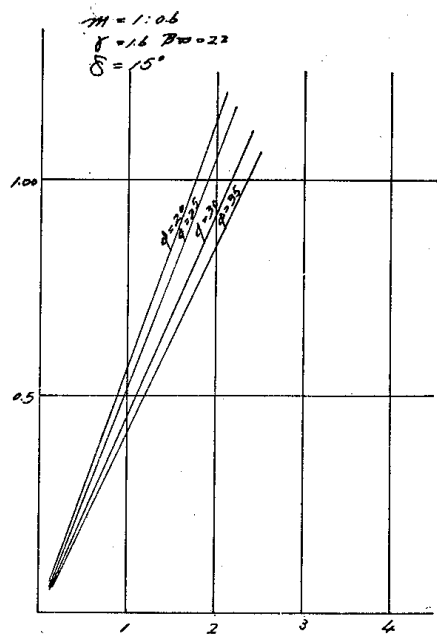
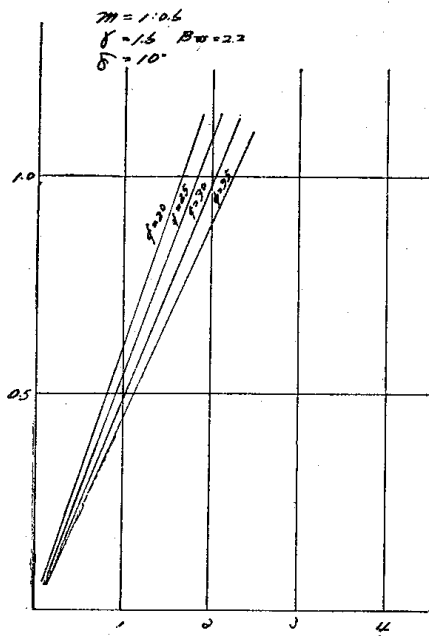


图 V-10

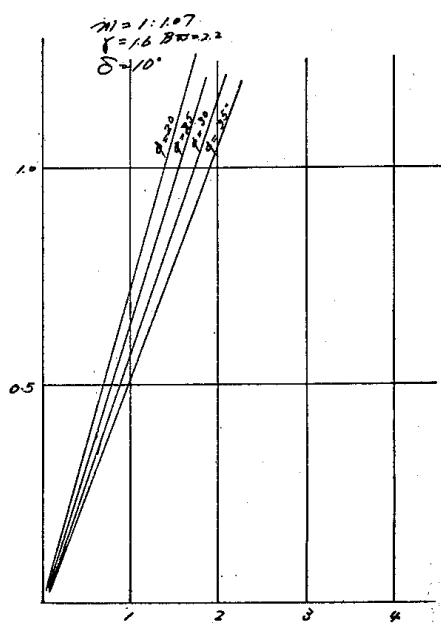
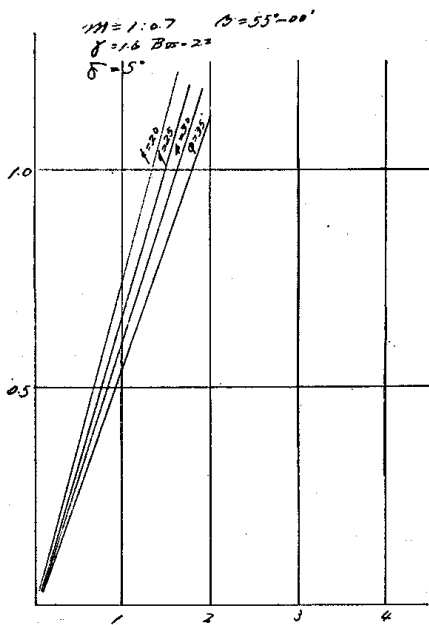


图 V-11

$m = 1:0.7$
 $\gamma = 1.6$ $B\sigma = 2.2$
 $\delta = 15^\circ$

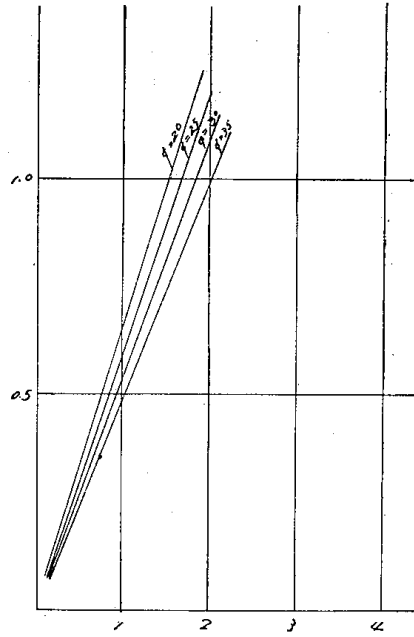
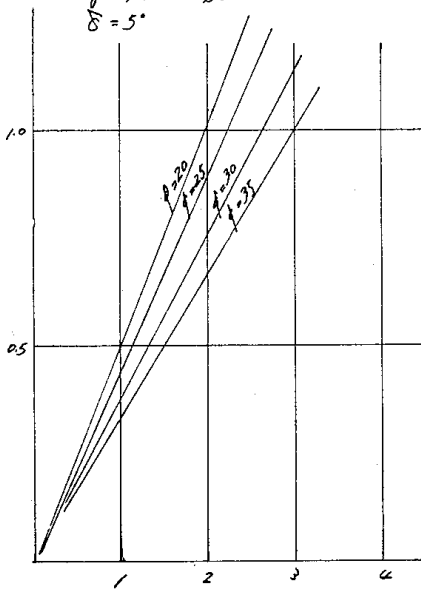


图 V-12

$m = 1:0.3$ $\beta = 73^\circ - 18'$
 $\gamma = 1.8$ $B\sigma = 2.2$
 $\delta = 5^\circ$



$m = 1:0.3$
 $\gamma = 1.8$ $B\sigma = 2.2$
 $\delta = 10^\circ$

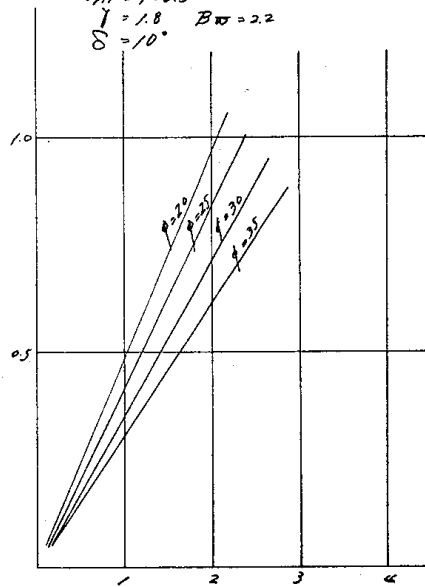


图 V-13

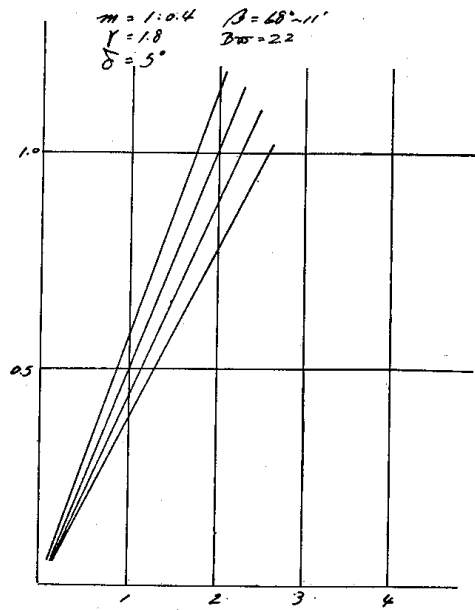
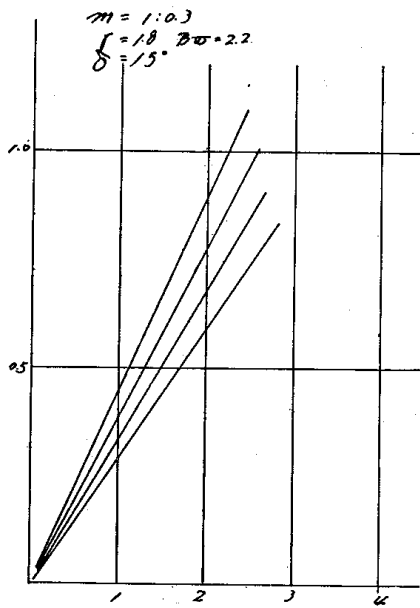


图 V-14

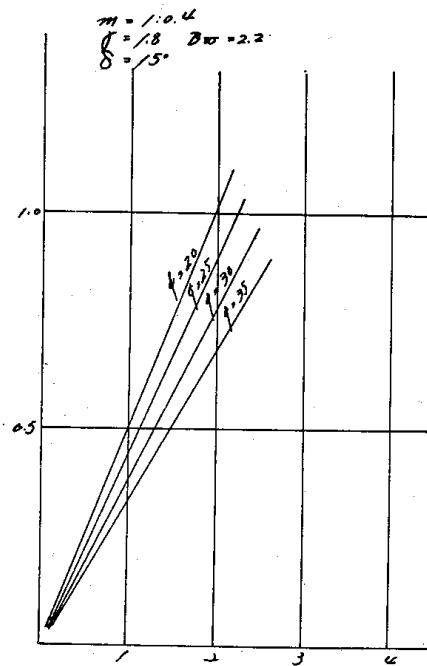
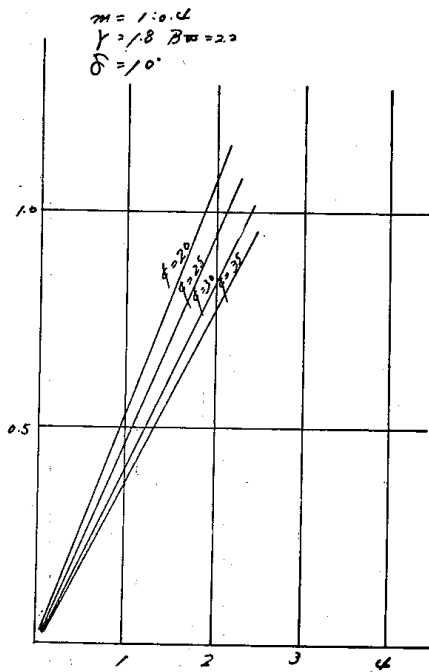


图 V-15

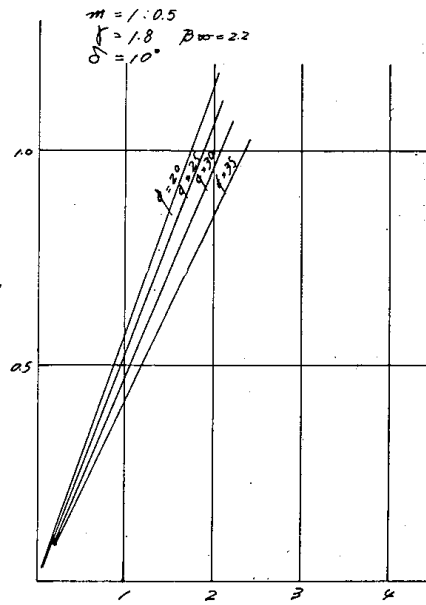
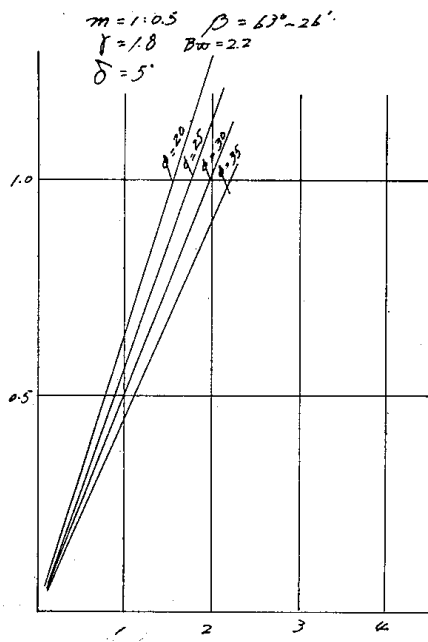


图 V-16

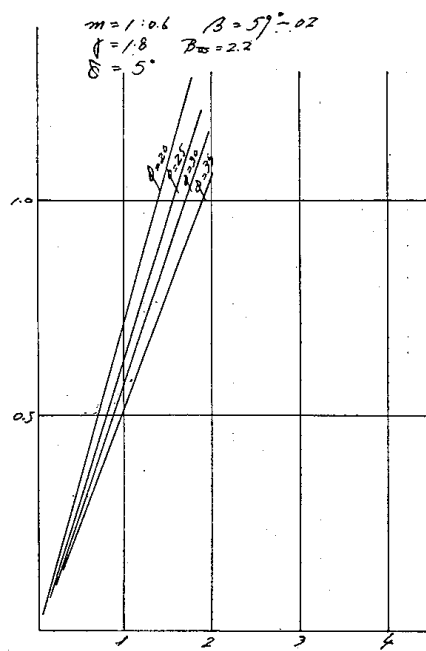
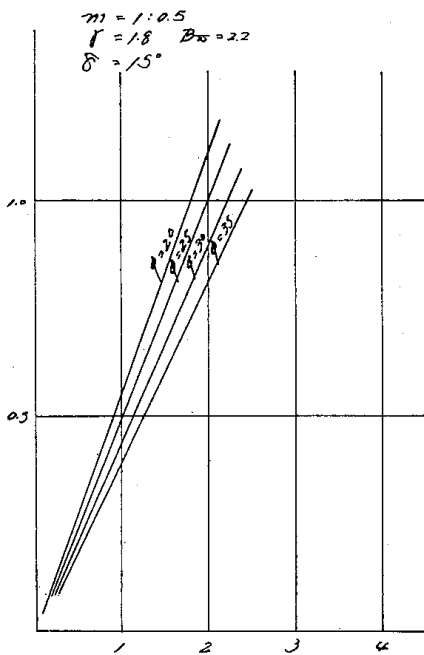


图 V-17

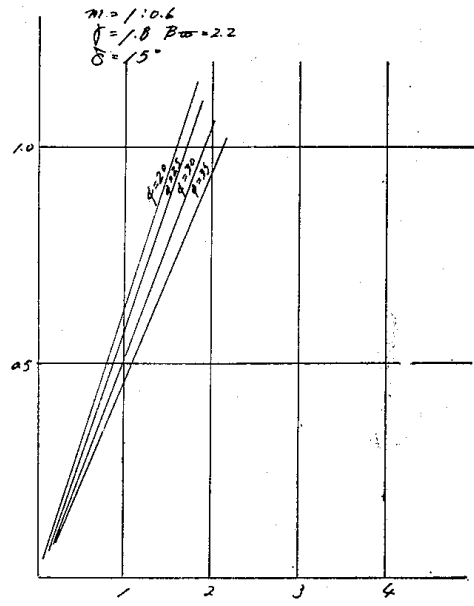
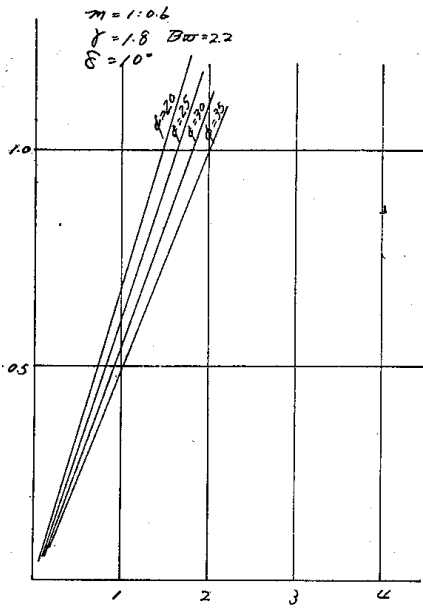


图 V-18

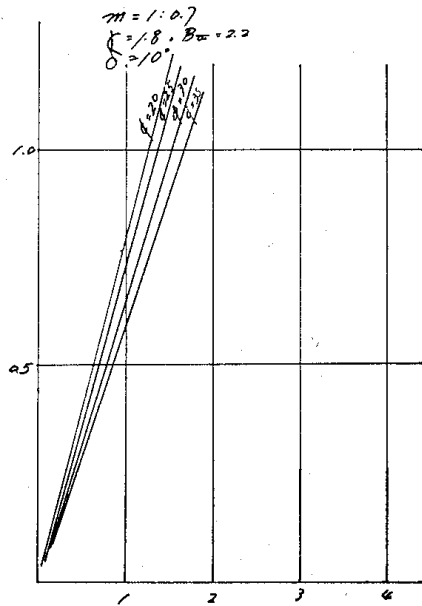
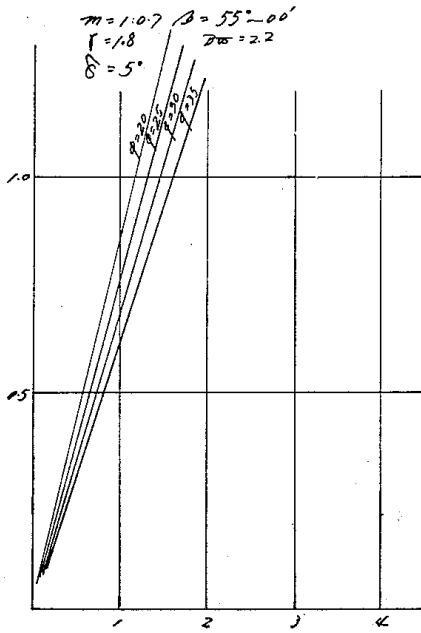


图 V-19

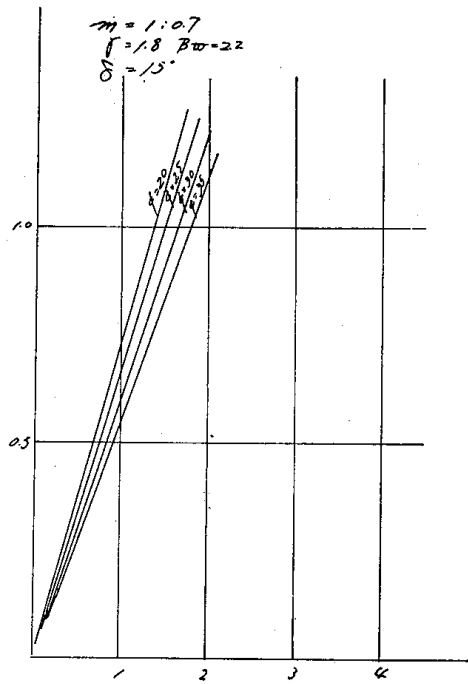


图 V-20

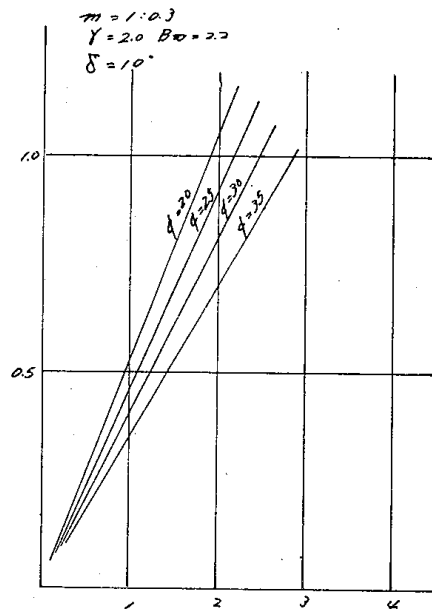
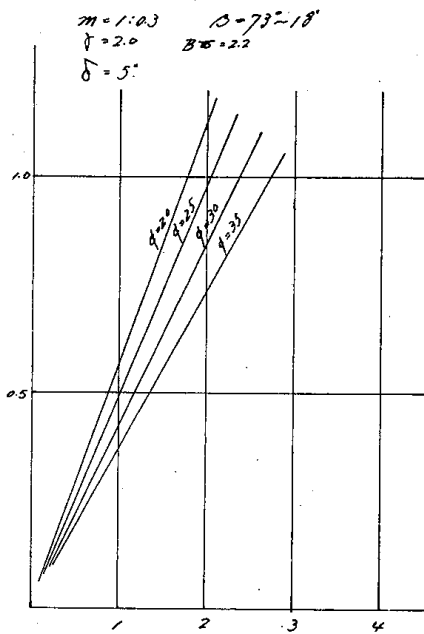


图 V-21

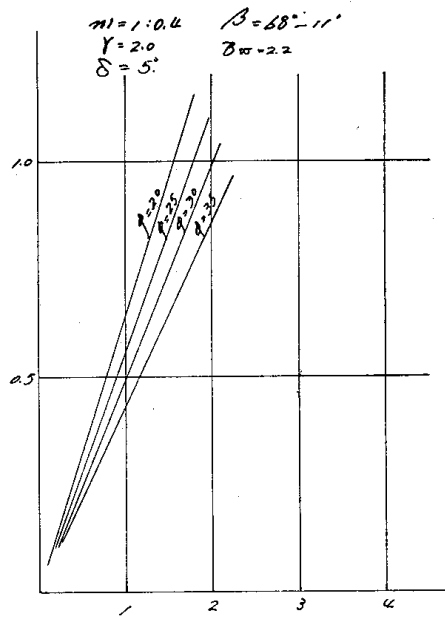
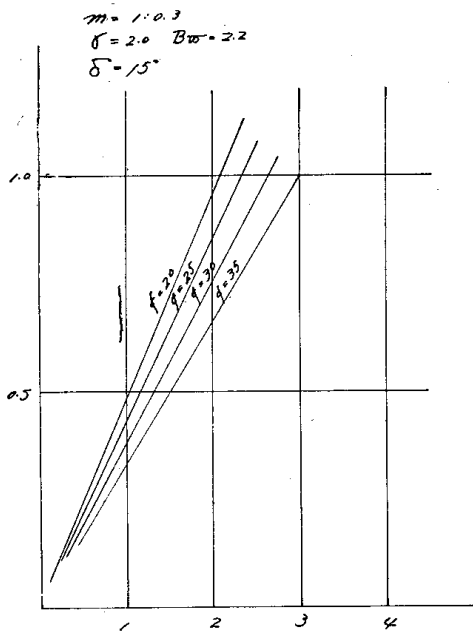


图 V-22

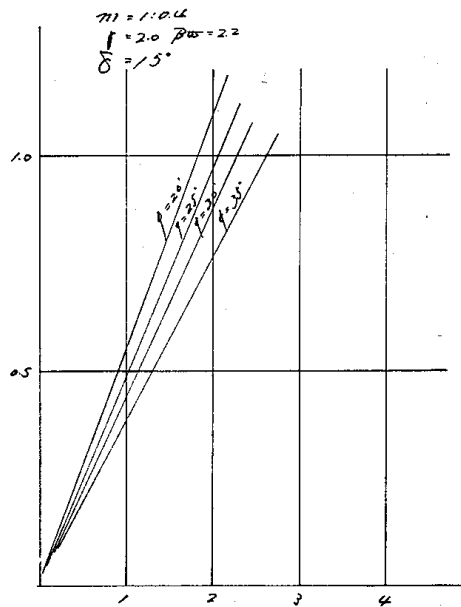
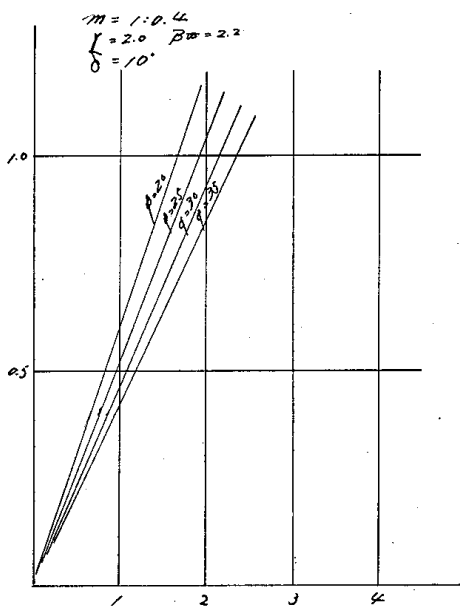


图 V-23

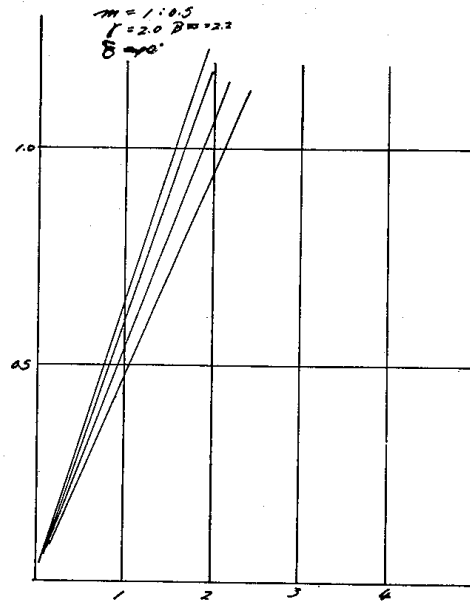
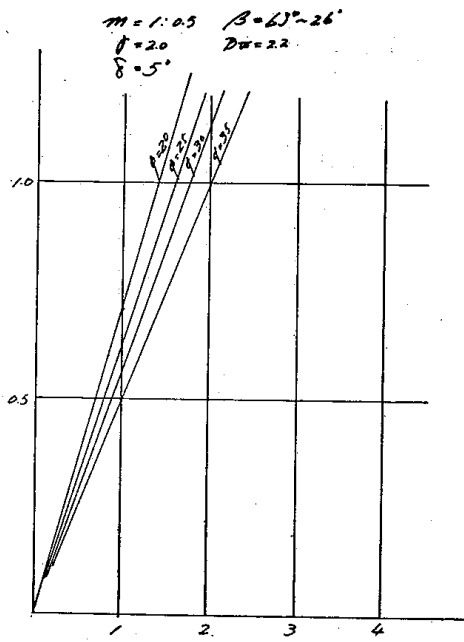


图 V-24

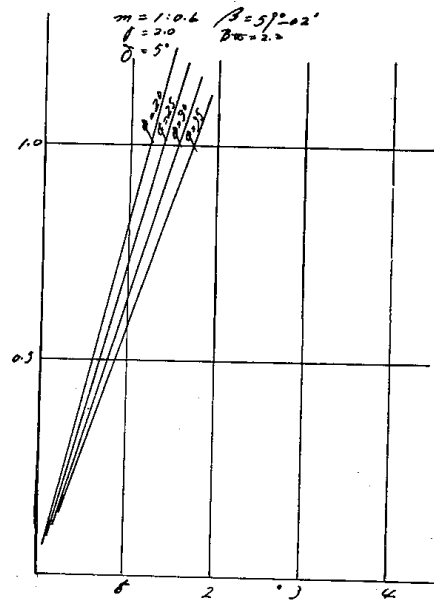
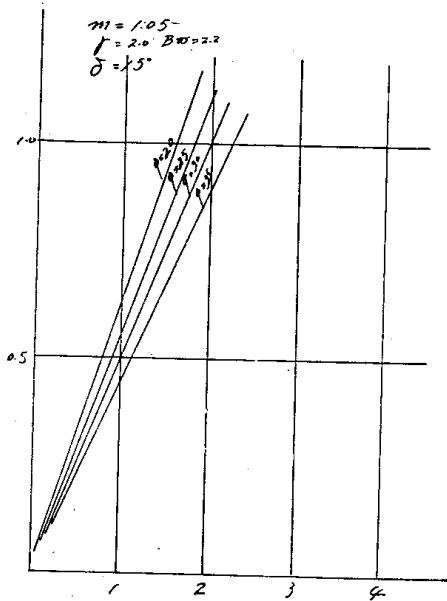


图 V-25

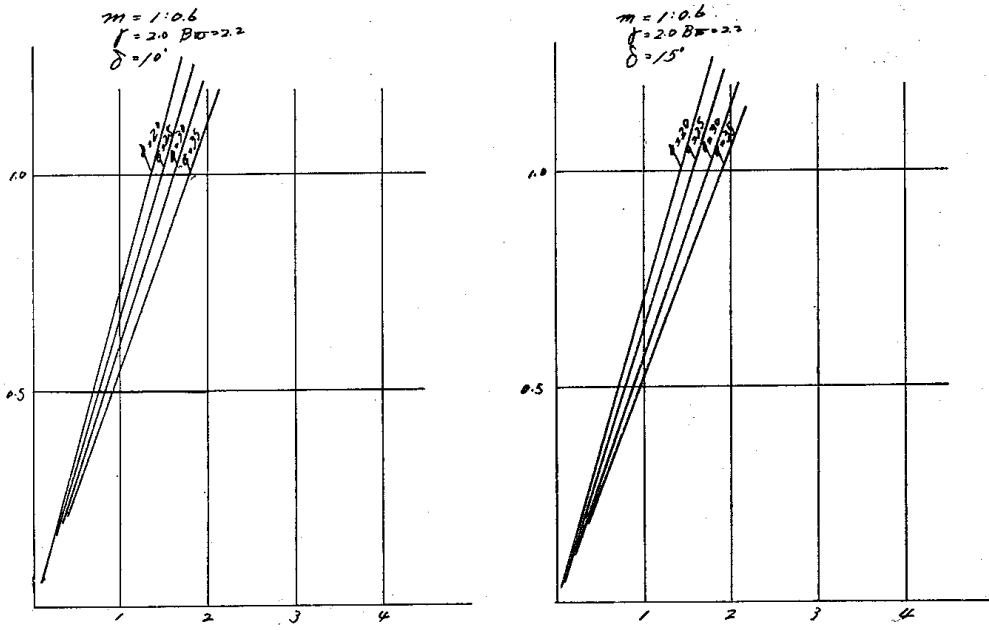


图 V-26

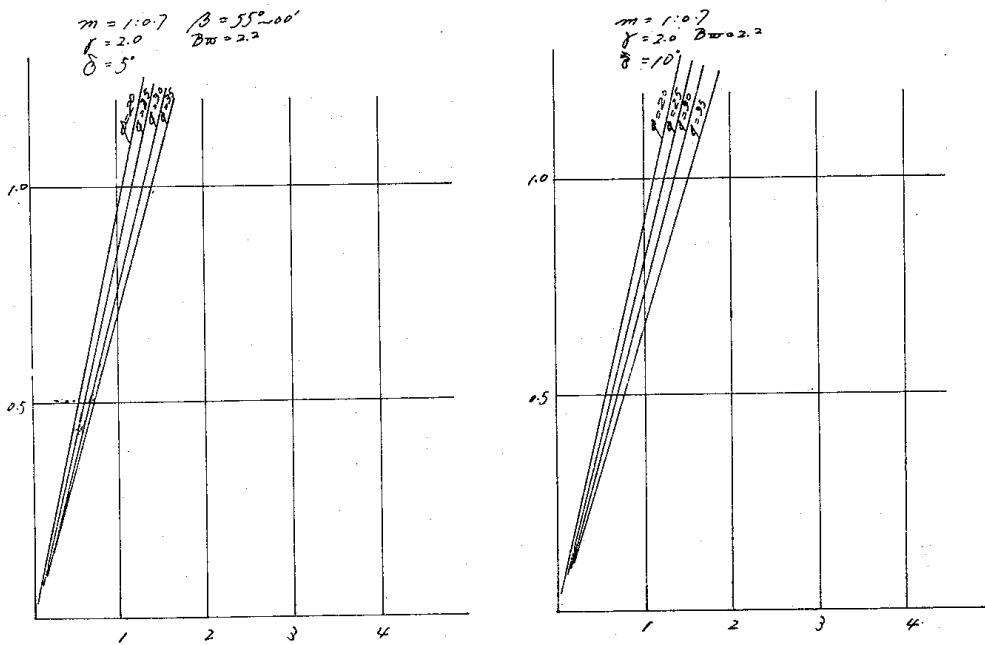


图 V-27

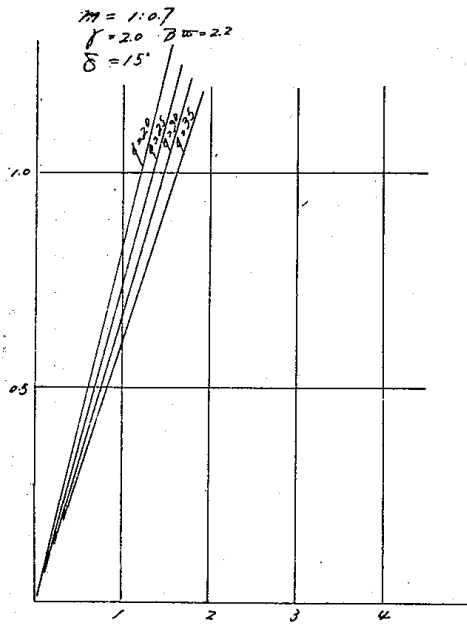


图 V-28