

土研資料1345号

土木研究所資料

河川護岸根固工コンクリートブロックの集計調査

昭和53年2月

建設省土木研究所

鹿島試験所

まえがき

河川護岸の根固工は、延長の長い河川堤防護岸の基礎前面の洗掘を防ぎ、また河岸へ作用する流速を減速することによって、これらの損壊を少くする目的を持つ重要な工作物である。

河川護岸根固工には従来、種々の伝統的工法が存在したが、近年では市販のコンクリートブロックによる工法が多用されるようになり、その傾向はますます強まるばかりである。たとえば昭和45および46の両年度に東北地建内で施工された根固工についてのアンケート調査結果によれば、¹⁾同地建関係の一級河川では99%がコンクリートブロック根固工、残りの1%がそだ沈床工であった。同年度における県関係の二級河川で実施されたものについては、78%がコンクリートブロック工、14%がふとん籠工および8%がそだ沈床工であったという。現時点ではなおそだ沈床工などが有利な地方があると思われるが、主要資材の入手の問題、労務手数などの問題から、二級河川においてもコンクリートブロック工採用の傾向はさらに強まるものと考えられるとしている。

こうしたコンクリートブロック工採用の現象は河川護岸根固工に限られたことではない。海岸消波工、水制工、洗掘防止工、床固工、水叩き、導流堤構築に使用されるほか堤防仮締切の際の流速減勢などにも使われ、それぞれの分野の在来工法を大きく変化させていることは周知のことである。

河川の根固工ブロックは、主として北陸の諸河川で現場打ちの十字ブロックおよび初期のプレキャストの十字ブロックよりはじまって実績主義的に改良開発されてきた。しかしその後新型のブロックが陸續と考案開発され実用に供されている状況にある。これらのブロックについては、従来より改良されある性能試験を受けたものが多いと聞いているが、現実には災害は皆無ではない。災害の頻度の問題はさておくとしても、共通の性能試験が制度化されていないし、したがってまた各種ブロックの相対的な性能指標はない。河状に即した合理的な設計がなされているかどうかについて現在いくつかの疑問点が指摘されているほか、護岸根固工のはたす役割の重要性、事業量の膨大さからみても、現場において所定の性能水準を有する工法を選択可能にするための技術基準の作成が望まれている。

海岸消波工のブロックについては、被害率と良く対応すると考えられているKD値によって選択しようとする考えが定着しているようである。しかし河川護岸の根固工に作用する外力はより複雑と考えられ、消波ブロックにおける設計波のように、外力要素を単純ないくつかのモデルに置き換えるような試みはなされていないように思われる。このことはまた護岸根固工ブロックが満たすべき要件も多く複雑であることを示している。

橋本規明博士のあげた要件は²⁾

- (1) 使用材料の入手容易
- (2) 工費の低廉
- (3) 工法の簡素と施工の容易
- (4) 工期の短縮
- (5) 設計の容易

(6) 連結体による総合的強さ

(7) 流水に対する粗滑度

(8) 洗掘に対する屈撓性

(9) 耐磨耗性

(10) 腐朽に対する耐久性

である。木工沈床等を意識した要件があげられているがコンクリートブロック工法が上の要件の多くを満たしていることは間違いない。

コンクリートブロック工法が現在求められているのは主として上の要件の(6)、(7)および(8)である。それぞれの各機能の程度を定量的に明確にすることであり、さらにこれらの総合的な機能を勘案した最適の設計法を用意することであろう。しかしいずれも評価尺度の定義さえ困難なものばかりであって、そのアプローチさえ明らかではない状況にあると思う。

そのためここでは一歩もどって、いわゆる新型ブロックがいかなる河状のところへどのような工法で現実に施工されているかを調査したものである。

昭和53年2月

土木研究所 鹿島試験所

所長 馬 場 洋 二

目 次

まえがき	1
1. 調査の目的と対象	4
2. 調査の概要	5
① 調査の経緯と調査票について	5
② 調査票の記入回収状況について	5
③ 調査件数と調査対象河川	6
④ 調査対象の根固工とその名称	6
3. 調査票の集計と分析	7
① 概 要	7
② 根固工コンクリートブロックの積み方について	7
③ 根固工天端基面高の決め方について	11
④ 積み方と天端基面高との関係について	16
⑤ 根固工の敷設巾	17
⑥ 根固工の敷設延長について	26
⑦ 使用されるブロックの重量について	27
⑧ 結 線	29
⑨ 砂吸い出し防止マット	30
⑩ 結線とマット使用による効果等	31
⑪ その他の設計要素について	34
4. まとめと今後の課題	35
使用記号一覧表	37
参 考 文 献	38

1. 調査の目的と対象

河川護岸の根固工に多用されるコンクリートブロックの総合的な機能について未知の要素が多いことは前述のとおりである。今回の調査は、各地建各工事々務所で過去に施工したブロック根固工の設計諸元を持ちよって参考にし、設計基準作成のための足がかりにしようとするものである。調査の内容は、設定された設計条件と、個々の設計事例との対応関係を調べることに主眼となっている。この対応関係は一元的なものではなくきわめて複雑なものと考えられる。

しかし複雑な関係を一挙に整理することは不可能なので、多変数の実際の関数面を平面に投影してみ、相互関係を逐次明らかにしてゆくという方法をとっている。また設計条件や仕様の検討のため基礎的な室内実験も必要であるが、その実験条件範囲を設定するための資料に資する意味での整理も行われている。

なお北海道開発局では、本調査に先んじて根固工ブロックの調査をされ、ブロック単体の性能などについて貴重な成果を上げている。³⁾大いに参考にされるべきと考えている。しかしここで調査したような、ブロックの天端基面高、積み方あるいは敷設巾などの施工計画の基礎となる考え方については、開発局の調査が昭和44年までのため十字ブロックの比重がきわめて重い結果を出していると思われる。その点本調査ではいわゆる新型ブロックの比重がきわめて高いので、本調査の意義は十分あると考えられる。

2. 調査の概要

〔1〕 調査の経緯と調査票について

根固工コンクリートブロックの施工状況が十分に統一されていないことを全国の担当者が認識したことにより昭和47年度河川工事課長会議において施工状況の調査が提案された。ただちに、土木研究所、中部地方建設局が調査票の作成にとりかゝった。記入要領および調査票の配布については中部地建が担当して、昭和48年4月時点を期して各工事々務所で記入後、各地建を通して回収された。

調査票に記入された情報の数量化、電算による集計および図化等の資料の整理は主として中部地建が担当し、結果の一部はすでに昭和49年4月、中部地建より根固工調査報告書として上梓された。⁴⁾

その後ふたゝび検討した結果、根固工コンクリートブロックの施工の現状をさらに明確にするため、同じデータを用いて再集計し、上述の報告書より集計の内容および量を相当に増やしたものである。

調査票は、根固工調査票記入要領、根固工調査票(1)および(2)、および根固工一覧表からなっていた。ここでは一覧表の成果は使用しなかったので省略し、また調査票(1)および(2)の各項目もとくに説明を要しないので、記入要領も省略する。

調査票(1)は根固工の現在の施工状況のうち、工法が河川別に異なるか、河状によって異なるか等を調べることを目的としている。したがって河川ごとに工法の代表例がピックアップできるよう最近施工の全工法について記入を依頼したものである。表-2-1-1に調査票(1)を示す。

調査票(2)はブロックの大きさ等が河状流況に適応していたかどうかを調査することを目的とし、主として災害を受けたもの、あるいは設置後ブロック等が移動、流失、沈下した例を対象にした。表-2-1-2に調査票(2)の例を示す。

これらのうち

所見(1)：過去5ケ年間の河床が上昇傾向か低下傾向かの別、またその平均的な割合を記入した。

所見(2)：移動性の砂堆が設置地点に存在するかどうかの記入。

所見(3)：水衝部の経年的変化が設置地点に見られるかどうかの記入。

所見(4)：(調査票2のみ)ブロック損傷の経歴記入。

根固工設置基準：各河川ごとにもっている工法選択の基準あるいは傾向があれば記入する。
などとなっている。

〔2〕 調査票の記入回収状況について

回収された調査票は(1)がほとんどであり、(2)の回収数は少かった。そのためここで行っている集計は調査票の(1)が主体であり、(2)による災害の類型化等の分析はできなかった。設計資料を相当長期間保存しておき災害や被害の状況を見守ってゆくような体制が必要なことと思われる。

〔3〕 調査件数と調査対象河川

回収された調査票は 806 件で、数量の多寡はあるが全地建の協力を得ている。対象河川は表 - 2 - 3 - 1 に示すように全国のほとんどの主要河川を網羅している。

〔4〕 調査対象の根固工とその名称

調査対象の選定は各工事々務所において任意に行われた。対象となった根固工の施工時期と件数を地建別に示すとつぎの通りであった。

東 北	昭和 43 年 9 月	～	昭和 48 年 3 月	73 件
関 東	44 年 3 月	～	48 年 3 月	29 件
北 陸	43 年 3 月	～	48 年 3 月	134 件
				(S32, 37 年の十字ブロック がそれぞれ 1 件ずつ含まれる)
中 部	43 年 3 月	～	48 年 3 月	88 件
近 畿	46 年 8 月	～	48 年 3 月	27 件
中 国	41 年 3 月	～	48 年 3 月	87 件
四 国	39 年 3 月	～	48 年 3 月	60 件
九 州	39 年 8 月	～	48 年 3 月	308 件
				(ブロック以外の工法については S30 年 3 月以降の事例が含まれる)

調査対象となった根固工種とその調査票件数を表 - 3 - 2 - 1 に示す。調査対象とならなかった工種もあり、また調査票件数が使用される頻度を示すものでもない。

3. 調査票の集計と分析

〔1〕 概 要

ここではブロック種類ごとの単体としての機能などを無視して、ブロック群として作用するために必要な基本的な量や考え方について、その集計と分析を試みるものである。

〔2〕 根固工コンクリートブロックの積み方

ブロックの積み方とは、ここではまず設置地点の河床を整正にした後ブロックを整然と規則正しく敷きならべる層積形式、それを二層三層と積み重ねた層積多層形式および比較的雑然と積まれた乱積形式の3種類を考えている。層積・乱積の定義には曖昧なところがある。ブロック設置前に河床を整正するか否かによって、整正した場合を層積、不整正の場合を乱積と呼ぶ場合があり、原河床が比較的スムーズの場合には出来上りの姿からは区別が付きにくいような場合もある。本調査で呼ぶ層積乱積の別にも上のような曖昧なケースも含まれていると思われる。

層積でもブロックの軸方向を回転させれば幾通りもの敷設方向が考えられるが、機能を考慮して実際には各ブロックについて数種類の敷設方向しかないのが普通である。一方乱積は多様であると思われる、層積に近いものから捨て込みにいたるまで範囲が広い。層積・乱積とも工事費に関係の深い空隙率によって左右されることがある。

水理的にみた層積・乱積の機能の区別についても当を得た分類方法は見あたらない。流れに対する粗度的機能や流速減速機能についてはよく調査研究されているほうであるが、層積の場合のみに限られているようである。水はね機能、とくに川巾でのスケールの水はね機能についても層積・乱積の差は知られていない。ブロック根固工設置域内における土砂吸出しを減少させるためには、吸出し防止材を使用する場合もあるがブロックの積み方でその機能を効果的に発揮させようとすることもある。この場合にもブロックの積み方は限定される。

構造的安定性の上からも積み方が決定づけられることが多い。構造的に不安定な現象としては、流失・沈下・浮き上がりなどが考えられる。後二者はある程度許容できるが、前者は許容されない。こうした不安定な現象をもたらすのは、流速（ブロックの流体抵抗力、揚圧力）の大きさ、河床変動（設置域近くの局所洗掘、設置域内の土砂吸出し）、巨大な流石の衝突などである。こうした作用力からブロック群をまもるため、ブロックを適当に組み合わせるブロックのかみ合わせ効果を期待する方法、連結して相互位置のズレを少なくする方法などがとられている。最大のかみ合わせ効果を期待するためには層積が最適の場合が多いし、また鉄筋で連結するにもブロック相互間の距離が一定の方が都合がよいなどの理由から層積指向の現状である。こうした意味すなわちより確実性を得ようと考えた時に採用するのが層積であろう。水衝部などで出水後ごとにブロックを捨てこんでいるような現場は、施工性の問題はあるが、乱積であり確実性は少いと考えられているであろう。

施工の難易とその護岸の重要度も積み方を決定する大きな要因である。

多層積み（層積多層，乱積多層）は根固工設置地点の河床が深掘れなどしており，一層積ではその天端基面高が低すぎるような場合に採用される。単位面積あたりでは多重の投資となるから当然工事費にも左右される。こうした深掘れヶ所において，多層積にするか，布設巾を少し広くとった一層積にするかは決定の難しいところであろう。

多層積は構造的に不安定であるといわれる。一層積ではブロックの安定度の高い方向に設置され，脚部が土砂に埋没し，また流水の作用するブロック表面積が比較的少いと考えられる。これに対して多層積では，最上部より下のブロックはきわめて流失しにくい，最上部は流失の可能性が強いと考えられることもできる。このほか屈撓性を発揮せねばならないときに構造的に不安定が表面化することがある。

多層積についていまひとつ言及せねばならぬのは，護岸前面に低水位よりはるかに高い高さまで積みこまれたブロック群である。わん曲部などの水衝部に良く見られる。これは根固工に対して根抑工的な機能と，護岸へ直接衝突する流速を緩和する「出し類」，「牛類」の機能（流速減勢工とでもいうべきか）とをあわせ有している。これを根固工と称してよいものかどうか不明であるが，今回の調査件数のなかに含まれているかも知れない。根固水制も通常多層積となる。このような工法は現在のコンクリートブロックの多様な設計可能性を反映したものであろう。

従来わが国の河川技術者は，捨石という乱積の経験，木工沈床や蛇かど，現場打ちやプレキャストの十字ブロック等の層積の経験というように，工法によって定式化した技術を学んできた。これに対して近年のコンクリートブロックでは層積と乱積の両方の形式を任意に選択できる点を，これから学んでゆかねばならないであろう。また，捨石や木工沈床などの小規模な空間（空隙）に対して，コンクリートブロックはどのような積み方をしても比較的大きな空間が残る。流水の作用とその空間の得失についても十分注意をはらってゆく必要がある。

表-3-2-1は調査されたブロック工種とその調査件数および積み方の内容とを示したものである。調査に漏れたブロックがあり，また各工種の使用状況には地域性がある。調査件数の多寡が施工件数のそれを示すものでないことは前述の通りである。

工種番号の小さい新型ブロック（表の左方）は，層積・乱積の両方の形式が採用されることがあるのに対して，表右方のいわば伝統的工種（番号31は前者に属する）にはどちらか一方の選択しかない。

十字ブロック，ホロスケーヤ，あるいは三連ブロックなどはその施工例の多くが層積であるのに対し，六脚，テトラ，中空三角等は層積，乱積の施工例がほぼ半々ずつである。乱積の形式のみがとられるブロックはないようである（トリストンは調査件数が少ない）。このように見ると，最近のブロックは一般的にいつて層積形式に適した形状を有しており，一部に乱積にも適した形状を兼ね備えたものがあるということであろうか。

表-3-2-2は，前表の工種番号が31以下のブロックについて，層積・乱積の件数をブロック単位重量別に表示したものである。重量1～2トンのブロックが使用される頻度がきわめて大きい，このクラスのブロックでは層積件数は乱積件数の約2倍となっている。積み方別の頻度を示すのが図-

3-2-1である。層積・乱積ともに使用ブロックの重量別の差違はほとんど見られない。ただ大量のブロックについては層積件数が比較的多くなるものと見られる。

図-3-2-2はブロックが設置された地点の河状を直線部と彎曲部とに分けて積み方の別を調べたものである。直線部では層積一層の積み方がきわめて大きい、彎曲部では層積一層と乱積一層とが伯仲してくる。また局所的洗掘のための多層積が増加する。

図-3-2-3および図-3-2-4は水衝部に設置された根固工の積み方と、それぞれ低水時・高水時の水衝角度との関係を示したものである。水衝角度が大きくなれば乱積を用いるという傾向は必ずしも明瞭ではない。

図-3-2-5は水深 H_A （計画高水位と平均低水路河床高との差）と積み方との関係を示したものである。 H_A が5mを越えると乱積件数が多く、また全件数に占める乱積件数の割合が増加する。 H_A の小さい河川（小河川や堆積によって河床高の高い河川）では圧倒的に層積が多く、施工の容易さを反映するものであろう。図-3-2-6は図-3-2-5の件数を積み方別に分けたものである。積み方ごとに H_A のピーク値が異なること、および H_A による件数分布の形状がそれぞれ微妙に異なる点に注意する必要がある。こうした点に各積み方に対する考え方の違いが表われていると思われる。

図-3-2-7は水深 H_L （計画高水位と平均低水位との差）と積み方との関係を示すものである。 H_L が6mを越えると乱積の件数が強くなる。

図-3-2-8は横軸に G_1 （計画低水路河床高と平均低水位との差）をとって積み方の分布を示したものである。計画低水路河床高が平均低水位より低い場合（ $G_1 \leq 0$ 、掘削計画のある河川や感潮部河川）の施工例が多く調査されているようである。河床低下が激しいか、あるいは低水路が深くかん入したような河川（ $G_1 \geq 0$ ）では、 $0 \leq G_1 \leq 1$ mでは層積件数が多いが、 $G_1 \geq 1$ mを越えると施工されなくなる。一方、乱積はこうした河状の河川にも施工されている。

図-3-2-9は横軸に K_1 （平均低水位と根固工設置前の最深部河床高との差）をとって積み方の分布を示したものである。ここに K_1 は根固工設置域での最大水深を表わし、根固工を設計・施工する際に一度は検討されるパラメータであろう。上の定義のように K_1 は根固工設置域の平均水深を示すものではないが、普通 K_1 が大きいと水替、瀬替などの工事をともなう場合が多くなると考えられ施工が一段と困難になるであろう。

こうした場合、図より明らかに K_1 が1~2mを越えると乱積の傾向がことに顕著になる。この K_1 の値は通常のブロックの1~1.5トン型の高さに相当する。乱積のなかでも K_1 の値が比較的小さいうちでは層積に近い乱積、 K_1 の値がさらに大きくなると（局所洗掘ヶ所あるいは感潮部河川に相当する）、機械で捨て込む単純な乱積が増加する傾向があるものと推定される。

他方 K_1 の値が大きいかつ層積の根固工は、護岸や根止工と同時に仮締切などによって施工したとか、水中機械を用いて河床を整形したような非常に重要な根固工と考えられる。

図-3-2-10は横軸に K_2 （計画低水路河床高と根固工設置前の最深部河床高との差）をとり積み方の傾向を調べたものである。 K_2 の値が大きいということは深掘れが顕著で計画低水路河床高をわりこんでいる状態を表わす。そうした場所での積み方の分布を表わすのが同図である。 K_2 の値

の大小にかかわらず乱積みが平均的に分布すること、 K_2 の値が大きくなると層積件数が急減するなどの傾向を同図から読み取ることができる。

図-3-2-11は横軸に K_2 （平均低水路河床高と根固工設置前の最深部河床高との差）をとり積み方の傾向を調べたものである。 K_2 の値が大きいということは深掘れが顕著で平均低水路河床高より相当大きい深掘れ状態を意味する。指標 K_2 の意味との違いは自明であろう。しかし同図より読みとれる傾向は図-3-2-10とほぼ同様である。

図-3-2-12は横軸に G_2 （計画低水路河床高と平均低水路河床高との差）をとって積み方の傾向を調べたものである。分布形状の歪み（左右非対称）が各積み方に見られるがその程度に差があるようである。この歪みの差が有意義であると考ええるならば、平均低水路河床高が計画低水路河床高より高い河川（掘削の将来計画のある河川）で層積一層の件数が多いということになる。

図-3-2-13および図-3-2-14はそれぞれ横軸に

$$R_1 = \frac{\text{平均低水位}-\text{根固工設置前の最深部河床高}}{\text{平均水深}(\text{計画高水位}-\text{平均低水路河床高})} = \frac{K_1}{H_A}$$

$$R_3 = \frac{\text{平均低水路河床高}-\text{根固工設置前の最深部河床高}}{\text{平均水深}(\text{計画高水位}-\text{平均低水路河床高})} = \frac{K_3}{H_A}$$

をとって積み方の分布（1件につき1黒点）を示したものである。 R_1 の値が大きいことは最深部水深が比較的大なることを、また R_3 の値が大きいことは洗掘深が比較的大きいことをそれぞれ示す。このような指標を選択することによっても分布の重心位置の差を読みとることができる。

図-3-2-15は単純に川巾Bを横軸にとって積み方の傾向を示したものである。小規模な河川については対岸の上下流に悪影響がおよぶと考えられ、根固工を設置すべきでない⁵⁾とされているが、本調査によると川巾 $B=20\text{ m}$ 程度で施工されている。川巾が 500 m を越えると乱積が増加するようである。図-3-2-16は前図の積み方をもう少し区分けしたものであり、また図-3-2-17は横軸にアスペクトレシオ（川巾水深比）をとって示したものである。

図-3-2-18および図-3-2-19はそれぞれ横軸に計画高水流量 Q_D 、単位巾流量（計画高水流量時） q_D をとって積み方の傾向を示したものである。 Q_D の大きい川で乱積の割合が増加するが、これは Q_D の大きい河川が一般に川巾も大きいこと（図-3-2-15）に対応するものであろう。 q_D の大きい河川でも乱積が増加しているように見受けられるが、これは常時の水深が大きいための乱積（施工の難易さ）であろうか。一方 q_D が $4\sim 10\text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ の範囲では乱積件数の割合が小さい。これは荒廃河川などで河積が十分にあり、しかもドライで根固工を施工できるような場合に相当するものと思われる。

図-3-2-20は横軸に計画高水流量時の断面平均流速 V_D をとって積み方の傾向を調べたものである。層積・乱積のそれぞれの調査件数が2対1の割合であったことを考えると V_D による積み方の別は見られないことになる。 V_D が 1.5 m/s 以下では乱積の割合が増加しているが、これは河口付近で常時の水深が大きいところや川巾の大きい荒廃河川などに相当する場合と考えられる。図-3-

2-21 は同様に V_D をパラメータにとって積み方の別をより詳しく調べたものである。一層積と多層積とでそれぞれ傾向が見られるが顕著ではない。

以上計画高水流量や断面平均流速をパラメータにとって積み方の傾向を調べてみたが、それぞれのパラメータは積み方の決定に重視されてはいないようである。

図-3-2-22 および図-3-2-23 はともに計画高水こう配 I_D をパラメータにとって積み方の別を調べたものである。図-3-2-23 における傾向が明瞭であるがその1つとして、こう配の大きい場所で乱積件数が極端に少く層積が多いということがあげられる。急こう配河川では一般に K_1 の値が小さく層積の施工が比較的容易であり、乱積ではかみ合わせ効果や安定さを欠くという判断があったであろう。また激しい洗掘力に耐えるための結線（連結）が乱積では難しいという理由もある。

図-3-2-24 は河床材料の大きさをパラメータにとって積み方の別を調べたものである。粒径による傾向は見られない。図-3-2-25 は計画高水流量時の摩擦速度 U_* を横軸にとって調べたものである。 U_* が小さいときの乱積傾向が目立つが、これは河口部など常時水深の大きい場所での乱積を指すものと考えられる。同様に図-3-2-26 の図を作成してみたが V_D に対すると同様のことがいえる。

〔考 察〕

以上においてブロックの積み方を、1個の変数をパラメータにとって調べてきた。その意味でブロックの積み方の別を明確にするようなパラメータの発見はできてはいないと考えられる。しかしこれらの調査のなかでブロックの積み方を決定している比較的大きな要素は、(1)ブロック工種（ブロックの種類）、(2)低水時最大水深 K_1 （図-3-2-9）および(3)計画高水こう配 I_D であろうと考えられる。これらの要素はそれぞれ、ブロックの機能選択、施工の難易の判断、およびブロックの群としての機能評価、を表わしているものと考えられる。流量や単位巾流量、断面平均流速、摩擦速度や粒径などの他の一般的な水理量はそれ1個としては積み方を決定する判断要素とはなっていないようである。

〔3〕根固工天端基面高の決め方について

木工沈床等が使用される場合にはその木材部分の腐朽を防止するため、根固工の天端基面が平均低水位（あるいは濁水位）以下になるようにその高さが決められた。⁵⁾しかしコンクリート製品であるブロックには腐朽の心配はない。コンクリートブロックの二層以上の積み方を必要とする場合においては、一層積みより天端基面高は当然高くなるであろう。また護岸に対する流速の減勢効果を持たせるためには、敷設巾を広くするとともに粗度効果を大にするため天端基面上の水深を小さくする設計が採用されるであろう。この場合にも天端基面高は低水位より相当高い位置にくるものと思われる。消波や侵入波減衰の目的をもたせる河口部での根固工は高い天端基面高が必要であろう。反対に、小規模河川で上下流への悪影響を小さくするためには低い位置に天端基面高をもってくる必要がある。根固工設計にあたってその天端基面高を決定する際には以上のような条件を種々検討する必要がある。

また他にも河床低下や上昇の激しい河川にあつては別の検討が必要な場合もある。しかし根固工の基本的な目的は護岸前面の深掘れ防止であるから、根固工自身が浮き上がることによって流失したり、反対に土砂吸い出しを受けて沈下したりなどの不都合が起こりにくいように天端基面高を決めてやればよい。上述のように根固工に他の目的をも併わせ持たせようとする根固工本来の基面高設定に誤解を招くこととなる。

一方、(1)ブロック1個の大きさ(高さ)はほぼ限定される、(2)一般に、深掘れヶ所を埋め戻してその上に根固工を敷設するような方法はとられていない、(3)高く積層すれば構造的に不安定となり敷設巾を広くとる必要がでてくる、および(4)施工の難易、工事延長、工事費用、なども根固工天端基面高をおおむね決めてしまう要素となり得る。

図-3-3-1、図-3-3-2および図-3-3-3はいずれも横軸に K_1 (平均低水位と根固工設置前の最深部河床高との差) をとり、縦軸にそれぞれ

$$H_1 = \text{根固工天端基面高} - \text{平均低水位}$$

$$H_2 = \text{根固工天端基面高} - \text{計画低水路河床高}$$

$$H_3 = \text{根固工天端基面高} - \text{平均低水路河床高}$$

をとってプロットしたものである。 K_1 は低水時の最大水深を意味し、 H_1 は根固工の常時の水面上突出高、 H_2 は計画河床高よりの突出高、および H_3 は平均河床高よりの突出高をそれぞれ意味している。それぞれ右辺の第2項を対象に設計がなされているかどうかをみようとしている。

図-3-3-1は $K_1 \sim H_1$ の関係を示すもので他の2枚の図と比較して分かるように $H_1 = 0$ の線を中心にして上下にほぼ同数のプロットが見られる。また $H_1 = 0$ の線上にプロットされるものも多い。直截的ではあるがコンクリートブロックの根固工天端基面高を平均低水位とするような考え方がとられていることを示すと思われる。他方天端基面高の設計方針として計画低水路河床高をとるよう指導されていると聞かすが、今回の調査件数に関する限りそうした指導方針を必ずしも反映していないようである。図-3-3-2から見れば天端基面高はむしろ計画低水路河床高より高い位置に来ている例が多い。また図-3-3-3から平均低水路河床高と天端基面高との関係も前の図と同様のことがいえる。

図-3-3-1に戻って、天端基面高が平均低水位より2m以上も高く施工される場合や、平均低水位より2mも低い場合が見られる。その個々の事例について詳しくは調査していないが種々の事情があることと思われる。図-3-3-2や図-3-3-3からも同様に、計画低水路河床高や平均低水路河床高より3~4mも高い天端基面高、あるいは逆に1m以上も低いものなどが見られる。種々の事情が考えられるが、極端に高いものは前述のように根固工に他の目的を兼ね備えさせることによって基面高が高くなったり、反対に深掘れヶ所での一層積などで低くなったりしたものであろう。

図-3-3-2および図-3-3-3ではプロットが僅かではあるが右上りの傾向を見せている。これは、低水時の最大水深が大きくなると ($K_1 \rightarrow \text{大}$)、計画低水路河床高や平均低水路河床高に対して天端基面高を徐々に高くしてゆく傾向を意味している。図-3-3-3の2本の曲線は、およその範囲を示したものである。

計画低水路河床高や平均低水路河床高が基準となるよりもむしろ平均低水位が天端基面高の基準となっていることは、計画河床高への移行に近い将来ではないと考えている場合が多いこと、計画河床高まで根入れのない護岸が存在すること、平均低水路河床高は基面高としては適当でないと考えられることがあること、などに原因するものであろう。平均低水位を基面高の基準に考えることは現状の河状を重視して現実的な判断であったと思われる。しかし、新設の護岸や災害復旧の護岸等の根固工にあつては、今後計画河床高を重視した設計に移る必要があると考えられる。

さらに図-3-3-1で黒点に丸印を付したプロットは乱積のケースである（捨石のケースも数点含まれている）。このような識別をすると乱積・層積の天端基面高のとり方がより鮮明になる。乱積の場合にはプロットは全体として右下りの傾向となる。すなわち低水時の最大水深 K_1 が増加すると、乱積の天端基面高は徐々に低下してきて、さらに K_1 が大きくなると平均低水位に等しくとるような傾向である。いま根固工設置前の最深部河床に乱積一層の根固工を敷設する場合を仮定してみよう。重量1トンのブロックの高さはおおむね1~1.5 mの範囲にあるから、そのときの天端基面高は図中の直線で示される。aの直線は高さ1.5 mのブロックの場合、bの直線は高さ1 mのブロックの場合にそれぞれ相当する。 K_1 の値は根固工設置域の低水時最大水深であつて、縦断的な平均水深を意味するものではない。根固工はある縦断距離間に敷設されるから、その区域における水深は最大 K_1 からさらに小さい水深へと変化している。また根固工天端基面高はほぼ一定にとられる関係上データは図中のa、b二直線より右方へプロットされているものも多い。

さらに乱積の下限が前述の上の直線にほぼ該当するのは興味深い。乱積の場合は工事地点の河床の整地をおこなわずに施工されるから当然ではあるが、乱積は最深部河床高より1.5 m以上高い天端基面高を持つようである。また乱積の天端基面高はその大半が平均低水位以上の高さにとられるようである。

一方層積の場合は広範囲の K_1 で施工されているが、最深部河床高に1.5 mを加えた高さ以下の天端基面高の根固工はほぼ全部が層積となっている。高い場合ももちろん存在する。また層積の天端基面高は平均低水位を少し下まわる件数が多く、これは乱積の場合と著しく相違する点の1つである。同図中のc直線は根固工設置前の最深部河床高と天端基面高とを一致させて施工される場合を示す。ほとんどの事例で天端基面高は最深部河床高以上にとられる。これは当然のことともいえるが問題は K_1 の値のきわめて大きな場所での層積である。これは局所洗掘深がきわめて大きく、またその洗掘孔の縦断範囲そう大きくない場合に相当しよう。前後の河床高が相当高いため、天端基面高を平均低水位に合わせようとすれば最深部付近は5層も6層もの層積になるであろう。こうした場所での層積には相当の工夫が必要であろう。

図-3-3-4、図-3-3-5および図-3-3-6はそれぞれ、縦軸には前同様の指標をとり、横軸には K_2 をとつてある。ここに K_2 は計画低水路河床高と、根固工設置前の最深部河床高との高低差を表わす。図-3-3-1~図-3-3-3よりさらにばらついていて良好な傾向は期待できない。

図-3-3-7、図-3-3-8および図-3-3-9は横軸に K_3 をとつて示したものである。

ここに K_3 は平均低水路河床高と、根固工設置前の最深部河床高との高低差を表わす。 K_1 が低水時の水深であり、 K_2 が計画低水路河床高よりの洗掘深をそれぞれ表わすのに対して、 K_3 は平均低水路河床高よりの洗掘深の大きさを表わす。各図はいずれも傾向が明瞭ではなく、根固工の天端基面高は K_3 という指標は有効ではないようである。

図-3-3-10, 図-3-3-11 および図-3-3-12 はいずれも横軸に H_A (計画高水位と平均低水路河床高との差) をとり、縦軸には前と同様の指標 H_1 , H_2 , H_3 をそれぞれとつてある。これらの図においても図-3-3-1~図-3-3-3 の各図とほぼ同様のことがいえるようである。 H_A は計画高水流量時の断面平均水深を表わすが H_A の大きいところ、また $H_1 \geq 0$ の範囲に乱積がプロットされている。図中の直線は乱積のおよその下限線を引いてみたものである。図-3-3-11 より天端基面高が計画低水路河床高より高いものが多いことが歴然としている。図-3-3-12 における直線は、計画高水位から 3 m 下りの天端基面高の場合を示してある。この程度の高さが天端基面高のほぼ上限となっているようである。

図-3-3-13, 図-3-3-14, および図-3-3-15 はいずれも横軸に H_L (計画高水位と平均低水位との差) をとり、 H_1 , H_2 , および H_3 をそれぞれ縦軸にとつたものである。図-3-3-13 では乱積が右上りの傾向をもっているように見受けられる。 H_L が大きいということは、計画高水位がきわめて増加することを意味するから、河口部のような水位上昇の比較的小さい区間に設置されたケースを区別する効果が H_L にあると考えられる。河川中、上流部においては H_L が大きいと考えられるから、そうした場所では根固工の天端基面高を平均低水位から高めてゆく傾向があることを示す。 $H_2 \sim H_L$ および $H_3 \sim H_L$ から傾向を見いだすことは難しい。

図-3-3-16, 図-3-3-17, および図-3-3-18 はいずれも横軸に G_2 をとつたものである。ここに G_2 は計画低水路河床高と平均低水路河床高との高低差を表わす。 H_1 との関係には傾向は見られない。図-3-3-17 においては右下り、図-3-3-18 においては右上りの傾向を見いだすことができる。この全体的な傾向は、 G_2 , H_2 , および H_3 内の変数、すなわち計画低水路河床高と平均低水路河床高という変数が天端基面高の設定にかなり大きい影響力を持っていることを示しており、これは現在の指導方針を裏付けるものである。このように理解すれば、図-3-3-17 と図-3-3-18 とにおいて、ある G_2 の値におけるプロットの範囲(上下方向の)は天端基面高の単に変動範囲(許可範囲)を示すものにすぎない。また図-3-3-4~図-3-3-9 における指標 K_2 や K_3 が有効でなかったことが理解できる。しかし根固工の本来の目的を考えれば河床洗掘の恐れのない最小厚の根固工を敷設するという意味において、 K_2 や K_3 などの指標をもう少し重視してよいのではなからうか。

図-3-3-19, 図-3-3-20 および図-3-3-21 は横軸のパラメータに川巾をとつたものである。縦軸のパラメータは前と同様 H_1 , H_2 および H_3 である。川巾のみのパラメータと天端基面高との関係は希薄で傾向をとらえ難い。しかし川巾の極端に大きい場所(荒廃した扇状地などと思われる)では、天端基面高は高くとられるものが多く高さの余裕が感じられる。

図-3-3-22, 図-3-3-23 および図-3-3-24 はそれぞれ横軸に川巾水深比 AR

(川巾/水深)をとったものである。 A_R は蛇行には大きい要素ではあるが、河床高などとは関連がうすいためか、良い変数とはなっていない。

図-3-3-25, 図-3-3-26 および図-3-3-27 はいずれも計画高水流量を横軸にとったものである。計画高水流量単独では天端基面高決定の主要因とはなり得ないようである。

図-3-3-28 は計画高水流量時の断面平均流速 V_D を横軸に、 H_1 (根固工天端基面高と平均低水位との差) を縦軸にとったものである。 V_D そのものも天端基面高の決定主因とはなっていないようである。

図-3-3-29, 図-3-3-30 および図-3-3-31 は計画高水こう配 I_D の逆数を横軸に、縦軸にはそれぞれ H_1 , H_2 , H_3 をとったものである。図-3-3-29 では計画高水こう配が $1/2000$ 位までの急こう配区間での施工例が多いこと、およびより緩いこう配の区間では天端基面高が平均低水位に収束する傾向などが分かる。こう配の急な区間では天端基面高を種々工夫して施工されており、また緩こう配区間では平均低水位を基面高の目標とすることにそれほどの問題がない、と判断できると思われる。図中の二曲線はおよその範囲を示すものである。

図-3-3-32, 図-3-3-33 および図-3-3-34 はいずれも横軸に計画高水流量時の単位(川)巾流量をとったものである。単位巾流量の大きい区間(狭さく部や河口付近)では天端基面高は平均低水位に等しくとられている。こうした区間では低水流路や低水位が安定していること、河積も一般に小さく低水位以上に突出した根固工を設けにくいことなどの判断が作用するからと思われる。

図-3-3-35, 図-3-3-36 および図-3-3-37 はいずれも横軸に摩擦速度 $U_* = \sqrt{g \cdot H_T \cdot I_D}$ をとったものである。ここに g は重力加速度、 H_T は計画高水位と根固工天端基面高との差高、および I_D は計画高水こう配である。 U_* は V_D と同様、よいパラメータとは思われない。

〔考 察〕

以上において根固工天端基面高の決め方を種々のパラメータについて検討してきた。パラメータのとり方に十分でない点を認めるが、天端基面高の決定に単独で比較的相関のあるパラメータについてまとめてみる。

天端基面高の平均値に十分意味があるとするれば、現在施工されている根固工の天端基面高は平均低水位を目標としていることになる。つぎに挙げるならば H_3 や G_2 に関連した平均低水路河床高および計画低水路河床高であろう。

- (1) $\left\{ \begin{array}{l} \text{平均低水位} \\ \text{平均低水路河床高} \\ \text{計画低水路河床高} \end{array} \right.$

さらに平均低水位や平均低水路河床高などからのズレの程度や範囲を検討するのに比較的有効なもののはつぎのようである。

$$\begin{aligned}
 (2) \quad & \begin{cases} K_1 \sim H_1 \\ H_A \sim H_1 \\ H_L \sim H_1 \end{cases} \\
 (3) \quad & \begin{cases} H_A \sim H_3 \\ K_1 \sim H_3 \end{cases} \\
 (4) \quad & \begin{cases} G_2 \sim H_2 \\ G_2 \sim H_3 \end{cases} \\
 (5) \quad & \begin{cases} Q_D \sim H_1 \\ 1/I_D \sim H_1 \end{cases}
 \end{aligned}$$

(2)のグループは、平均低水位を天端基面高の平均的高さとする考え方において、平均的高さからのズレを検討するには K_1 （低水時の最深部水深）、 H_A （正確ではないが、高水時の断面平均水深）、および H_L （高水時に増加する部分の水深）の3個のパラメータが参考になることを示すものである。つぎのグループは、平均低水路河床高と天端基面高との関係を検討するには H_A や K_1 のパラメータが有効ということである。(4)のグループも同様である。(5)のグループは、平均低水位と基面高との関係を検討（設計する上で）するには、(2)のグループに加えて、 Q_D （計画高水流量時の単位巾あたり流量）や $1/I_D$ （計画高水こう配の逆数）も有効であることを示している。（もつとも各パラメータとも各図で見られる通りのきわめて低い相関ということもできるが、強いてあげれば上の5つのグループということになるのか）。

天端基面高に単独で比較的相関が高いのは以上のように水位や河床高（平均低水路、計画低水路）を基調とするパラメータであり、他の流れの強さや規模を示すパラメータはいずれも相関はきわめて小さい。パラメータの工夫、その他変数表示や無次元表示などの工夫とを今後の課題にしたい。

〔4〕 積み方と天端基面高との関係について

いままでみてきたように層積と乱積とでは天端基面高のとり方にいくつかの相違がみられる。一方根固工設置地点の河状によっても層積と乱積の選択がおこなわれるのではないかと考えてみた。河状としては河道の直線部と彎曲部とを取り上げてみた。直線部と彎曲部との区別は調査票に記入されたままのデータを用いてあり、水衝部などの区別のつきにくい場所もあったかと思われるが、ここでは河川技術者がみた場合のごく簡明な判断によったものと思われる。

図-3-4-1は横軸に H_1 をとり層積と乱積とのそれぞれの件数を調べたもので、件数は直線部施工件数と彎曲部施工件数との合計件数である。同図では〔3〕節の各図と同様な意味しかもないが、全体としてみると天端基面高の中央値が平均低水位になっていること、および平均低水位より高い根固工では乱積の比率がそうでないものにくらべて増加していること、などを明瞭にしていると思われる。

図-3-4-2は前図のうち直線部施工件数のみを取り出したものである。全体的にみると直線部施工の根固工天端基面高は、平均低水位より低い印象を受ける。ことに層積では基面高が平均低水位

より低いものがずっと多くなっている。反対に乱積では平均低水位より低いものは数少ないようである。

さらに図-3-4-3は図-3-4-1のうち彎曲部施工件数のみを取りだして調べたものである。全体的にみれば基面高は平均低水位あるいはそれよりも少し高い位置に来ていると思われる。彎曲部の場合にも前図と同様層積の基面高の中央値は平均低水位より少し低く、乱積はかなり高い。図-3-4-2とくらべると全体的にみて平均低水位より低い根固工の施工件数が減少しているのも特徴である。また彎曲部における方が平均低水位より高い乱積根固工の現れる比率が増加していることも明瞭であり、その高さは平均低水位上0~1.5 mほど突出している。

図-3-4-4, 図-3-4-5, および図-3-4-6は横軸に H_2 をとって前と同様の図示をしたものである。横軸に H_1 をとった前図より分布形が相当歪んでいる。 H_2 の値の大きい場所での乱積傾向を指摘できるが前図ほどの明瞭な傾向を読み取ることは難しい。

図-3-4-7, 図-3-4-8, および図-3-4-9はいずれも横軸に H_3 をとって前と同様の図示をしたものである。これら各図においては図-3-4-1~図-3-4-2とほぼ同様の傾向を読み取ることができる。また図-3-4-7では乱積はその天端基面高がほぼ平均低水路河床高以上ととられていることが分かる。さらに図-3-4-9からは、彎曲部での乱積根固工の天端基面高はほぼ100%平均低水路河床高以上となっていることも分かる。層積については、直線部での天端基面高の中央値は平均低水路河床高にほぼ等しく、また彎曲部ではそれより少し高くなる、などの傾向を知ることができる。

図-3-4-10, 図-3-4-11, および図-3-4-12はいずれも横軸に H_4 をとって前と同様の図示をしたものである。図-3-4-11から、直線部では乱積の場合 $H_4 = 1.0 \sim 3.0$ m, 層積の場合 $H_4 = 0.0 \sim 2.0$ mの範囲の頻度が大きくなっている。彎曲部では図-3-4-12から上のそれぞれの範囲が少しだけ広がる傾向と思われる。

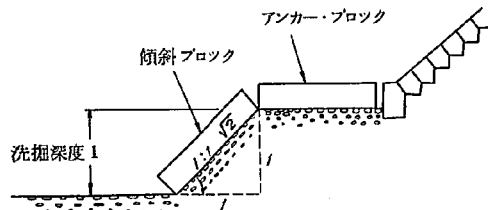
〔考 察〕

河道の直線部と彎曲部とでは層積と乱積の選択比率が異なり、またそれぞれの場所での層積と乱積の天端基面高にいくつかの傾向が存在することが分かった。こうした状況を検討するのに有利なパラメータは H_1 , H_3 および H_4 であって、 H_2 (計画低水路河床高関連) は当初考えていたほど指導力のあるパラメータとはなっていないようであった。基面高の各傾向は、 H_1 , H_3 および H_4 を使用した図面の説明に尽くされていると思われる。

〔5〕 根固工の敷設巾 (本節における記号は他の節の統一記号と異なる場合がある)

根固工の敷設巾は、普通4.5~12 mとされ、川巾狭小な河川においては対岸へあたえる影響を考⁵⁾えて設けるべきではないとされている。また橋本は、最小限度ブロック3個分の敷設巾が必要であり、あるいは参考図-1のように滑落に対する安全をみれば洗掘深度 h の2.8倍の敷設巾が安全限度として必要としている²⁾。根固工はその機能からして敷設巾が広いものにこしたことはないと考えられるが、不必要に広いものは問題外である。必要最小限の巾の理論的な決め方としては参考図-1の橋本のモ

デルのように、洗掘孔法面をたがいに連結された傾斜ブロックが滑落しないという条件を付ける方法がある。しかし最近のブロックは1～2トンの小型がよく用いられ、そうした場合傾斜ブロックは流体力によって煽りや回転を生じ、また流体力の一部も傾斜ブロックを滑落させようとする力に変化することも考えられる。また



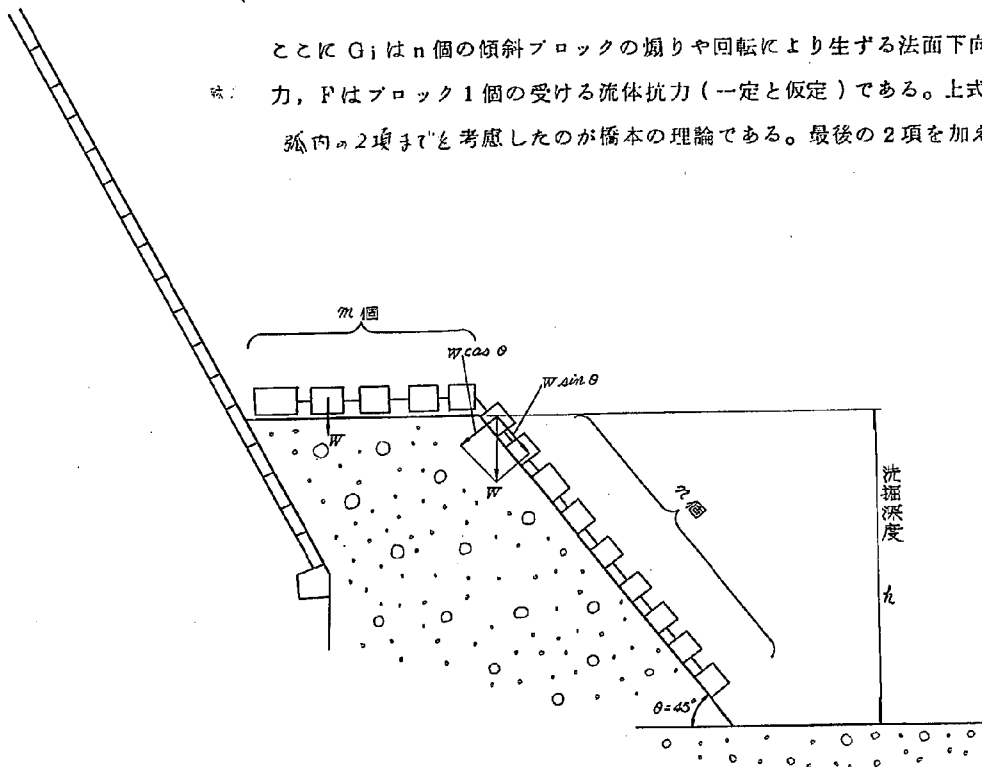
参考図-1 橋本の所要根固巾の算定²⁾

乱積の結線なしの場合には橋本のモデルの構成要件が欠けることになるとも考えられる。そこで橋本のモデルを少しばかり修正したモデルを考えてみる。

まず参考図-2において、洗掘深度 h の地点においてその上段平場に m 個（アンカーブロック）、傾斜ブロックが n 個たがいに連結された状態で流体力の作用を受けている場合を考える。平場は水平、洗掘孔法面の傾斜は45度、ブロックと河床との摩擦係数 f は各ブロックとも同一であり、さらに周辺の代表流速 V が各ブロックに一樣に作用していると仮定する。このようなブロックがまさに滑落を開始しようとする瞬間の静的な力の釣り合いを考えると、ブロック1個の水中重量を W とすれば

$$mWf + (nW \cos \theta \cdot f - nW \sin \theta - \sum G_i - nF \cdot \sin \phi) \cos \phi \cos \theta = 0 \quad \dots\dots (1)$$

ここに G_i は n 個の傾斜ブロックの煽りや回転により生ずる法面下向きの力、 F はブロック1個の受ける流体抗力（一定と仮定）である。上式の括弧内の2項 mWf と考慮したのが橋本の理論である。最後の2項を加えると



参考図-2

とによって安全限度の敷設巾はさらに広くなることと思われる。

(1)式の時間平均をとり, $\sum G_i = n \cdot G$ と書くことにすれば

$$mWf + (nW \cos \theta \cdot f - nW \sin \theta - n \cdot G - nF \sin \varphi) \cos \varphi \cos \theta = 0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

現在Gの大きさについては資料がないので

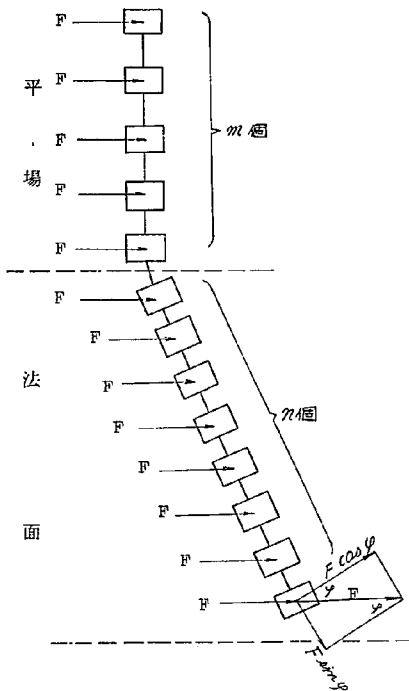
$$G = \alpha W \quad \dots\dots\dots (3)$$

と仮定する。ここに α は無次元の係数である。

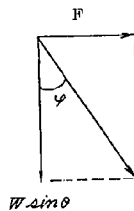
さらに最終項については参考図-4より
近似的に

$$F = W \sin \theta \cdot \tan \varphi \quad \dots\dots\dots (4)$$

の関係が得られる。以上の関係を(1)式に代入し



参考図-3 傾斜ブロックへの流体力の作用



参考図-4

て簡単にすると

$$mf + (nf \cos \theta - n \sin \theta - n \alpha - n \sin \theta \cdot \tan \varphi \cdot \sin \varphi) \cos \varphi \cos \theta = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

n個の傾斜ブロックが洗掘孔法面を蓋い尽した時に(5)の関係が発生する状態を考えると

$$h = nb \sin \theta \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここにbは連結鉄筋の長さをも含めたブロック1個の巾である。こうした状態での安全限度の根固工敷設巾をB'と書くことにすると

$$B' = (m + n) b \quad \dots\dots\dots (7)$$

(5), (6)の関係を(7)に代入して

$$B'/h = \frac{1}{\sin \theta \cos \varphi} \left\{ 1 + \frac{\cos \varphi \cos \theta}{f} (\sin \theta + \alpha + \sin \theta \tan \varphi \sin \varphi - f \cos \theta) \right\} \quad \dots\dots (8)$$

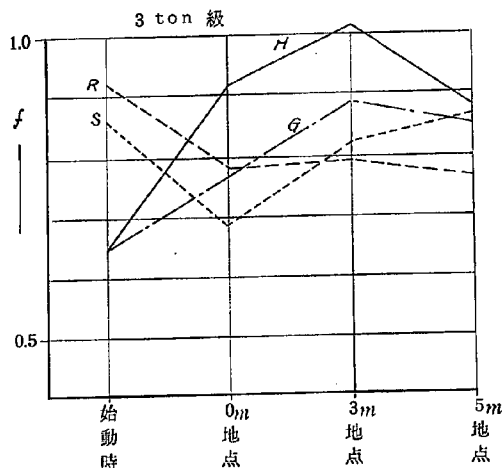
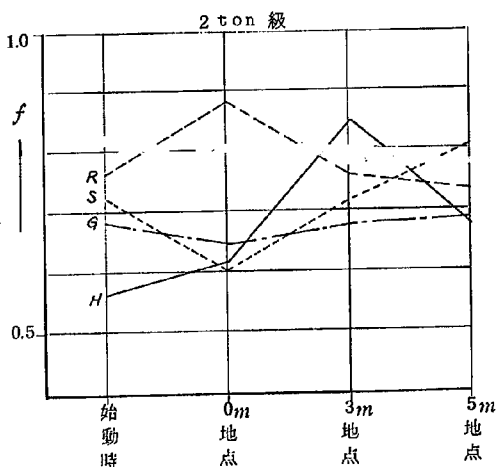
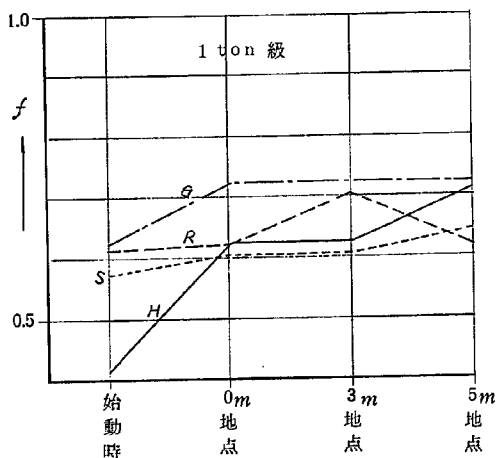
(1)式の第4, 第5項を無視し, $\theta = 45^\circ$, $f = 0.4 \sim 0.6$ という橋本のモデルを(8)において考慮すると $B'/h = \frac{1.9}{2.1}$ ($f = 0.6$ のとき), $B'/h = \frac{2.5}{2.9}$ ($f = 0.4$ のとき) となる。

まず傾斜角 θ の値は, 各現場での実測値を用いるとか水中での砂礫の安息角の実験値などを用いるのが適当であろう。いま θ の値として礫河床に相当する 45 度を用いると(8)式は

$$B'/h = \frac{1}{\cos \varphi} \left\{ \sqrt{2} + \frac{\cos \varphi}{f} (1 + \alpha + \tan \varphi \sin \varphi - f) \right\} \quad \dots\dots\dots (9)$$

北海道開発局ではコンクリートブロックの滑動転動調査を行っている³⁾。そのうち滑動調査では豊平川の砂利河床区間においてブロックの滑動実験が行われ興味深い結果が得られている。実験は, 1,

2および3トン級のブロックをブルドーザで引っぱる実物実験である。測定結果については後にブロック重量の節で触れるので, ここでは単に(8)式等の摩擦係数 f の値の範囲を見積もるのに必要なデータのみ引用する。参考図-5はそのデータの一部である。摩擦係数 f は, ストレンメータの指示張力をブロック重量で除して求めている。始動時の f の値は砂利河床(粒径不明)上にクレーンで吊り下ろした状態で, ブルドーザにより水平引張力をかけブロックが移動を始めるときの静(滑動)摩擦係数である。0,



参考図 - 5

3, および5 mの各点の f の値は動(滑動)摩擦係数であると思われ、かつブロックの一部が河床に
くいこんだ状態である。ブロックの種類、重量および静・動の状態により摩擦係数の値はかなり広範
囲にある。このようなデータが、他種類のブロック、重量および異なる河床材料の場合について今後
調査されることが望ましい。

(8)式での f の値を推定するにはさらに、傾斜角 θ の斜面を滑落状態にあるブロックの一部(脚部等)
がどれだけ河床にくいこんでいるかを見積もることが必要である。北海道開発局の調査結果よりみる
と4種のブロックに関する限り、1トン級のくいこみ量は小さく、3トン級ではブロックによっては
非常に大きくくいこみ量を示すものであることに注目する必要がある。あるいは設計段階においては
参考図-5の始動時の静(滑動)摩擦係数を用いるとか、最小の f の値を用いるとかが有力になると
思われる。

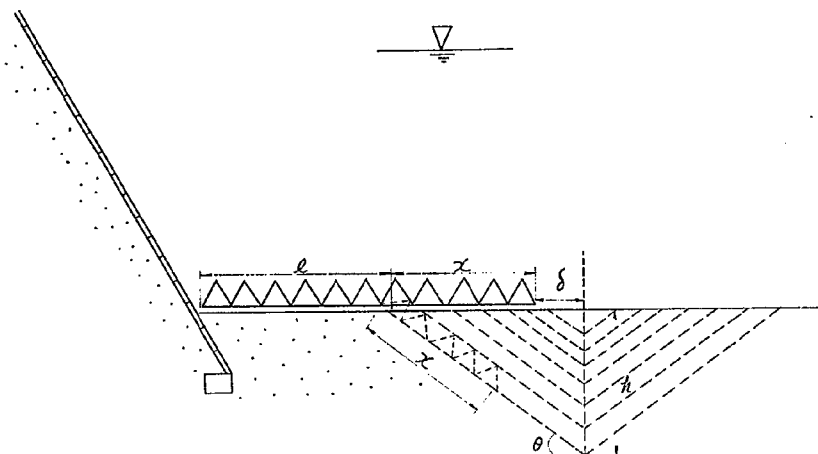
角度 φ の大きさは F と $W \sin \theta$ の大きさの比で定まる。 F は一般に $F \propto AV^2$ の形に表現できるの
で φ はこれらすべての関数となる。ここに A はブロックの流れ方向投影面積、 V はブロック付近の代
表的な流速である。流速の大きさによって角度 φ は相当大きくなり得るが、過大な φ を仮定すること
は現実的でない。

簡単のため $\varphi = 10$ 度、また $\alpha = 0.1$ の値を仮定すると、先の例のように $f = 0.4$ に対して
 $B'/h = \frac{2.8}{3.9}$, $f = 0.6$ に対して $B'/h = \frac{2.1}{2.8}$ となる。

同様のモデルが連結された二層積の場合にも想定することが可能である。この場合には上の各式に
おいて $W \rightarrow 2W$ とおけば、(8), (9)式と同一の式が得られるが、くいこみによる f の値の変化や φ の
それなどが考えられる。

上で述べたモデルでは、洪水時の洗掘深は低水時より一般に大きいこと、傾斜ブロックが法面土砂
を十分に把握保持することが前提であること(土砂が流砂として動けば結果的に f の値の減少につな
がると思われる)、さらには若干の余裕も欲しいこと、などの条件を十分に満足させているとは考え
られないのであくまで目安と考えておくべきであろう。また洗掘深度が10 mにおよぶような下流部
蛇行区間はこうしたモデルが妥当かどうか疑問がある。

一方乱積の場合には、一般にブロック相互間の連結が行われていないので上のようなモデル想定は
正しくないであろう。いま参考図-6のような乱積一層の根固工で比較的フラットな初期河床から局
所洗掘が進行する状態を考える。簡単のため最縁部ブロックから距離 δ の地点に最深部が現われたも
のと仮定する。このとき、ある洗掘深度 h に対して洗掘孔法面長は $h/\sin \theta$ となり、これは図のブ
ロック巾 x より常に大きい。したがって傾斜ブロックは、その水中での摩擦係数 f がおよそ $\tan \theta$ より
大きい($f > \tan \theta$)のものについては図のように法面上部に留まるが下部法面を覆い尽くせないこと
になる。反対に $f < \tan \theta$ の関係にあるブロックについては洗掘孔に滑落して法面上部を覆い尽く
せないことになる。礫河川では θ は45度程度($\tan \theta = 1.0$)にもなるので多くのブロック($f <$
1.0)は滑落してしまうようである。いずれにしても洗掘孔法面の全体を覆うことは不可能なので、
根固工域内の土砂の流出を防止できない。乱積の場合は以上のように、根固工設置後の河床変動には
きわめて弱いと考えられるので、設置後の適当な時期に追加投入する必要が生ずるであろう。したが



参考図 - 6

って必要な根固工巾は

$$(\text{洗掘孔法面長 } h/\sin \theta) + (\text{平場の巾 } l)$$

となる。確保すべき平場の巾 l については現時点では何ら資料がない。実際には洪水時の逸散等を多めにみることによって連結層積の場合より巾広くとられることになる。

根固水制工がそうであるように、根固工に護岸付近の流速を減勢させる役目をもたせることもある。流速減勢の効果は護岸に衝突する流体力を弱め、水面動揺（圧力変化）の軽減、さらには根固工域内の河床土砂の吸い出しを防ぐなどにある。したがってこのような効果を十分発揮できるように根固工の所要巾を設計することが考えられる。こうした考え方に立った設計方法はすでに検討されており、流れに対するブロックの摩擦抵抗係数さえ判明すれば、流速減勢の程度を条件にして所要根固工巾が計算される。

図 - 3 - 5 - 1 は根固工敷設巾とその件数とを調べたものである。この件数には表 - 3 - 2 - 1 の工種番号の 40 以上も含まれているが、件数としては 4 ~ 6 m のクラスのものを中心となっている。図 - 3 - 5 - 2 は直線部と彎曲部とに分けてみたものである。図 - 3 - 5 - 3 は積み方別に区別したものである。敷設巾区分のピッチを、1 ~ 2 トン級のブロックの 1.5 ~ 2 個分に相当する 2 m にとっており少し目が粗いとも考えられるが、大局的にみて、乱積や層積多層の根固工敷設巾が層積一層に比べてより大きく設計される傾向がうかがえる。

図 - 3 - 5 - 4 は横軸に敷設巾 b を、縦軸には K_3 （平均低水路河床高と根固工設置前の最深部河床高との差）をとったものである。洗掘深と根固工敷設巾との相関は顕著ではない。

図 - 3 - 5 - 5 は、横軸に敷設巾を、縦軸には計画高水位の根固工天端上水深 H_t （計画高水位と天端基面高との差）をとったものである。図中の実直線は平均的な傾向を、また 2 つの破直線は敷設

巾のおよその範囲を、いずれも中部地建河川工事課で記入したものである。

図-3-5-6は、敷設巾 b を H_T で除した無次元量を横軸にとり、縦軸には件数をとったものである。根固工敷設巾を水深というスケールで見れば、 H_T に等しいかあるいは少し小さ目の根固工が多いといえる。しかし水深 H_T の2~3倍にも達する巾の広い根固工や反対に H_T の2割程度しかないせまい根固工と範囲が広いし、またその分布形も歪んでいる。

そこで図-3-5-7では縦軸の護岸の鉛直高 H_R をとってある。 H_T をパラメータにすると複断面河川の小規模の低水護岸とその根固工（小規模）との関係がピックアップされて不都合であるが、 H_R をパラメータにとることによってその懸念が減少する。こうした理由などにより、図-3-5-7は図-3-5-5より改善されているように思われる。また護岸の鉛直高の大きい場所は高水敷のない場所等の一般的に重要なケ所と考えられるから、敷設巾が H_R とともに大きくなってゆく傾向は合理的であると考えられる。

図-3-5-8は無次元量 b/H_R の件数をとったものであり図-3-5-6より分布形の歪が小さくなっている。平均値では $b \approx 1.3 H_R$ 程度となる。

図-3-5-9は敷設巾と流速の大きさ（計画高水時の断面平均流速）との相関を示すものである。流速減速を考慮して設計しているとして右上りの傾向を期待したがあまり顕著ではない。そこで V_D をクラス分けし、同一クラス内での平均敷設巾を求めて図示すると図-3-5-10となる。右上りの傾向がかなり明瞭になっている。

図-3-5-11は、流速と同じ次元を持ち、流速と深い関係にある摩擦速度 $U_* (= g \cdot H_A \cdot I_D)$ と敷設巾 b との関係を示したものである。流速をパラメータにとった図-3-5-9よりさらに良い相関で右上りの傾向を示している。

図-3-5-12、図-3-5-13、および図-3-5-14はそれぞれ横軸に U_*/U_{*c} を、縦軸に b をとったものである。横軸は計画高水時の U_* と、河床材料（平均値）の限界摩擦速度との比である。図-3-5-12は表-3-2-1の工種番号のうち40未満を対象にし、しかも一層積みみの根固工のみについてのプロットである。にもかかわらず敷設巾 b は U_*/U_{*c} とほとんど無関係となっている。そこで図-3-5-13では前図と同じ図にブロック重量を書いて（一部分のみ）みたものである。横軸の比の値の両極端部分に（あるいは縦軸の上下方向に）重量差が見られるか否かを調べたためデータの両端部分しか記入していない。比較的無作為な記入方法をとったにもかかわらず、敷設巾についても、横軸の比の値についても、ともに重量差は見られないようである。図-3-5-14は同様に工種別の差を少し検討したものである。工種としてわずか3種しかとっていないが、ホロースケヤーや接続ブロックでは比較的敷設巾が小さく、十字ブロックのそれが大きいという傾向はでているが、それぞれが U_*/U_{*c} を重要視しているとは思えないようである。

図-3-5-15は横軸に U_*/w_0 (w_0 は平均の河床材料に対する沈降速度である。全データをプロットしていないので点数は若干少なくなっているが、図-3-5-12同様、これ単独から傾向はつかめない。 U_*/U_{*c} や U_*/w_0 などの比は河床材料の動きやすさに関連した重要な指標と考えられるにもかかわらず、根固工敷設巾 b と無相関であるのは気になるところである。こうした表現を

さらに改良するとすれば縦軸にも無次元量 b/H_A や b/B をもってくるのが考えられるがここでは検討していない。

図-3-5-16 は計画高水こう配の逆数を、図-3-5-17 は河床材料の平均粒径をパラメータにとったものである。いずれの図も b の値の範囲を規定しているようには見受けられるがそれ以外の明瞭な傾向は見出せない。図-3-5-18 は $b \sim Q_D$ の関係である。相関はまずないと考えられる。

図-3-5-19 は、敷設巾とそれに使用されたブロックの重量との関係を示すものである。黒点一個が施工例一件を表わす。なお重量が $200 \sim 300 \text{ kg}$ の位置には捨石施工例を示す。この図をみると、敷設巾が増加するにつれて、使用される最大ブロックも大きくなってゆく傾向と、相変わらず小型のブロックが使用される傾向の2つを読みとることができる。前者は大きい流速や摩擦速度に対処するためと考えられ、また後者は、「大きいブロック2列より、小さいブロック3列を」の原則を示すものと考えられる。

図-3-5-20 は前図に十字ブロック施工例を explicit にしてみたものである。十字ブロックのみについては敷設巾と重量との関係がより密接になっているようである。

図-3-5-21, 図-3-5-22 および図-3-5-23 においては、現在や計画の河床を見つめた場合の洗掘深（あるいは河床低下量）が敷設巾 b のパラメータとして生かされているのではないかとの考えから、 K_1 と K_2 とをパラメータにとってみたものである。しかしいずれも強い傾向を見出すことができない。

図-3-5-24 は、縦軸において敷設巾を、横軸においては平均低水路河床高よりの洗掘深を、それぞれ水深 H_A で無次元化して示したものである。前同様の傾向は見られない。

図-3-5-25 は、縦軸に b/H_A の比を、横軸に R_1 の値をプロットしたものである。図中の直線は橋本による推奨線²⁾で、敷設巾が洗掘深度の2.8倍という関係を示すものである。ただし、橋本の洗掘深度の定義（参考図-2の h ）の代わりにここでは K_1 （平均低水位と根固工設置前の最深部河床高との差）をもつて代用してある。プロットは全体として右上がり、橋本の線に近いが、はるかに小さい敷設巾の設計がなされた例も多数にのぼるとともに、また深掘れの小さい河道（横軸の値の小さいところ）では過大な敷設巾が設計される傾向にある。前者のケースでは、たとえば河口部のように K_1 の値の大きい場所のデータについては洗掘深度 h の代用に K_1 を用いるのは不当であるためかも知れない。しかし後者（橋本の線よりみて過大な敷設巾のデータ）については、最小限の敷設巾についての考え方が各河川ごとに異なるなどの結果が表われているものと思われる。

図-3-5-26 に横軸に R_3 のパラメータをとったものである（ $R_3 = K_3/H_A$ ）。橋本の洗掘深度 h がむしろこの K_3 （したがって R_3 ）に近いが、このとき $b = 2.8 h$ の関係式は図-3-5-25 と同様の位置にくる。こうした表示は前の図-3-5-25 と同程度のよい傾向がみられるため、データのほぼ中央を通る曲線を推定（物理的意味はない）で入れておいた。

図-3-5-27 は縦軸に b/H_A の比を、横軸に計画高水流量時の流れのフルード数をとってプロットしたものである。しかし明瞭な傾向を見出し難い。

図-3-5-28 は、縦軸に蛇行の基本量の 1 つである川巾と水深の比 AR (川巾/水深) を縦軸に、 b/B の比を横軸にとってデータをプロットしたものである。この表示によると敷設巾は AR の値と強い相関を持っていることが分かる。データの中には沈床類も含まれている。また右方および右下方に他と少し離れているデータは、沈床類によるものではなくすべて新型ブロックのものである。図中の曲線は、データの中心の推定線である。

一方図-3-5-29 は、横軸に敷設巾を水深 H_A で割った無次元量で前図と同様なプロットをしたものである。その傾向は図-3-5-28 ほど明瞭ではない。これら 2 枚の図よりみると、敷設巾は、平均水深に対してよりもむしろ川巾に相関が高いと推定される。

〔考 察〕

コンクリートブロックによる根固工の敷設巾は、3～7 m の範囲のものが過半を占める。重量 1 トンのブロックにすれば、およそ 3～7 列の配置となろうか。また乱積みにすると巾が少し増加する傾向にある。巾が 3 m 以下の根固例は少ないが、それ以上にせまい根固工ではブロックの土砂流出抑止機能や流速減速機能などを期待できないとの考え、あるいは巾が 7 m あれば上の各機能などについて十分期待してよいとの考え、などを一般的常識 (根拠を有する知識) として理解してよいのだろうか。土砂吸出し防止マットを併用した場合や、ブロック同士を連結したような場合に敷設巾が増減するかどうかは [10] でみることにしよう。また敷設巾を一層積みにして 7 m 以上大きくとったケースに対して、一層積みが何故採用されたのか、下段 4 m 上段 3 m の二層積みは何故敬遠されたか、などの点については、データだけからでは有効な答えは浮かび上がってこない。

本節での集計によれば、根固工敷設巾は、

- (1) 護岸の鉛直高 H_R
- (2) V_D
- (3) ブロック重量
- (4) ブロック工種
- (5) $b/H_A \sim R_1$
- (6) $b/H_A \sim R_3$
- (7) $b/B \sim AR$
- (8) $b/H_A \sim AR$

などのパラメータと比較的關係が深いことが分かった。工種やブロック重量などのパラメータを除くと、護岸の鉛直高、 V_D 、洗掘深度および川巾水深比である。こうした関係は合理的であると考えられることもできる。しかし一方では河床材料の動きやすさなど (掃流・浮遊) もパラメータとしてはいつてくるべきと考えられるが、ここでは上手な表現の仕方を発見できなかったこともあつてそうしたパラメータの持ちこみが十分でなかった。今後洗掘深度などとの関連から河床材料の動き易さを勘案できるようなブロックの機能モデルを研究開発する必要がある。さらに、現在でも行なわれているが、一層積みや二層積などの各場合に対して河床土砂の鉛直方向の吸出しや横方向のそれ、および流速減

勢機能などについて調査を強化する必要を覚える。他方ブロックのかみ合わせや安定性、傾斜ブロックの屈撓性を高め法面土砂把握を大きくできるような配置や結線方法、など水理実験で相似性の期待しにくい要素については現地試験を継続して行なう（被害調査など）ことが必要であろう。

〔6〕 根固工の敷設延長について

従来、護岸の施工ヶ所は、蛇行流にともなう水衝部の安定化を図ることによって、極力限定する方策がとられてきた。近年の低水法線変更計画にあつては必ずしも上のような考え方にとらわれてはいないと考えられるが、根底では合理的な方策と理解されていると思う。同様に根固工も必要ヶ所に必要な延長だけ施工するのが原則であると考えられる。この原則によれば、蛇行のはなはだしい地点においては一般に根固工によって防護すべき護岸延長は増加しよう。また直線に近い河道の水衝部周辺では一般に短くて済むであろうが不用意に長い延長の根固工を設置すると、根固工の流れを誘導する効果と流れ自身の蛇行特性とによって対岸に思わぬ悪影響をあたえる可能性がでてこよう。敷設延長はまた工費の面から制限を受けるし、敷設巾や積み方などの要素を総合的に判断して決定されるものであろう。

図-3-6-1は敷設延長についての頻度分布を示したものである。ごく大ざっぱに言えば延長200m程度までがほぼ一様に分布し、その半分程度の確率で200~400mの根固工が傾斜的に存在する。500mを越える例の確率はきわめて小さいといえる。なかには1,000mを越える例も見られるが特殊な例であろう。短い方では20m未満の延長の根固工も相当数見うけられる。

図-3-6-2は敷設延長の頻度分布（パーセント表示）を河道直線部と彎曲部とに存在するもので分けて表示したものである。直線部にある根固工は延長250m程度まで確かに出現頻度は高い。反対にそれ以上長いものは彎曲部に存在するものであるとの一般的傾向は把握できる。もともと極端な差は見られない。

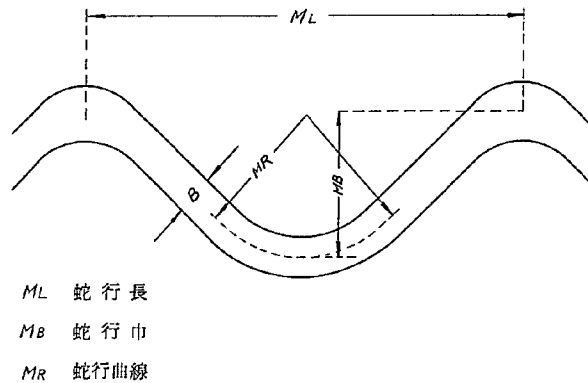
図-3-6-3、図-3-6-4および図-3-6-5はそれぞれ、横軸に K_1 、 K_2 および K_3 をパラメータにとつたものである。 K_1 、 K_2 および K_3 は常時の水深とか洗掘深など水深方向のパラメータであり、他方敷設巾は水平方向のパラメータであつて相互の関係が元来稀薄なのか、明瞭な傾向は見当らない。図-3-6-6も同様に横軸が水深方向の（長さの）パラメータであるためか傾向はない。

そこで、敷設延長は蛇行長 M_L に関係が深いと考えられ、また M_L は川巾 B と強い相関があるとされている。そこで敷設延長 L と川巾 B との関係をプロットしたのが図-3-6-7である。相関はきわめてやすい。そこで河道彎曲部にある根固工のみ小丸印を付けて explicit 表示も行ってみた。しかしこれでも敷設延長の頻度分布はバラエティに富み、むしろこうした気短かな整理方法では表現し得ない要素が大きいと痛感された。なお図中両端の2本の直線はおよその範囲を示すものである。

図-3-6-8は Q_D （計画高水流量時の単位中流量）をパラメータにとってみたものである。とくに傾向は指摘できない。

図-3-6-9は縦軸に川巾水深比 A_R （川巾／水深）、横軸に L/B （根固工延長／川巾）のそ

れぞれ無次元量をとってみたものである。いままでの各図より図-3-6-9における傾向の方が明瞭となっている。全体的に右下がりて上下方向の範囲もせまくなっている。また同図には彎曲部河道に設置された根固工に小丸印をつけて分けてある。したがって小さい黒点は直線部施工の根固工である。小丸印の存在密度が、図中中央直線より



参考図 - 7

上の部分により濃い印象から、彎曲部の根固工延長は直線部より少し大きいともいえよう。図中の両端の2本の直線はおよその範囲を示すもの、中央の直線もおよその中間値を示すもので、いずれも物理的根拠はないものである。両端の2本の直線で切り取られる横軸の長さは、根固工敷設延長にもどして約10倍の違いとなる。こうした大きな違いはここで整理されたパラメータ以外の各河川の特殊事情を反映するものと思われ、蛇行長 ML と一義的な関連付けを試みた従来の調査結果について疑問を覚えるものである。

図-3-6-10は根固工敷設延長 L を水深 H_A で割った無次元量 L/H_A を横軸にとってその件数分布を調べたものである。図-3-6-1と対比されるべきものであるが、図-3-6-10のみには格別の情報は無い。

〔考 察〕

敷設延長が現在なにを根拠に決定されているのか、ここでのアンケートの成分からは判断できなかった。今後も適当なパラメータを探してゆく積りであるが、読者諸兄からも御教示いただければ幸いである。

しいてあげれば、図-3-6-7および図-3-6-9より、敷設延長は川巾や水深に関連の深いことが推定されたが、それでも延長のおよその範囲（10倍内外のバラッキがある）がつかめずに過ぎない。

〔7〕 使用されるブロックの重量について

根固工の主な機能の1つは施工地点の河床材料の捕捉である。そのためには現位置より流失しないことが重要な条件である。流失の様態としては、転動・滑動・滑落（傾斜ブロック）・抜け落ちなどが考えられている。特殊なブロックでは「めくれ」により流失することもある。現位置での沈下・埋没は必ずしも好ましいものではないが流失による根固工の損壊とは性質を異にしよう。滑落については敷設巾の節で検討した。

転動・滑落・抜け落ち・めくれに抵抗する主要要素の1つはブロック単体の重量である。重量選定の基本的な考え方は周知のとおり、流水の作用力に抵抗させるということである。ブロック単体の体積増加による水中重量の増大は、付随する流体抵抗力の増加を上まわり、流水中での安定度を増すことになる。流水の作用力とそれに耐えうるブロック単体重量とについてはいくつか調査された事例がある。重量が大きくなると流水に対する安定度が増すとともに、ブロックの脚部が河床材料中に突っこんで f の値が増加するというメリットもある。不用意に重量の大なるブロックを計画すれば、施工性の問題や大きな空間からの土砂の逃げだすことを心配せねばならないこともある。

ブロックは一般に群として機能させるのが普通である。群として機能させる場合には、単体として流水に抵抗する場合と異なっており、より小さなブロックで流水に抵抗可能である。このときどの重量のブロックを採用すればよいのか適当な指標はなさそうである。結線することによっても重量の軽減が可能である。この場合も適当な指標があるのかどうか筆者は知らない。群として機能させる場合でも、群の縁にあるブロックにはさまざまな方向に大きな流体力が作用するであろう。

図-3-7-1は横軸に K_1 をとりブロック重量との関係をみたものである。同様に図-3-7-2は横軸に K_3 をとってみたものである。 K_1 や K_3 は低水時の水深とか洗掘深の規模を代表するようなパラメータであるがブロック重量との直接的な関連はうすいようである。

図-3-7-3は使用されたブロックの重量と計画高水時の断面平均流速の関係をプロットしたものである。1黒点が1データを示す。プロットの集中する場所では縦軸の値から上下にはみ出してプロットされている。しかしこれは、たとえば0.9トンを示すものではなく1トンブロックについてのデータと解して頂きたい。また0.1~0.3トンの位置のプロットは捨石のケースである。使用されるブロックの重量は、前節の図-3-5-19と同様で、たとえば1トンブロックは流速 1 m/s 以下から $4\sim5\text{ m/s}$ の広い流速の範囲で多用されている。しかし同時に流速が増加すれば、ブロック重量も増加する傾向にある。こうした選択の多様性は、市販のブロックの大いなる利点の1つであるが一方、非合理的、非経済的な施工であると指摘される可能性もあることを示すものであろう。

公認された重量計算方法がなければ、現状では図の範囲内での重量選定をしておけば一応良しとしなければならない。しかしたとえば流速 3 m/s (計画高水流量時の断面平均流速だけが指標ではなく、他の流量時や設置地点の局所的な最大流速などを指標とすることも十分考えられる)ではブロック重量の範囲は0.5トンから8トン程度と広範囲で事実上取捨選択に困る。ブロック単体として、転倒流失しやすいかどうかや、安定を欠く流速(転倒、滑動しはじめる許容流速)などは水理実験によって比較的簡単に機能テストできる。しかしブロック相互間のかみ合わせ、結線の有無、あるいはブロック群としての機能が、重量に換算していくらになるか(あるいは許容流速を何割引き上げられるか)、などを知ることは難しく、実物大の現地試験が有効であろう。こうした観点からの実験や試験が今後必要となろう。図-3-7-4、図-3-7-5は計画高水こう配 I_D の逆数および河床材料の平均粒径がそれぞれパラメータである。指摘される点は前図と同様であろう。

図-3-7-6は計画高水流量時の摩擦速度 U_* がパラメータである。指摘される点は前同様である。この図では(前の図で調べても同様なことがいえるものと思われる)各データの積み方、すなわ

ち3つのパラメータ（積み方、ブロック重量および U_* ）の相関を考えてみたものである。たとえば U_* の広い値の範囲に使用される1トンブロックでは、 U_* の増大によつて（すなわち流速の増大に対応して）積み方を変化させているものかどうかを見るのが目的である。しかしこの図から見る限り積み方を変化させている様子はない。結線の有無あるいは敷設巾などもう1つパラメータを増やしてやれば流速の増大に対する現時点での対処の仕方が明瞭になる可能性はある。しかしいずれにしても、積み方による流れへの抵抗力の増減を、現在製品化されている各ブロックごとに明らかにしておくことが望まれる。

〔8〕 結 線（連結）

根固工周辺の河床洗掘は一般には避けえないので、河床洗掘にも耐えられるよう屈撓性を増すため結線されることがある。また三層以上に積んだ場合不安定性を補強するため結線されることがある。結線の方法については各種ブロックごとに工夫がこらされているが、ブロックに植えこまれたフック同士を鉄筋、ワイヤー、あるいはシャックルなどを用いて結線（連結）される。

表-3-2-1のなかには、連接ブロックやカーテンブロック、沈床類などのように結線（広義に解釈して）がともかく必要なものもある。しかし同表の工種番号31以下のブロックについては、必要に応じて結線されるのが普通である。結線の有無の記入があった760件中、204件が結線有りであった。204件のうちで、工種番号32以上の件数を除くと184件となる。ただし、ブロック根固工の上下流端部のみの結線とか、流れに沿う縁部のみの結線あるいは全員数の結線など、いろいろなケースについて結線有りの回答があった可能性が考えられる。以下結線有りの回答がなされた調査票について検討してみる。

表-3-2-1のうち工種番号が31より小さい（31を含めて）ブロック根固工のうち結線有りと回答のあったのは、東北地建4件（5.5%）、関東3件（10%）、北陸79件（59%）、中部25件（28%）、近畿3件（11%）、中国21件（24%）、四国9件（15%）および九州40件（13%）である。なおパーセンテージは2.〔4〕に示した各地建の調査件数を分母にして求めたものである。調査対象の抽出が必ずしも無作為ではないこと、および32以上の工種番号の件数も混入しているので、上のパーセンテージはブロック工の結線頻度を正確に表現したものではない。そのうち北陸の59%がとくに目立つが、その内容は十字ブロックとホロースケヤーの結線が過半を占めている。中部、中国では十字ブロックの結線が、九州ではホロースケヤーの結線がそれぞれ多いものである。ある河川の調査票にはほとんどすべて結線有りと回答されているが、別の河川ではない、というように各河川ごとの傾向も出ているように思われる。

つぎにブロックの結線がいかなる河状の地点で行われるかについて検討してみる。まず過去に災害のあった場所では、補強のため結線される件数がふえると思われる。（ただし災害については、ブロックの流失や移動などのほか果年災害も含んでおり「災害が有った」と調査票に記入されている。）

工種番号31以下で結線された184件中、160件に災害有りの記入が見られた。過去に災害を受けて補強した場合や、結線で補強しても流れの影響を免れない激甚な河状に設置されている場合を

示すのであろう。災害の種類や状況については不明である。

結線は、常時の水深が大きいと水中作業となり、施工しやすさにも影響を受けるであろう。こうした意味で K_1 を指標に考えてみる。図-3-8-1は横軸に K_1 、縦軸に件数をとったもので、積み方は184件中の1件のみが乱積、他は層積み（層積一層159件、層積二層24件）である。ただし K_1 の値が不明のケースが多いので図には76件のみがプロットされている。図-3-8-1を図-3-2-9と比較すると、あまり明瞭ではないが、 $K_1 = 1.5$ m 付近より結線される件数が減少してゆくと判断される。施工しやすさの影響が出るといえよう。

つぎに局所的洗掘の大きいところでは安全を考えて結線される可能性が高いと思われる。局所洗掘の大きさの指標を K_3 にとって図化したのが図-3-8-2である。結線のないケースとの比較ができないが、 $K_3 = 1.5$ m 位までは結線が行われ、それ以上は少ないと考てよいのであろうか。もしそうだとすれば、結線はやはり施工の容易な地点で行われ、 K_3 の値の大きい地点では無結線の層積みや乱積みで対処されているといえよう。

つぎに結線とブロックの積み方について考えてみる。まず、乱積みではブロック間の相互の移動は許容されると考えられ、したがって結線の効果が薄れると思われる。また長さが種々異なる結線を用意することは施工上合理的でもない。調査結果も上述のことを支持しているようで上記184件中、乱積み件数はわずか1件、層積一層159件、層積多層24件（うち19件は九州の例）となった。乱積みで結線されることは現状ではまずないといえる。

三層以上の積み方ではその構造上不安定さが心配される。層積三層以上の積み方で結線されていたのは上記184件中4件であった。あるいは同様の積み方の調査件数16件のうち4件が結線されていたことになる。

つぎに、結線するとブロック重量を小さくできるかという問題がある。これに対して適当な整理方法が見つからないので図-3-8-3をつくってみた。184件中ブロック重量の記述のあった142件について、その重量の頻度分布をつくったものである。図-3-2-1と比較すると、結線のあるブロックは2トン級に比重が移行している。しかし結線によって重量を軽減できたという証明にはならない。結線の必要な河状は2トン級以上のブロックが使用されることを意味するのであろうか。

結線すれば屈撓性が増加し散乱を防止できると思われる。したがって敷設巾を小さくすることが可能となる。適当な表示方法を思いつかないので図-3-8-4をつくってみた。図-3-5-1と比較すれば、結線のある根固工の $b = 5$ m 付近のピークが鈍い。

一般的には $b = 2 \sim 6$ m（図-3-5-1）のピークに対して、結線する場合には $b = 4$ m 以上の傾向である。大きい敷設巾を必要とする地点に結線が行われていることを示すのにとどまるのであろうか。

〔9〕砂吸い出し防止マット

砂吸い出し防止マットの使用の有無について調査票に記入のあったのは777件で、うち72件に

について使用された。約9.3%の普及率といえよう。72件中、捨石7件、杭打片枠工6件、ソダ沈床1件を除くと、工種番号で33以下のものについての件数は58件である。ブロック工種によってマット使用例の多いのは、中空三角10件、ホロースケヤー、アクモンの各8件、および連接ブロック、三連ブロックの各6件などであった。地建別では中部、九州に比較的多い、また使用される河川はかなり限定されるようで、信濃川（十字ブロックが半数）、天竜川、揖斐川（捨石件数のみ）、芦田川（連接ブロック）、六角川（杭打片枠工が多い）、松浦川、筑後川および遠賀川などである。

さて 砂吸い出し防止マットがどのような河状の地点に使われているかを見てみよう。まず過去に災害を受けたかどうか、あるいは現在被害を受けているかどうかについては、過去の災害、現在の被害有りの回答が寄せられたのは、72件中12件のみである。大多数は良好な機能を果していると考えられる。

粒径の小さい所では砂吸いだしの恐れが強いと思われる。粒径について記述のあったのは72件中59件である。59件中、河床材料の大きさが1mm以下のものが34件（58%）で過半を占め、1～3mmが10件（17%）、3～10mmの範囲の件数が7件、10～40mmが8件となっている。

マット施工の容易さの面から K_1 を指標にとって見てみたが、 $K_1 = 0$ から $K_1 = 4$ mにわたって施工件数はほぼ一様に分布していた。分布のピークはなかった。また K_1 の値が負となるような地点（平均低水位より高い砂州上）での施工件数はさすがに皆無であった。局所洗掘などの指標と見られる K_2 について件数を示したのが図-3-9-1である。とくに傾向は見られないようである。

つぎに、マットを使用する場合のブロックの積み方である。72件中、工種番号で31以下（1～31）の件数は50件であった。50件のうち、層積一層20件（40%）、層積多層16件（32%）および乱積14件（28%）の割合である。層積多層や乱積みの場合のマット使用比率が高まっているといえよう。

ブロック重量についてはどうであろうか。図-3-9-2はマットの使用されたブロックの重量頻度分布である。図-3-2-1や図-3-8-3に比較してブロックが軽量のものによく使われているといえる。

図-3-9-3はマットが使用されたブロック根固工の敷設巾の頻度分布である。マットが使用されたのは敷設巾が5m以下のものがほとんどである。あるいは通常も少し敷設巾を大きくとるところを、マットの使用によって小さくできたことを示すものとも思われる。

[10] 結線とマット使用による効果等

前々節および前節ではそれぞれ結線（連結）、マットの使用状態について調べたが、本節ではふたたび取り扱ってみる。しかし本節では結線とマットとを同時に対比させることを主眼としている。

表-3-10-1は結線およびマットの使用の有無に対して同時に解答を寄せられた701件についてそれらの併用状態を調べたものである。どちらも使用されない件数が約68%、結線されるかあるいはマットを使用されるかなどの手当てをされるものが32%である。表-3-10-2は河道の直線部と彎曲部とで分けてみたものである。しかし差は見られない。

図-3-10-1は結線有り、マット使用のそれぞれの件数についてパラメータを K_2 をとって調べたものである。 K_2 は計画低水路河床高を基準にみた局所洗掘深とみなせる。マット使用例の分布がほぼ一様であるのに対して、結線される例には $K_2 = 1\text{ m}$ および 2.5 m の2ヶ所に落ちこみが見られるのが特徴的である。結線については図-3-8-1、図-3-8-2と比較、マットについては図-3-9-1と比較するとよい。

図-3-10-2は横軸に G_2 をとったものである。平均低水路河床高が計画のそれより高い河道区間において結線やマット使用例が多いのは、ただそういう河状の河川が多いためだけであろうか。

図-3-10-3は V_D を横軸にとつてある。同図下欄の総件数と対比すると、 V_D が 3 m/s を越えると結線される例が多いようである。逆にマットが使用されるのは 3.5 m/s 以下の場合であるが、これは流速が大きい場所は一般に礫河床でマットの効果が期待できにくいからであろう。図-3-10-4は I_D を横軸にとつてある。この場合も V_D の場合と同じようなことがいえよう。図-3-10-5は横軸に Q_D をとったものである。傾向はあまり明瞭ではない。図-3-10-6は横軸に河床材料の平均粒径 D をとったものである。図-3-10-3や図-3-10-4の傾向を裏付けている。マットの使用されたのは $D = 50\text{ mm}$ が最大ではあるが多くは 3 mm 以下となっている。図-3-10-7は横軸に U_* をとったものである。 U_* の大きいところは結線される比率が高い。図-3-10-8は横軸に U_*/U_{*c} をとったものである。同図には総件数を対比させてないのではつきりとはいえないが、いままでの各図の傾向からみて U_*/U_{*c} の値の大きいところでマット使用の比率が高まることと思われる。

図-3-10-9、図-3-10-10および図-3-10-11の3枚の図では、図-3-10-9がベースにあつて、それに結線された根固工あるいはマットを使用されたものをexplicitにしてみたものである。図-3-10-9は積み方と U_*/U_{*c} の関係を示す。つぎに図-3-10-10では、結線されたものを小丸印で、そのうち重量0.5トンブロックで結線されたものを三角印で示す。層積一層では U_*/U_{*c} の値の如何にかかわらず結線される比率がほぼ一様である。層積多層になると U_*/U_{*c} の値の大きい所で結線される場合がやや増加するようである。図-3-10-11では同様にマットが使用されたデータに小丸印、そのうち0.5トンブロックに使用された場合に三角印を付けてある。同図によれば明らかに U_*/U_{*c} の値の大きい場所でマットの使用される比率が増大している。小さいブロックで乱積の場合にもマットが使用されているようである。

図-3-10-12は横軸に根固工敷設巾 b をとつてある。 b が大きくなると結線される比率が高いように思われる。反対にマットの使用される根固工は b が $2 \sim 7\text{ m}$ であつて分布形は全体的なそれ(図-3-5-1)と類似である点が興味深い。結線することによって b が減少しているかどうかという疑問に対しては、正面切つての答は戻ってこずに、大きい b の必要な根固工は結線されることが多いとしかいいようがないようである。マットを使用することによって b が減少するかどうかについても、結局上と同様な印象をうける。

図-3-10-13および図-3-10-14はともに図-3-5-12をベースにしたものである。図-3-10-13においては層積一層の根固工についてプロットされており、そのうち小丸印

は結線されているデータである。結線の小丸印は全体として右下がりで見ると疑問を覚える。しかしこれは河床材料Dのパラメータがはいっていないことを考えると納得がゆく。もしD=一定の特性曲線を同図上に描くことができればその曲線は右上りとなろう。図-3-10-14では黒点が一層積み(層積一層、乱積一層)のデータを、小丸印は二層以上の積み方をしたデータである。二層積み以上の積み方についても前同様粒径Dをもう1つのパラメータとして追加した方がよさそうである。また水平バーを付したのはマットが使用されたデータである。横軸の値の大きい方へ分布比率が高いことが明瞭である。

図-3-10-15, 図-3-10-16および図-3-10-17はいずれも図-3-10-15がベースとなっており、 $b/H_A \sim U^*/U_{*c}$ の関係を示す。図-3-10-13および図-3-10-14と同様なことがいえよう。

図-3-10-18, 図-3-10-19および図-3-10-20はいずれも図-3-10-18がベースである。横軸は K_2 (計画低水路河床高と根固工設置前の最深部河床高との差)、縦軸はブロック重量をとってある。図-3-10-19では結線されているデータについて小丸印を付してある。ブロック重量ごとの結線頻度は明瞭であるが K_2 による変化は見られないようである。同様に図-3-10-20ではマットの使用されたデータに小丸印を付してある。 K_2 による傾向はみられない。図-3-10-21, 図-3-10-22および図-3-10-23は横軸に G_2 をとったものである。前3図と同様なことしか読みとることができない。

図-3-10-24, 図-3-10-25および図-3-10-26はいずれも図-3-10-24をベースに、いずれもブロック重量と Q_D との関係をみようとしたものである。とくに顕著な傾向はみられない。

図-3-10-27, 図-3-10-28および図-3-10-29はいずれも図-3-10-27をベースに、いずれもブロック重量と U^*/U_{*c} の関係をみようとしたものである。図-3-10-28によれば同じ1トンブロックを使われる場合には U^*/U_{*c} の値が大きいほど結線(小丸印は結線のデータ)される比率が高いように見受けられる。

図-3-10-30, 図-3-10-31および図-3-10-32はいずれも図-3-10-30をベースに、いずれもブロック重量と H_A との関係を見ようとしたものである。明瞭な傾向は見出せない。

〔考 察〕

〔8〕,〔9〕および〔10〕の3節にわたって、結線(連結)の使用例や河床材料の吸い出し防止マットの使用例を集計して調査してみた。災害や被害調査がともなっていないので断定的な設計基準は得られなかった。また結線やマット使用によって、根固工の合理的な設計がなされる傾向があるかどうか(たとえば敷設巾の縮少や重量の減少)についても明確な根拠を得る方法が見つからない気がする。

上述のような問題点があるにしろ、結線やマットなどの使用例はいずれも現地の河状、水理量と密接に結びついた設計がなされているという傾向は明瞭となった。このような観点にたてば現在の設計に

対する考え方は、結線やマットを使用することによって、根固工の機能向上あるいは付加価値を高めるといえるものである、ということは可能である。

結線やマットの使用例が水理量や河床材料の大きさと非常に密接に結びついていることは、図-3-10-3（高水時の断面平均流速）、図-3-10-4（計画高水こう配）、図-3-10-6（粒径）、図-3-10-7（ U_* ）、図-3-10-11（ U_*/U_{*c} ）などで分かる。根固工諸元の設計と結びついている点としては、敷設巾の大きい根固工では結線される比率が高いという図-3-10-12があった。

しかし河床低下が激しいとか洗掘が大きいあるいは施工性などというパラメータとは相関は比較的に弱かった。しかし重要な指標と考えられるので、今後整理手法などを考案改良して設計基準までもってゆきたいと考えている。

結線やマットの使用によって廉価で実効の大きい（ある意味で消耗品であるという考えは当然保存しておいて）根固工の設計基準をつくるためには、こうした工法の試験的採用をさらにふやした方がよいと思われる。前述のように現状では普及度もわずかであり、かつ使用される河川が限定されているように思われる。

〔11〕 その他の設計要素について

図-3-11-1は根固工天端の縦断こう配 I_T と計画高水こう配 I_D との相関を調べてみたものである。多くのデータは I_D に等しいかあるいはそれに近い天端縦断こう配が選定されていることを示している。なかにはしかし極端に異なる I_T を採用した根固工も見られる。

計画高水こう配は一般にかなり長い河道区間において定められているのが普通で、計画高水流量時においても河道の各区間の水面こう配を表わしているとは限らない。根固工域と河道のそれぞれの流水の交換量が少なければ少ないほど根固工の維持にとって好都合であると考えれば、天端縦断こう配はむしろ根固工設置地点（あるいは敷設延長区間）の水面こう配に等しい方が望ましいから、したがって I_D に等しくなければならない理由はないと思われる。床固めやその他の河川構造物などのための I_D の急変区間でもそうであろう。また天端縦断こう配決定の参考になる水面こう配は、もし I_D と大きく異なることがなければ、他の出水頻度の多い流量に対する水面こう配であつても良いと思われる。また根固工新設の場合には、上下流の既設の根固工の天端縦断こう配を参考にする必要もあろう。根固工敷設延長が長い場合には、相当慎重に縦断こう配を決める必要があるが、ごく短い場合にはその決定にはとくに困難はないと思われる。表-3-11-1も参考になるであろう。

4. まとめと今後の課題

この調査研究は、最近のコンクリートブロックによる河川護岸根固工の施工状況の技術的側面を、施工例から集計調査したものである。その結果、ブロックの積み方、天端基面高の実情、敷設巾などの設計の傾向などに関して、いくつか知見が得られた。新しいブロックは、根固工の計画、施工に多様性・選択の自由性などという貴重な革新をもたらし、施工性の良さなどで全国の河川で多用されている。しかし反面、代表的な積み方は層積一層であり、天端基面高や敷設巾などについては在来の木工沈床や十字ブロックの考え方に強く影響を受け、まだ新しいブロック工法が開発されずに残されているような印象を受ける。以下本調査結果をまとめてみる。

(1) 回収された調査票は 806 件、対象となった根固工種は約 40 種類、ブロックによる施工例のデータがほとんどであった。

(2) 調査の方針は、各ブロック種類の性能差を無視し、ブロック群として根固工の作用をはたしている状況を集計して平均値を出そうとするものであった。

(3) ブロックの積み方に関しては各ブロックの性能をわずかにのぞかせたものとして、ブロックごとに使われ方の特長がでていた。(表-3-2-1)。新型のブロックは一般的にいて、層積み形式に適した形状をなしており、一部に層積・乱積の両方の形式にともに適する形状をしたものがある。乱積み専用のブロックはなかった。

(4) 層積みと乱積みのそれぞれの定義は必ずしも明確でないが、一応回答のあった通りだとすれば、総件数の約 65% が層積み、35% が乱積みであった。

(5) 1~2 トンブロックがきわめて多用され(合わせて全体の 80% に達する)、また、ブロック重量に積み方の傾向は見られなかった。

(6) 直線部ではほぼ層積一層であり、彎曲部では層積多層や乱積件数が少しふえる傾向にある。

(7) H_A (計画高水時の断面平均水深) が 8 m を越えると乱積み件数が増加する傾向である。

(8) K_1 の大きさが 1~2 m (1~2 トンブロック 1 基部の背高程度) を越えると、乱積みの傾向が顕著となる。施工性を重視したものであろう。

(9) 積み方に関しては V_D 、 U_* 、 D 、 Q_D などはそれぞれ単独では良いパラメータではない。

(10) I_D のきわめて大きい場所では乱積みが回避されている。

(11) 積み方には上の傾向のほか、積み方を決める主因はブロック工種と低水時の水深であらう。

天端基面高に関しては

(12) 計画河床高よりもむしろ平均低水路河床高や平均低水位を参考にして天端基面高を決定する傾向にある。

(13) 低水時の水深が増加すると、乱積みの天端基面高は低下する傾向にある。

(14) 中・上流部では H_L が大きくなるにつれて天端基面高は平均低水位より徐々に高くしてゆく傾

向がある。

(16) 平均低水路河床高が計画のそれにくらべて低下している河川では、天端基面高は計画低水路河床高に対して低下してくる。反対に、平均低水路河床高に対しては上げるような設計がなされているようである

(17) 天端基面高は、 B 、 Q_D 、 V_D 、 I_D 、 Q_D 、 U_* などにはそれぞれ単独にはほとんど影響を受けない、むしろ水深に関連するパラメータには単独で相関がある。

(18) 彎曲部では、低水位面上0～1.5 mほど突出させる乱積み根固工がふえる。一般的にも、平均低水位以上に突出させるのは乱積みが多い。

つぎに敷設巾に関しては

(19) 川巾20 mが根固工設置の最小川巾であった。

(20) 敷設巾は4～6 mが圧倒的に多く、乱積みでは層積みより敷設巾が若干大きくなる。

(21) H_R 、 V_D 、 I_D 、 U_* のパラメータにおいては、それぞれ単独に敷設巾と相関がある。

(22) 敷設巾が大きくなると使用されるブロックも大きくなる傾向にある。しかし、小さいブロックを多数並列する傾向もきわめて根強い。「大きいブロック2列より小さいブロック3列を」は生きている。

(23) 橋本規明博士の提唱した $b = 2.8 h$ (h : 洗掘深度) の関係は、 $R_1 = 0.3$ 程度でデータの中心を通る。 R_1 の値が0.3より大きくなっても、また小さくなっても他の基準によって b を決定する傾向にある。

(24) 敷設巾は A_R に強い相関をもつ、敷設巾は H_A よりも B に関係するのであろう。(図-3-5-28)。

敷設延長については

(25) 敷設延長は図-3-6-9の整理が今回もつともよく傾向を出していた。これによれば敷設延長は川巾や川巾水深比 A_R など蛇行特性量と強い関係にあることは明瞭となったが、(蛇行長の調査項目がなかったので)蛇行長と直接関連付けることはできなかった。

ブロック重量に関しては

(26) V_D や U_* が大きくなると、ブロック重量はそれにつれて大きく取られる場合と、依然1～2トンのブロックを重用するなどの傾向がある。これは相反する考え方とも受け取れるが、一方各河川の事情、経験および各ブロック工種の機能などを反映した結果でもある。非常に重要な問題であるので今後も十分検討してゆきたい。

結線や河床材料吸い出し防止マットの使用に関しては

(27) 結線やマットの使用例が水理量に密接に結びついており、 V_D 、 I_D 、 D 、 U_* 、 U_*/U_{*c} が主な指標であった。

(28) 敷設巾の大きい根固工では結線される比率が高くなる。

(28) 河床低下量や洗掘深との対応は、今回の調査手法をもってしては、必ずしもよくなかった。

(29) それぞれの普及度は全体的にみて低水準にあり採用されるか否かはむしろ河川ごとという傾向が強い。しかし上の(28)のような使用のされ方であれば、他の河川でも試験的な採用をしてもよいと思われる。

そ の 他

(30) ブロック根固工の数多くの機能についてまだ未知の面が多いので、水理模型実験を充実させるとともに相似性を保つことが困難な機能については現地試験が望ましい。現地試験については北海道開発局のそれが有力な参考になろう。こうした各種の調査試験に際しては用語の統一（定義の明確化）が望まれる。

(31) ここでやってきた集計をさらに改良充実させ、理論や現実の施工の面からの体系づけを行ってゆく必要がある。

(32) 災害やその経歴を継続的に調査する体制をつくることが望ましい。

(33) ここでは根固工に限定したが、他の用途たとえば水衝部のブロック工法などは類似の機能をもつと考えられるのでまとめて、ブロック根固工の設計基準化に努力したい。

使 用 記 号 一 覧 表

H_A	: = 計画高水位 - 平均低水路河床高,
H_L	: = 計画高水位 - 平均低水位,
H_T	: = 計画高水位 - 根固工天端基面高,
H_R	: = 護岸鉛直高,
H_1	: = 根固工天端基面高 - 平均低水位,
H_2	: = 根固工天端基面高 - 計画低水路河床高,
H_3	: = 根固工天端基面高 - 平均低水路河床高,
H_4	: = 根固工天端基面高 - 根固工設置前の最深部河床高,
K_1	: = 平均低水位 - 根固工設置前の最深部河床高,
K_2	: = 計画低水路河床高 - 根固工設置前の最深部河床高,
K_3	: = 平均低水路河床高 - 根固工設置前の最深部河床高,
G_1	: = 計画低水路河床高 - 平均低水位,
G_2	: = 計画低水路河床高 - 平均低水路河床高,
R_1	: = K_1 / H_A
R_3	: = K_3 / H_A
Q_D	: = 計画高水流量,
q_D	: = 単位巾流量 (計画高水流量時) = Q_D / B ,

V_D : = 断面平均流速 (計画高水流量時) ,
 I_D : = 計画高水こう配 ,
 D : = 河床材料の粒径の大きさ ,
 U_* : = 摩擦速度 (計画高水流量時) $= \sqrt{g \cdot H_A \cdot I_D}$,
 g : = 重力加速度 ,
 B : = 川 巾 ,
 b : = 根固工敷設巾 ,
 F_R : = フルード数 $= V_D / \sqrt{g \cdot H_A}$,
 A_R : = 川巾 / 水深 $= B / H_A$,
 W : = ブロック重量およびときとしてブロック水中重量 ,
 I_T : = 根固工天端縦断こう配 ,
 M_L : = 蛇 行 長 ,
 L : = 根固工敷設延長 ,
 f : = 摩擦係数 ,

謝 辞

本報告は多数の調査票を基盤にとりまとめられたものである。労のかかる多数の調査票の記入にあ
 たられた全地建河川工事課、各工事々務所の方々に厚くお礼申し上げたい。調査票の磁気テープへの
 入力、また本報告の母胎となった「根固工報告書」をおまとめになった中部地方建設局静岡河川工事
 々務所長堀田武氏 (前河川工事課長)、同丸山ダム管理所々長高橋春夫氏 (前河川工事課長)、故
 田中重雄氏および河川工事課の方々には感謝したい。とくに高橋氏には本報告をとりまとめる動機と
 なる相談をさせていただいた。調査票の作成時点以来土研側で関連をもっていたというだけで、著者
 が本報告のまとめをさせていただいたもので、御担当になられた諸兄の御了解を得たい次第である。

昭和 5 3 年 2 月

鹿島試験所 所長 馬 場 洋 二

参 考 文 献

- (1) 東北地建、東北技術事務所「昭和 5 0 年度技術管理業務成果概要」、昭和 5 1 年 5 月。
- (2) 橋本規明「新河川工法」、森北出版、昭和 3 1 年。
- (3) 北海道開発局「根固工に関する調査研究 総集編」、昭和 4 9 年 2 月。
- (4) 中部地建「根固工調査報告書」、昭和 4 9 年 4 月。
- (5) 山本三郎編「河川工学」、朝倉書店、昭和 3 3 年。
- (6) 馬場・佐々木「根固工ブロックに関する調査」 昭和 5 2 年度河川事業調査費報告、土木研究
所、昭和 5 3 年 6 月 (予定)。

表-2-1-1 調査票(1)と記載例

東北地方建設局

根 固 工 調 査 表 (1)				昭和48年4月 日作成	
担 当 工 事 事 務 所	福 島 工 事	根 固 工 て ん ば 基 面 高	202,556 m		
河 川 名	阿 武 隈 川	根 止 工 て ん ば 基 面 高	202,056 m		
根 固 工 一 覧 表 の 番 号	4	根 固 工 て ん ば 横 断 こ う 配	1:50		
地 点 お よ び 左 右 岸 の 別	69.4 km 左岸	根 固 工 て ん ば 縦 断 こ う 配	1:1,015		
着 工 年 月 日	47年6月25日	根 固 工 敷 設 幅	4.0 m		
完 成 年 月 日	48年8月10日	根 固 工 敷 設 延 長	26.0 m		
根 固 工 の 工 種	中 空 三 角	ブ ロ ッ ク 重 量 ま た は 根 固 厚	1 t		
計 画 高 水 流 量	5,820 t	つ む み 方	乱 放		
河 幅	174 m	空 げ き 率	55%		
河 道 平 面 形 状	直 線	結 線 の 有 無	無		
低 水 路 幅 (概略値)	9.2 m	水 制 の 有 無	無		
I (計画高水こう配)	1:1,015	カーテンブロックの有無	無		
h (計画流量時)(m)	7.756 m	設置前の最深部河床高	200.4 m		
V (計画流量時の断面平均流速)(m/sec)	4.125 m/sec	現在の最深部河床高	200.4 m		
h × I	0.0076	水 衝 角 度	洪水時 0° 低水時 20°		
施工地点平均粒径	2~5%				
施工地点粗度係数	0.088				
平均低水路河床高	201.60 m				
計画低水路河床高	201.80 m	所 見	(1) 低下の傾向、数値の算出は不可能		
平均低水位	202,556 m		(2) 無		
護岸斜面長 低水護岸長	小段巾 6 m		(3) 無		
高水護岸長	6 m 1 m				
護岸斜面こう配	1:2				
土砂吸出し防止マットの有無	無				
根固工設置基準					

表-2-1-2 調査表(2)と記載例

九州地方建設局			
根 固 工 調 査 表 (2)		昭和48年4月28日作成	
担 当 工 事 事 務 所	宮崎工事事務所	根固工てんば横断こう配	レ ベ ル
河 川 名	大 淀 川	根固工てんば縦断こう配	1:1,600
根固工一覧表の番号	8	根 固 工 敷 設 幅	8.5 m
地点および左右岸の別	14k000~14k100 右 岸	根 固 工 敷 設 延 長	87 m
着 工 年 月 日	84. 6. 10	ブロック重量根固厚	1 t
完 成 年 月 日	84. 10. 30	つ み 方	乱 積
根 固 工 の 工 種	六脚ブロック	空 げ き 率	0.55
計 画 高 水 流 量	5,100 m ³ /s	結 線 の 有 無	な し
河 幅	4.40 m	中 詰 の 有 無	な し
河 道 平 面 形 状	わ ん 曲	水 制 の 有 無	あ り
低水路幅(概略値)	150 m	カーテンブロックの有無	な し
I (計画高水こう配)	1:1,600	設置前の最深部河床高	TP. 0.8 m
b (計画流量時)(m)	10.288 m	現在の最深部河床高	TP. 0.1 m
V (計画流量時の断面平均流速)(m/sec)	3.168 m/s	水 衝 角 度 洪水時	0°
b × I	0.0064	水 衝 角 度 低水時	0°
施工地点平均粒径	1.5	所 見 (1) 0.10m 低下/年. (2) な し (3) な し (4) な し	
施工地点粗度係数	計画 0.08 実測		
平均低水路河床高	TP 1.618m		
計画低水路河床高	TP 0.719m		
平均低水位	TP 2.1 m		
護岸斜面長 低水護岸長 高水護岸長	小段巾 5.0 m		
護 岸 斜 面 こ う 配	1:1.5		
土砂吸出し防止マットの有無	なし		
根固工てんば基面高	TP 2.92m		
根止工てんば基面高	—		
過 去 の 経 緯			
経験した最大洪水または被災洪水	S 4 6 年 8 月 5 日 Q = 8,870 m ³ /s V = 3.85 m/s H = 8.47 m		
被災または状況悪化の理由	水制の下流が埋没		
被災または状況悪化の状況			
過去の災害等	S 4 7. 7. 2 1 Q = 2,780 V = 1.4 m H = 5.87 m		

表-2-3-1 調査対象河川

番号	河川名	番号	河川名	番号	河川名	番号	河川名
	(東北地建)	52	阿賀川	98	木津川	140	嘉瀬川
1	阿武隈川(上流)	53	日橋川	99	宇陀川	141	松園川
2	荒川	54	信濃川	100	大和川	142	筑後川
4	阿武隈川(下流)	55	魚野川		(中国地建)	143	早津江川
5	名取川	56	姫川	101	江の川(上流)	144	諸富川
6	広瀬川	57	関川	102	馬洗川	145	限の上川
7	江合川	58	荒川	103	西城川	146	花月川
8	鳴瀬川	59	黒部川	104	神野瀬川	147	矢部川
9	旧北上川	60	手取川	105	江の川(下流)	148	大野川
10	北上川	61	千曲川	106	高津川	150	大瀬川
12	子吉川	62	犀川	107	白上川	151	五ヶ瀬川
13	雄物川		(中部地建)	108	佐波川	152	祝子川
14	王川	63	狩野川	109	芦田川	153	北川
15	皆瀬川	64	安部川	111	高梁川	154	遠賀川
17	岩木川	66	大井川	112	旭川	155	犬鳴川
18	馬淵川	67	天竜川(下流)	113	吉井川	156	彦山川
19	米代川	70	菊川	114	金剛川	157	中元寺川
20	赤川	71	牛瀬川	115	天神川	158	金辺川
21	最上川(下流)	72	佐束川	116	小鴨川	159	穂波川
27	小国川	73	下小笠川	117	日野川	160	菊池川
28	円生川	74	天竜川(上流)	118	千袋川 袋川	161	内田川
29	最上川(上流)	76	三峰川	119	八東川	162	追間川
	(関東地建)	77	豊川	120	斐伊川	163	合志川
31	多摩川	78	矢作川	121	赤川	164	白川
32	浅川	79	木曽川(上流)	122	太田川	165	緑川
33	相模川	80	長良川()	123	三篠川	166	天明新川
34	烏川	81	揖斐川()	124	根の谷川	167	浜戸川
35	富士川	82	牧田川		(四国地建)	169	御船川
38	利根川	83	根尾川	126	肱川	170	大淀川
39	渡瀬川	84	木曽川(下流)	127	岩野川	171	木庄川
40	江戸川	85	長良川()	128	那賀川	172	綾北川
41	中川	86	揖斐川()	129	桑野川	173	小丸川
42	久慈川	87	雲出川	130	物部川	174	番匠川
43	星川	88	中村川	131	仁淀川	175	井崎川
44	那珂川	89	櫛田川	132	渡川	176	肝属川
45	澗沼川		(近畿地建)	133	後川	177	串良川
	(北陸地建)	91	淀川 桂川	134	重信川	178	高山川
46	常願寺川	92	木津川		(九州地建)	179	恰良川
47	神通川	93	由良川	135	六角川	181	本明川 半造川
48	井田川	94	新宮川	136	武雄川	182	川内川
49	庄川	95	紀の川	137	牛津川	183	限之城川
50	小矢部川	96	円山川	138	今出川	184	田海川
51	阿賀野川	97	出石川	139	松浦川	185	長江川

表-3-2-1

根固工名称別一覧表

工種 番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		30	31	32	33	34	35		40	41	42	43	44	45	46	47	
ブロック名称	六脚 ブロック	三連 ブロック	テト ラボット	中空 三角 ブロック	トリ バー ブロック	アク モン ブロック	シェ ーク ブロック	合掌 ブロッ ク	コー ケン ブロッ ク	W・V ブロッ ク	ガン マエル ブロッ ク	三柱 ブロッ ク	アス テロッド ブロッ ク	ジュ ゴン ブロッ ク	I型 ブロッ ク	トリ ス トン	三基 ブロッ ク	三方 錐 ブロッ ク	四方 錐 ブロッ ク	ペン タ コン ブロッ ク	三脚 ブロッ ク	そ の 他		十 字 ブロッ ク	ホロ ー ス ケ マ ー	連 接 ブロッ ク	凸 型 ブロッ ク	カー テン ブロッ ク	そ の 他		捨 石	木 工 沈 床	ふ と ん じ ゃ か ご	ぞ だ ん 床	ぞ だ ん 床	中 空 H 型	改 良 木 床	杭 打 片 粹 工	計
調査 件数	99	174	24	106	6	24	36	4	29	6	13	13	6	2	6	2	5	2	2	3	7	3		64	63	6	2	1	6		47	7	3	17	1	4	4	9	806
層積 件数	56	125	10	45	5	12	17	3	23	5	12	7	4	2	6	0	4	1	2	3	7	1		64	63	6	2	1	6		0	7	3	17	1	4	4	9	537
乱積 件数	43	49	14	61	1	12	19	1	6	1	1	6	2	0	0	2	1	1	0	0	0	2		0	0	0	0	0	0		47	0	0	0	0	0	0	0	269

表-3-2-2 根固工コンクリートブロック重量とつみ方件数一覧表

重量	層積	乱積	計
0.5 ^t	11	13	24
1	187	94	281
2	130	71	201
3	38	17	55
4	17	6	23
5	11	2	13
6	2	0	2
7	0	0	0
8	3	0	3
9	0	0	0
10	0	0	0
12	2	1	3
15	0	0	0
計	401	204	605

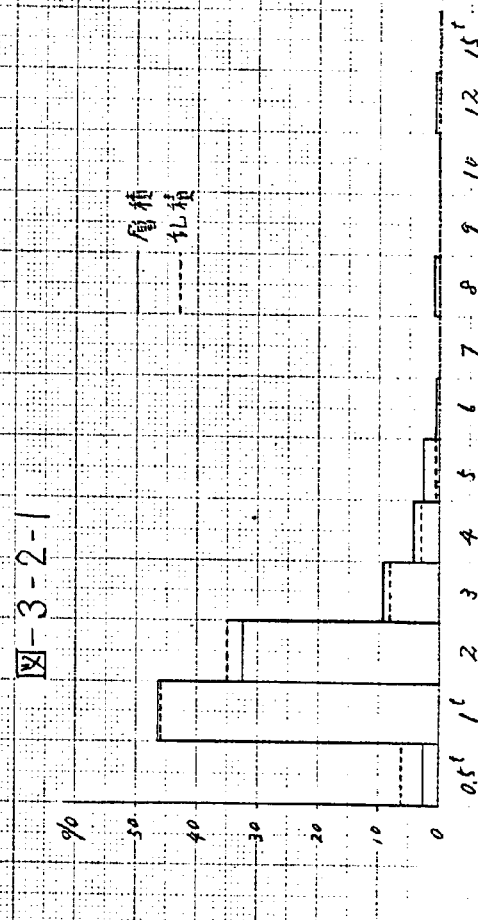


图-3-2-2

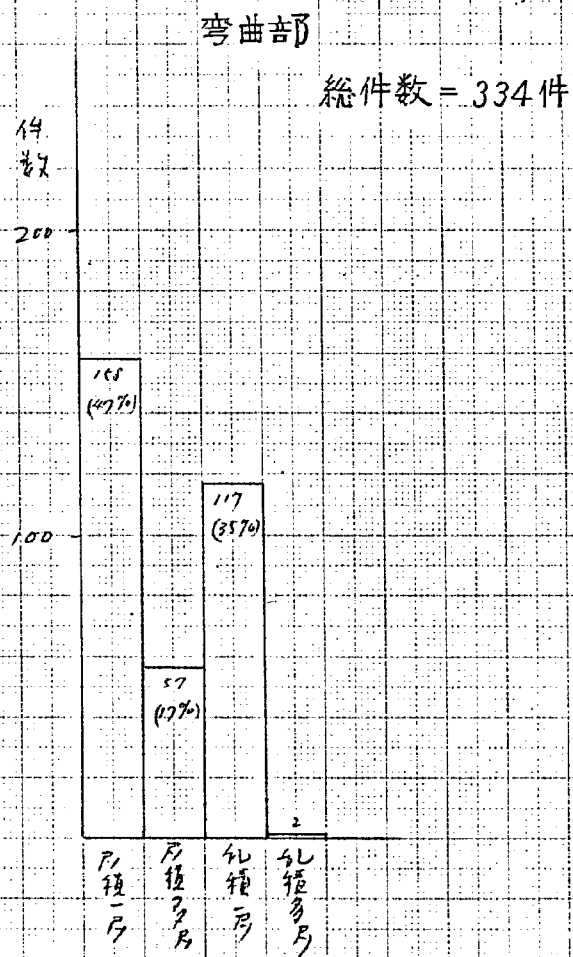
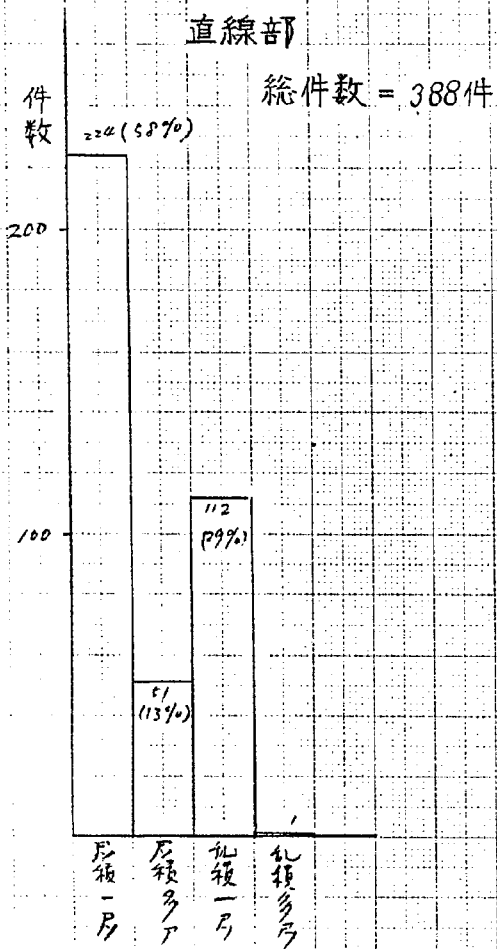


図-3-2-3 低水時水衝角度と件数

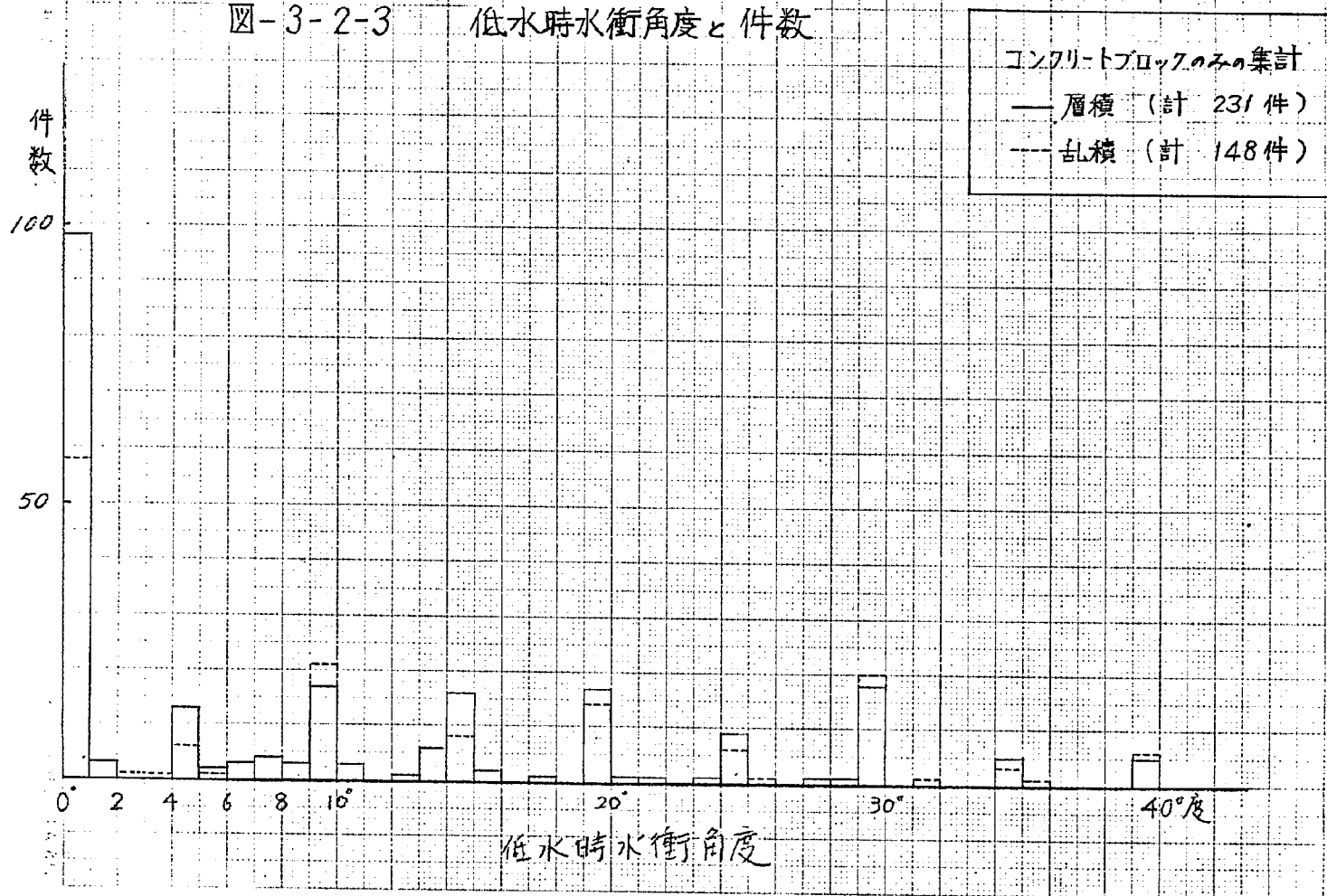


図-3-2-4 洪水時水衝角度と件数

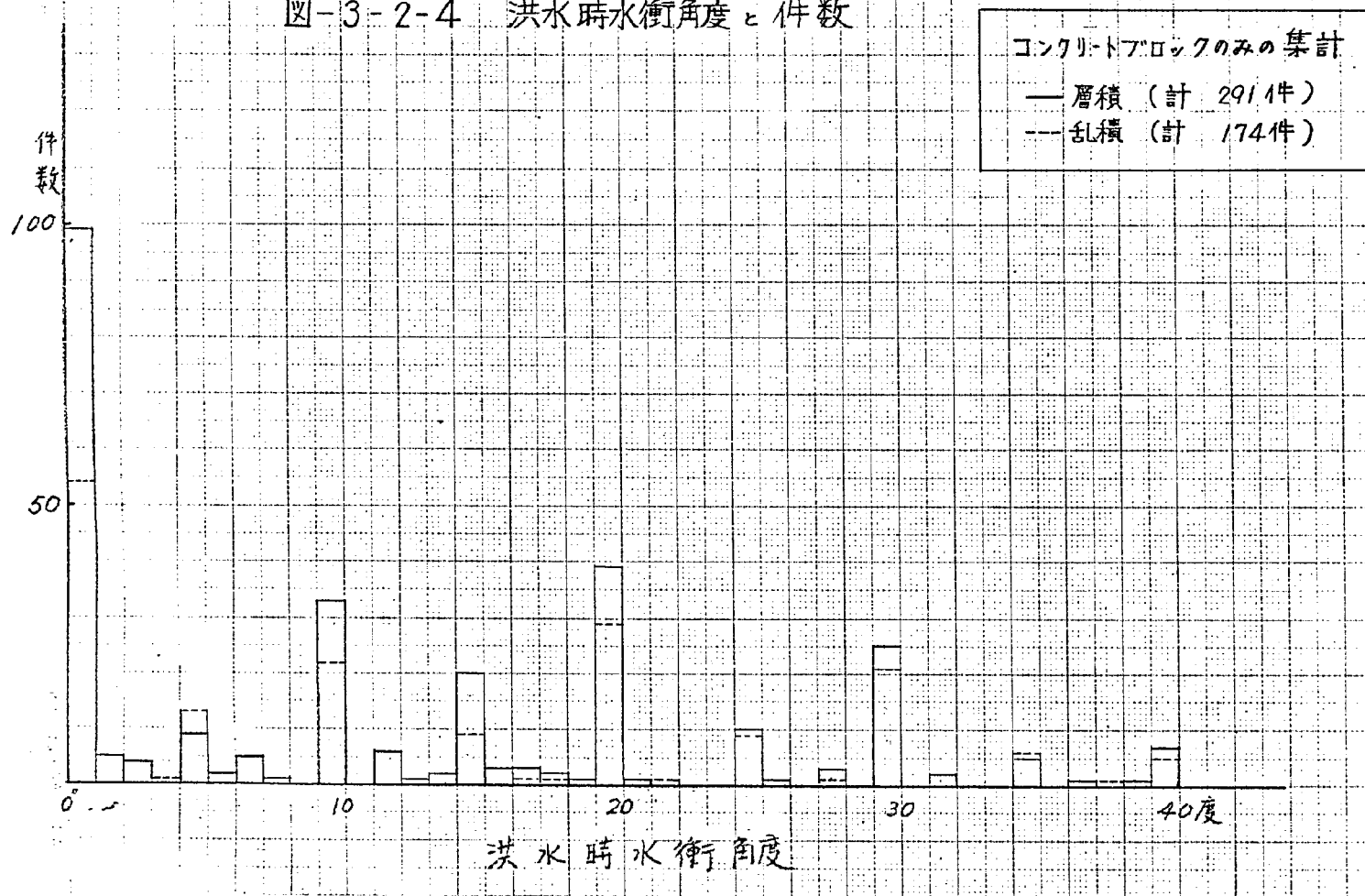
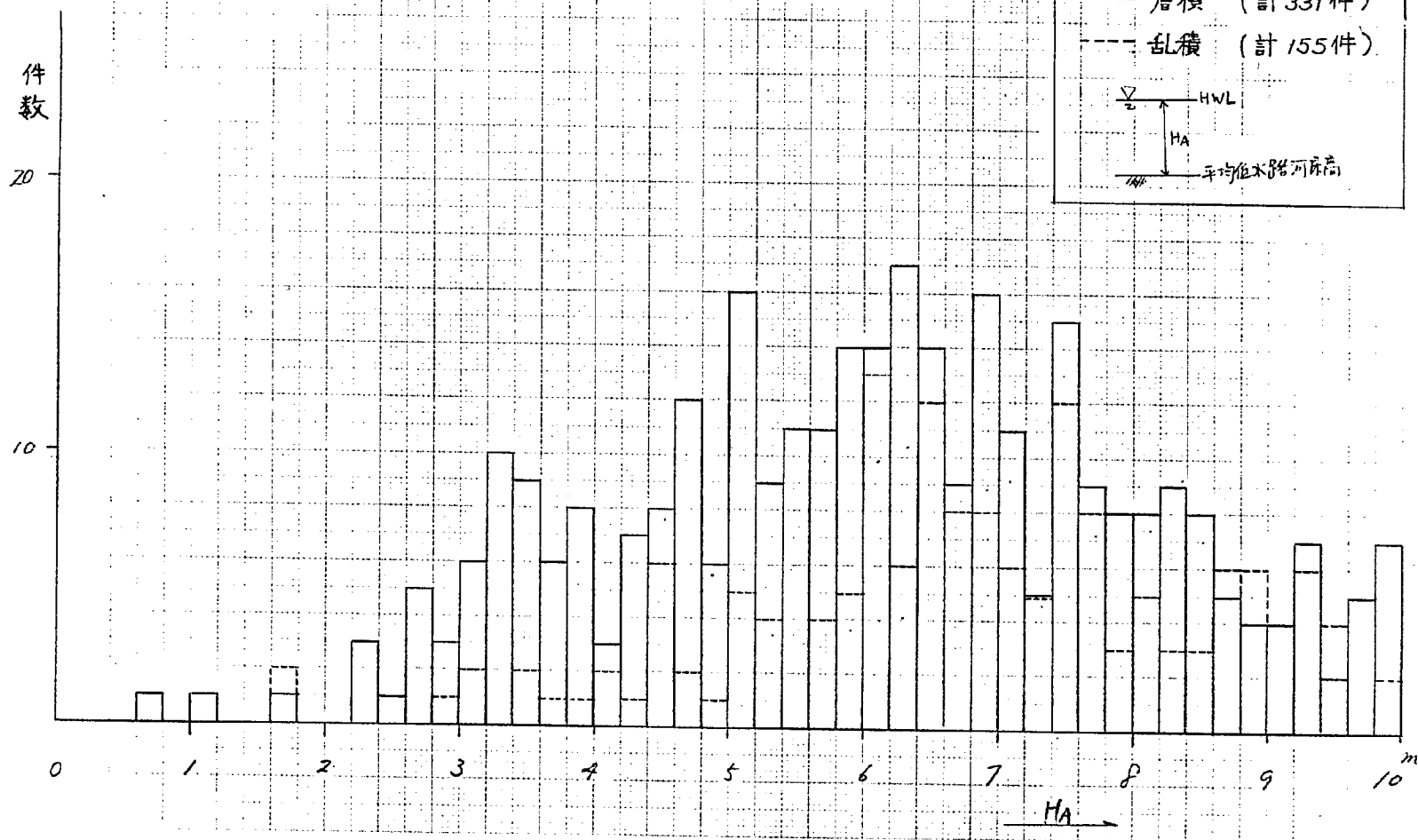


図-3-2-5 HA ~ 件数



四-3-2-6

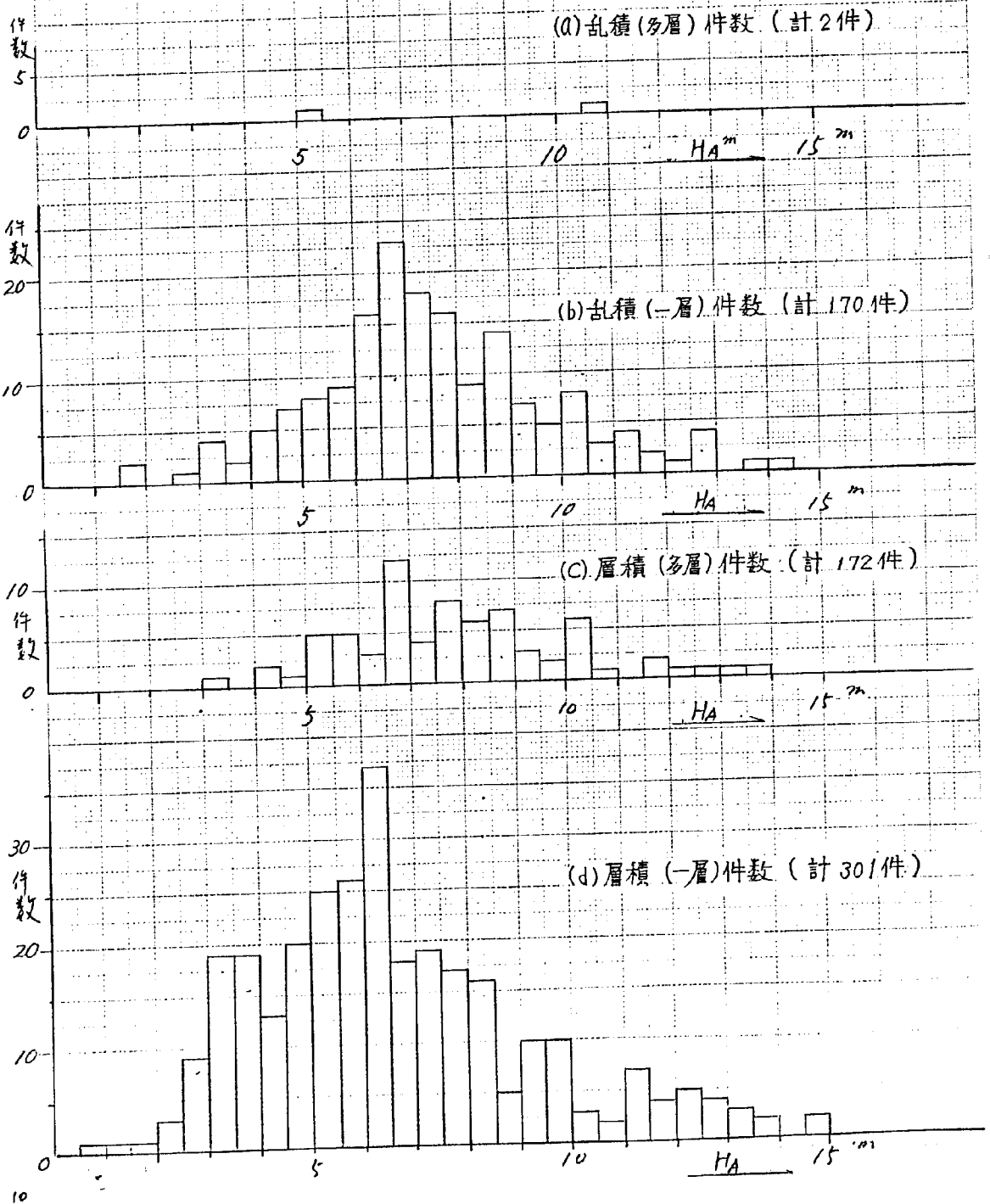


図-3-2-7 HL ~ 件数

件
数

20

10

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10^m

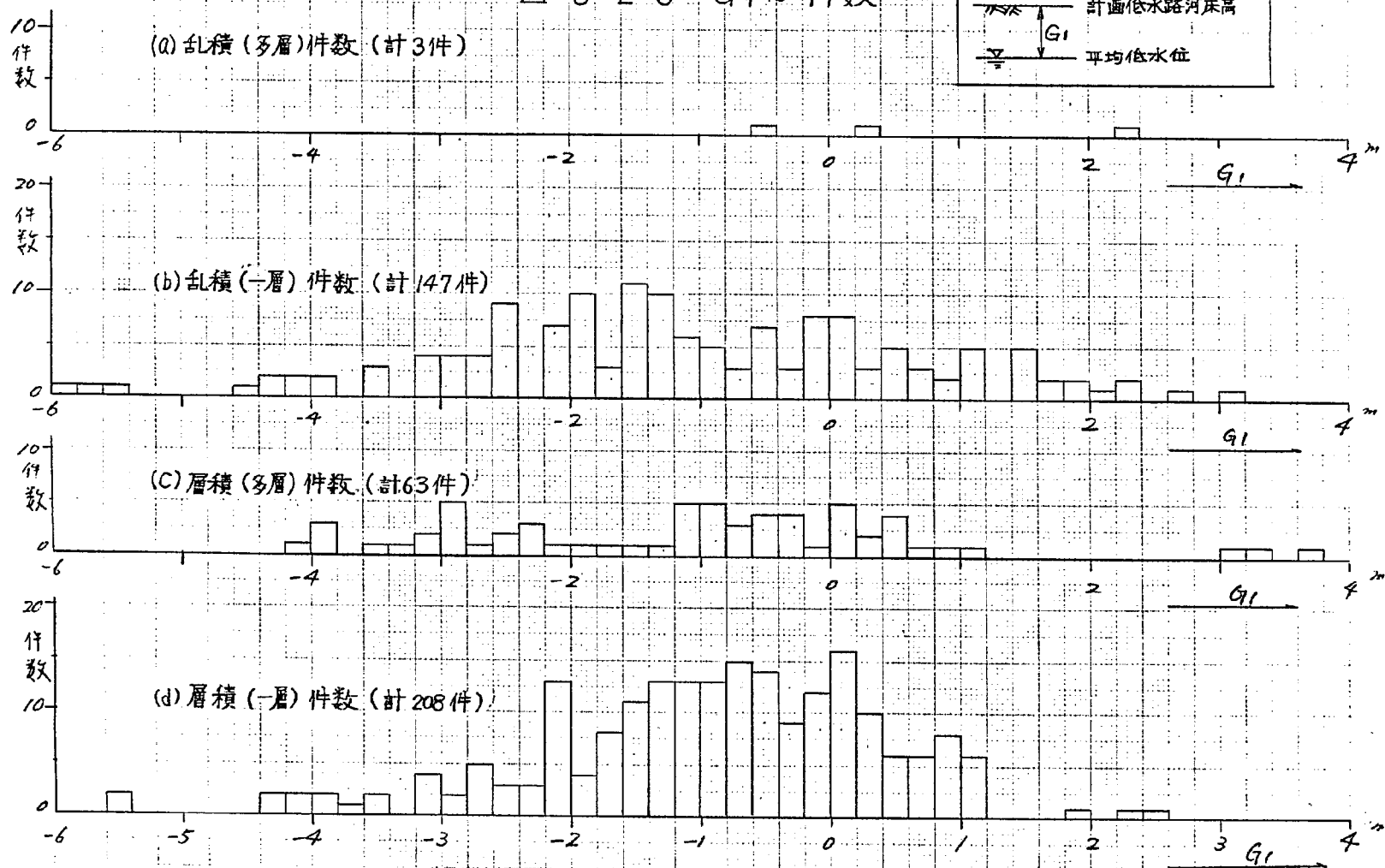
— 層積 (計 238 件)

- - - 乱積 (計 146 件)

$\frac{Q}{2}$ HWL
HL
 $\frac{Q}{2}$ 平均低水位

HL

四-3-2-8 $G_1 \sim$ 件数



件数

図-3-2-9 $K_1 \sim$ 件数

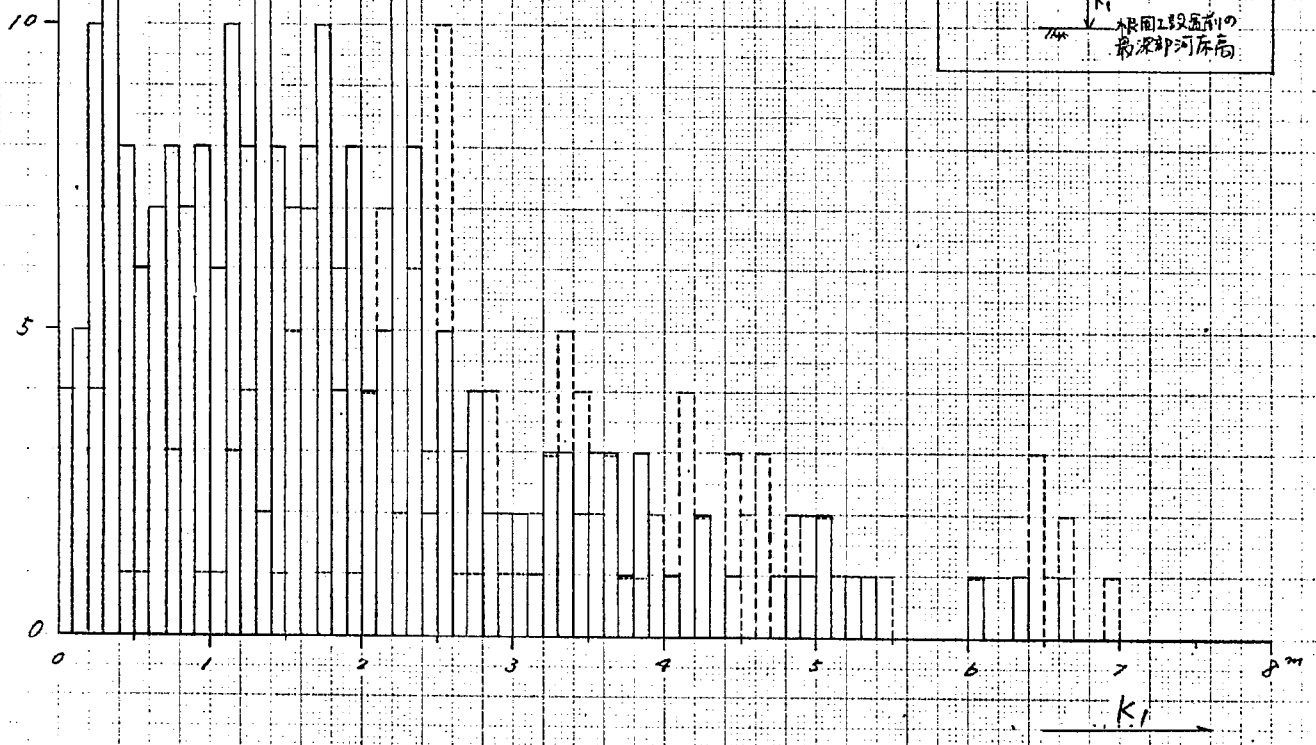
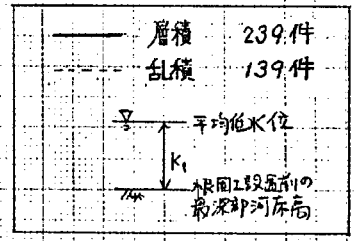
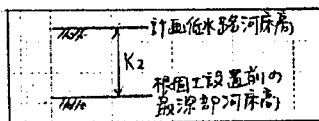
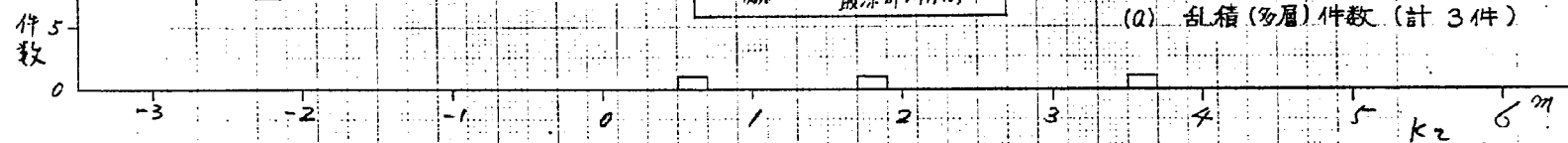


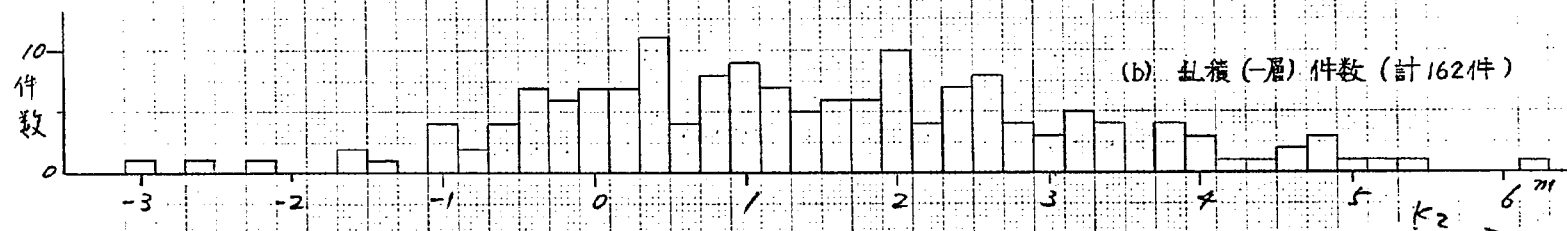
図-3-2-10 $K_2 \sim$ 件数



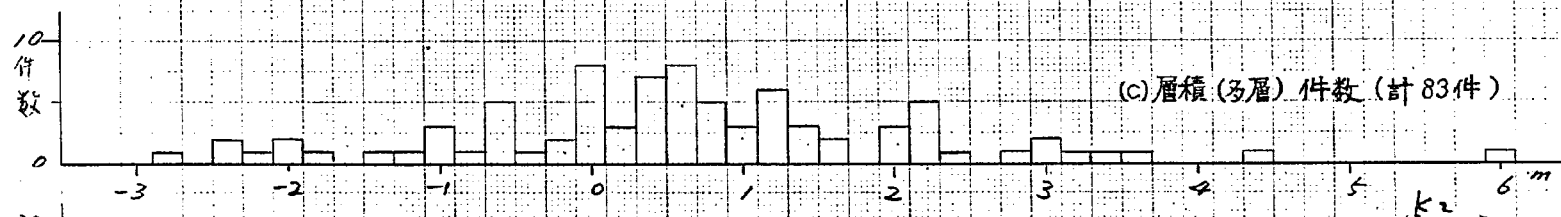
(a) 乱積(多層)件数(計3件)



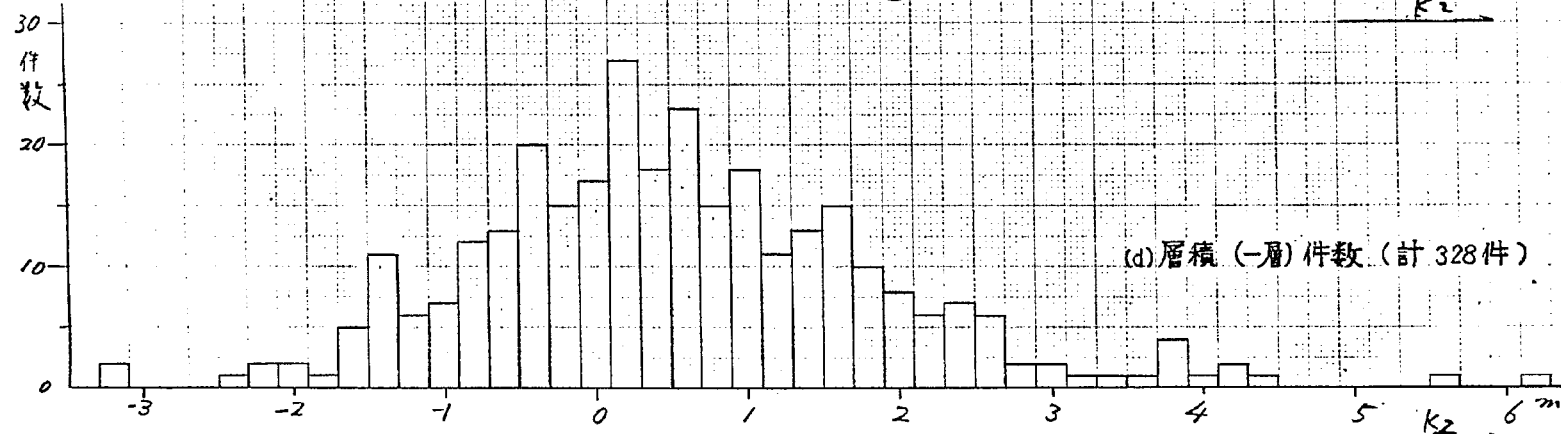
(b) 乱積(一層)件数(計162件)



(c) 層積(多層)件数(計83件)



(d) 層積(一層)件数(計328件)



四-3-2-11 K3 ~ 件数

工種別が32より小さいものにのみ7割

平均値K3を河床高

K3
林園工設置前の最深部
河床高

乱積多層 (計 3 件)

10
件
数

0

K3

乱積一層 (計 173 件)

10
件
数

0

K3

層積多層 (計 54 件)

10
件
数

0

K3

層積一層 (計 234 件)

10
件
数

0

K3

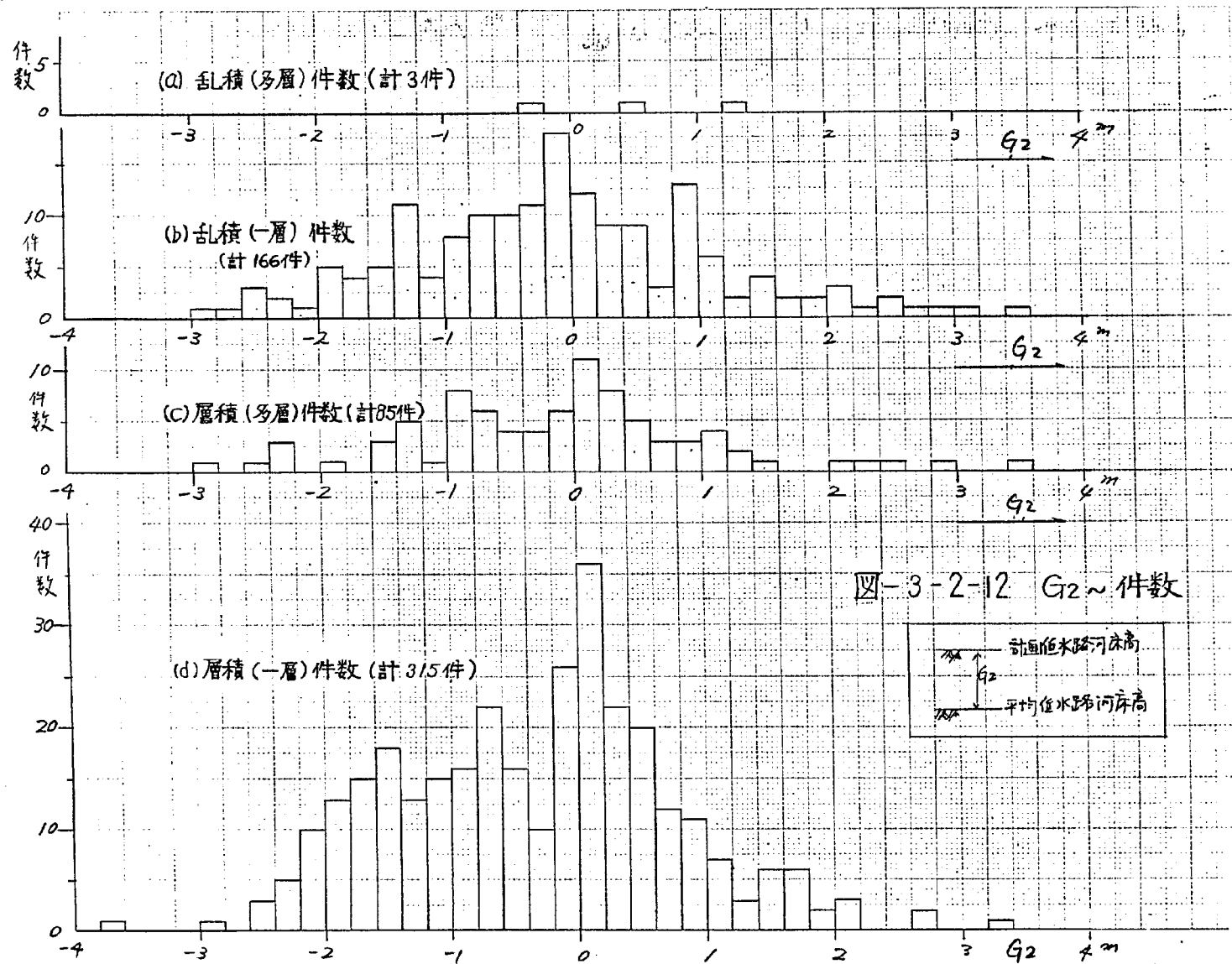


図-3-2-13 積み方 $\sim R_1$ ($R_1 = K_1/H_A$)

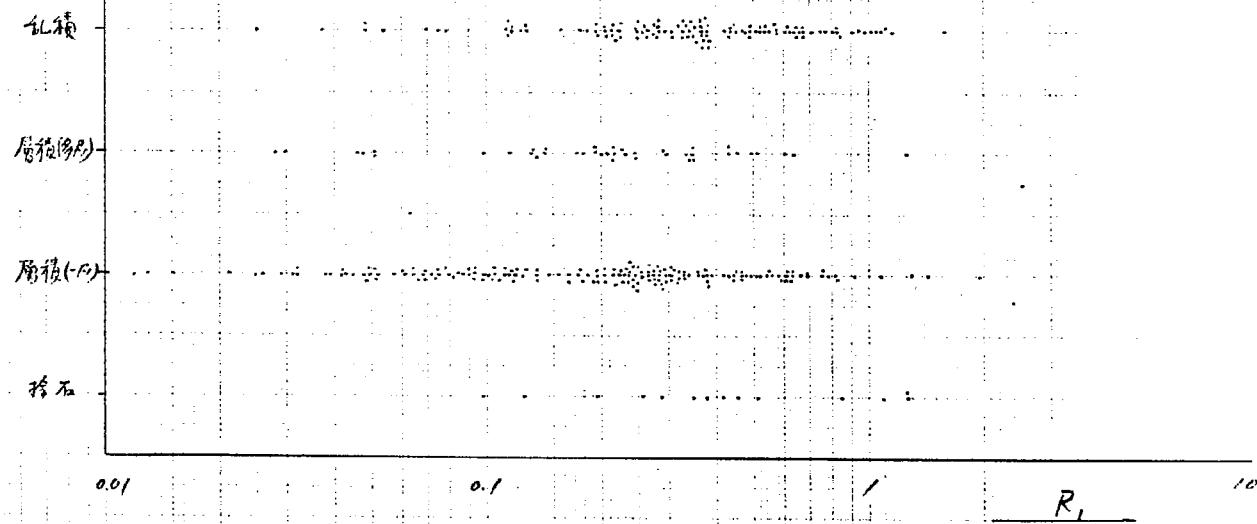


図-3-2-14 積み方 $\sim R_3$ ($R_3 = K_3/H_A$)

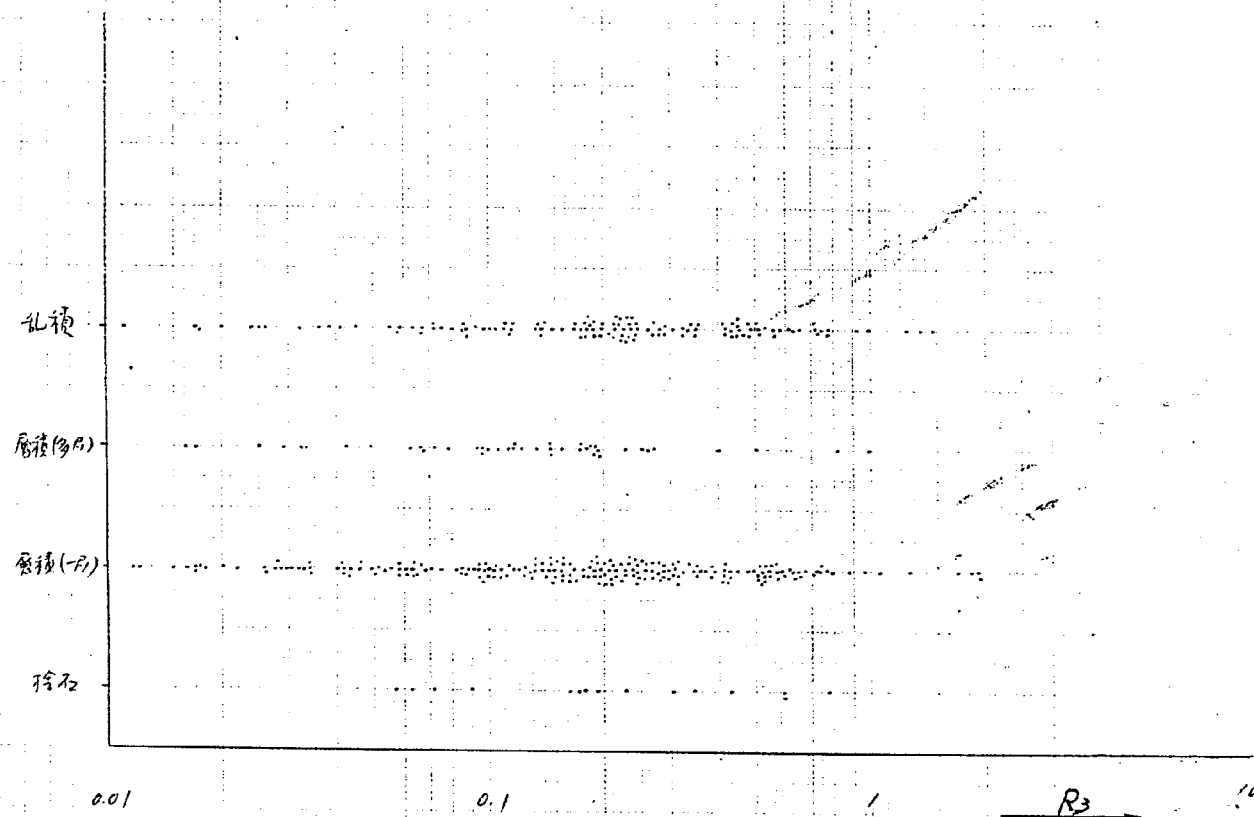


図-3-2-15 川巾と件数

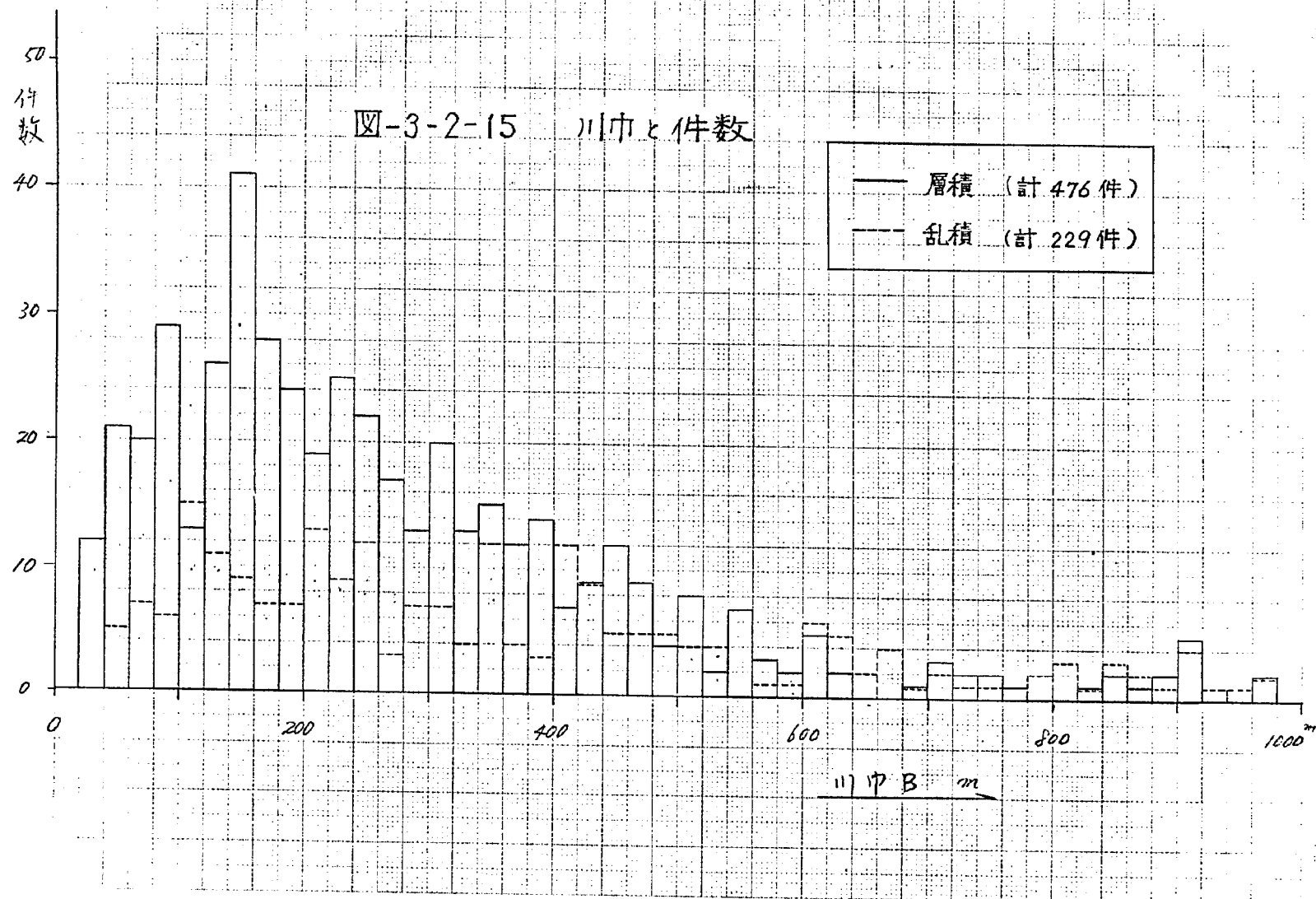


図-3-2-16 積み方と川巾

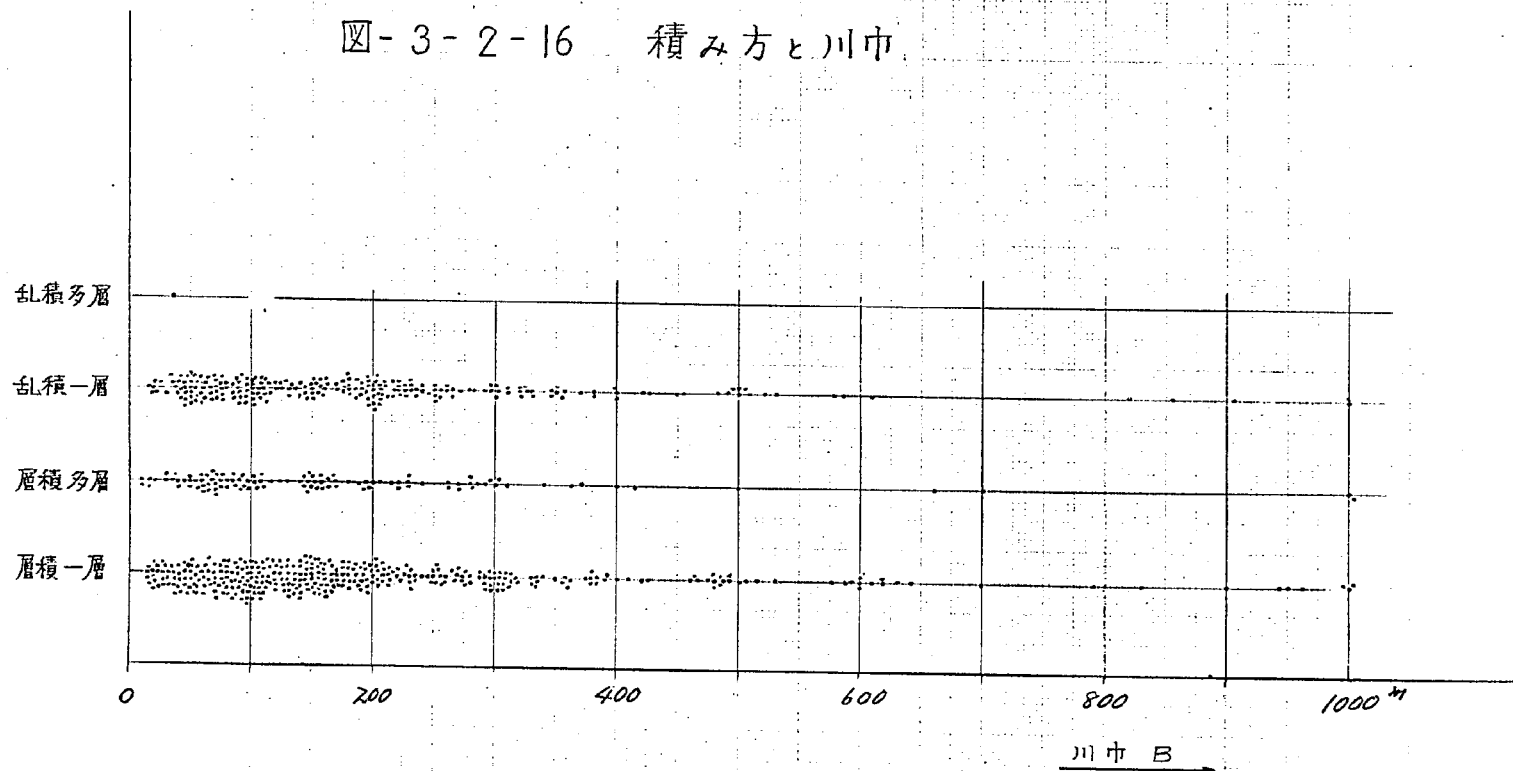
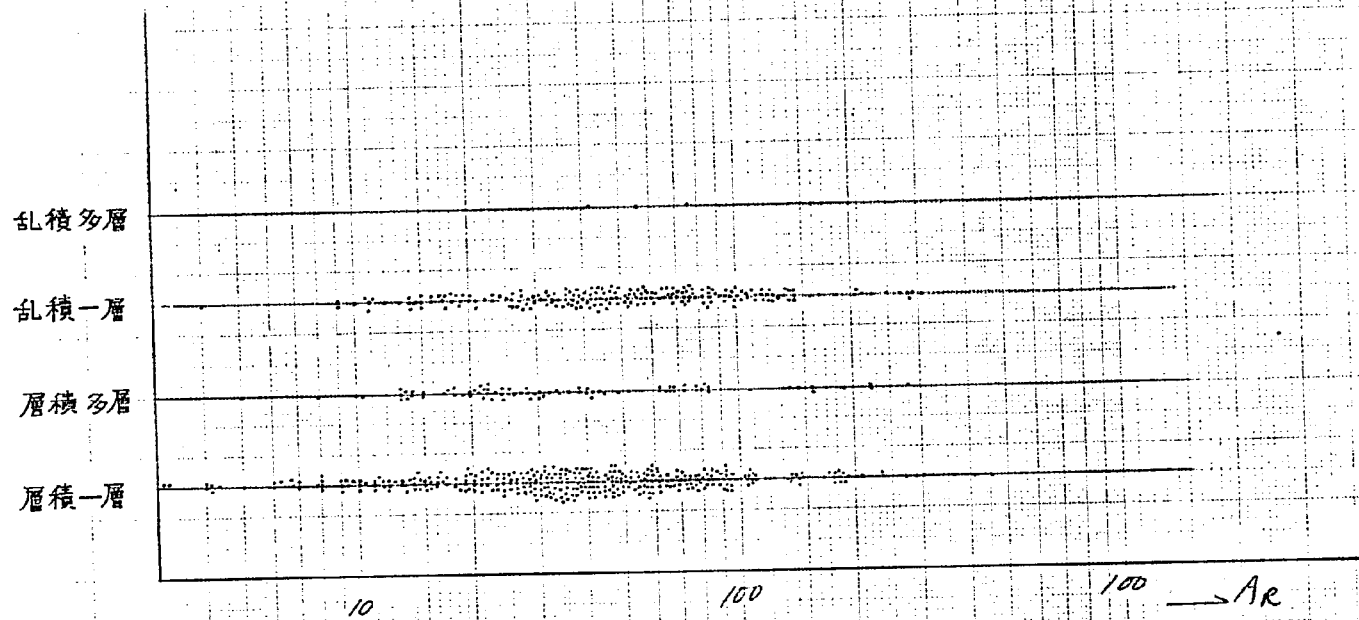
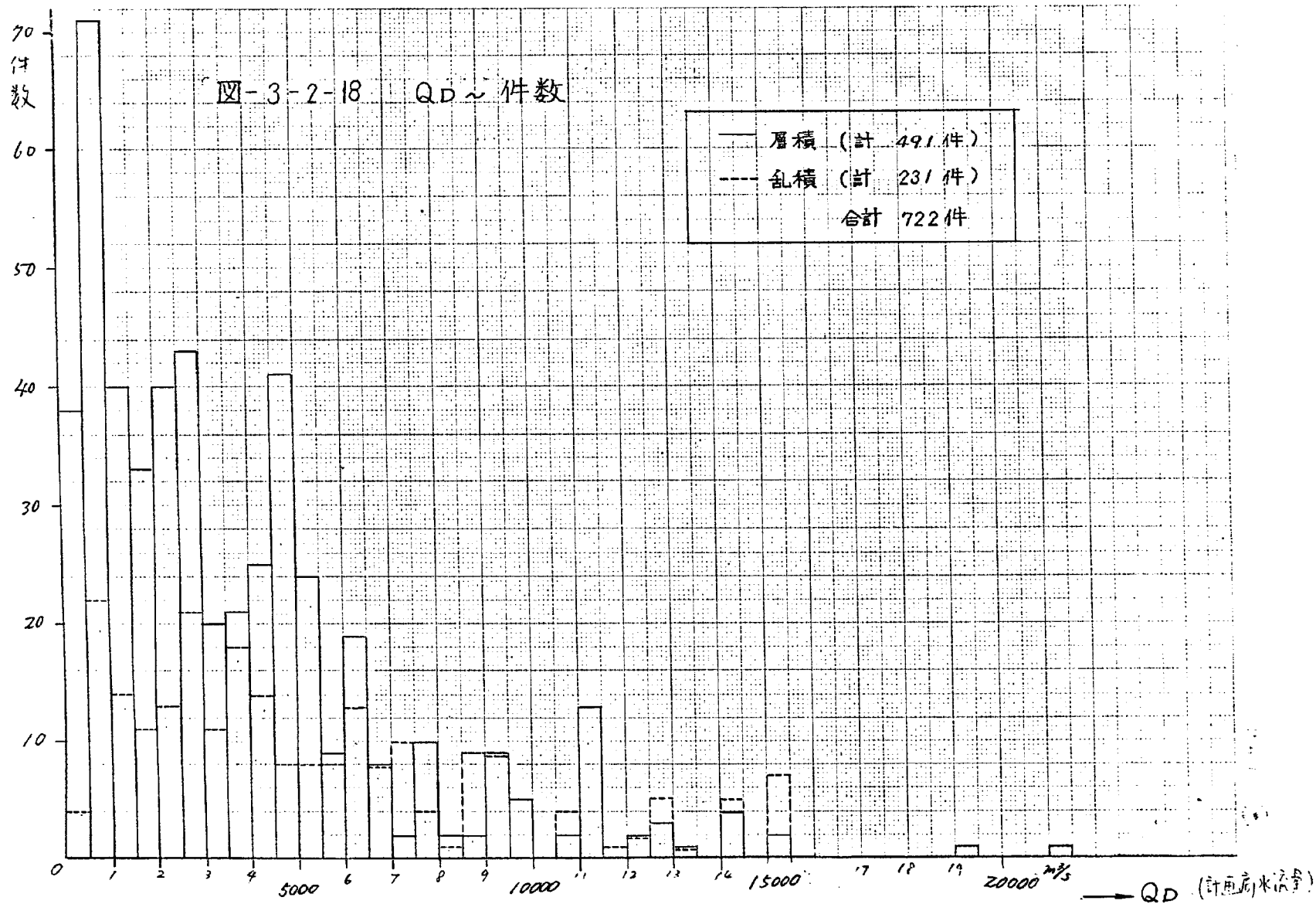


図-3-2-17 積み方とAR (川中水深比)





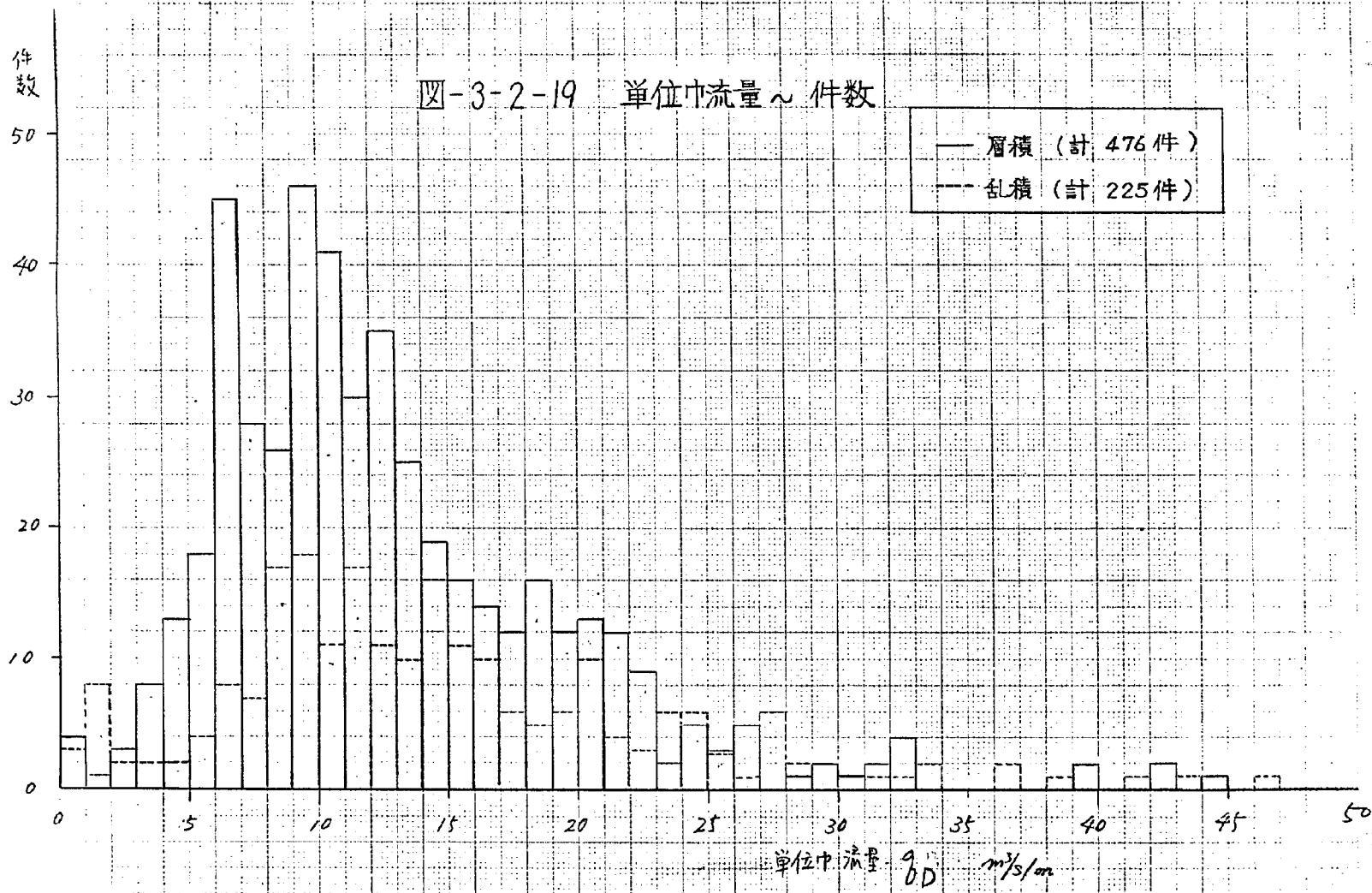
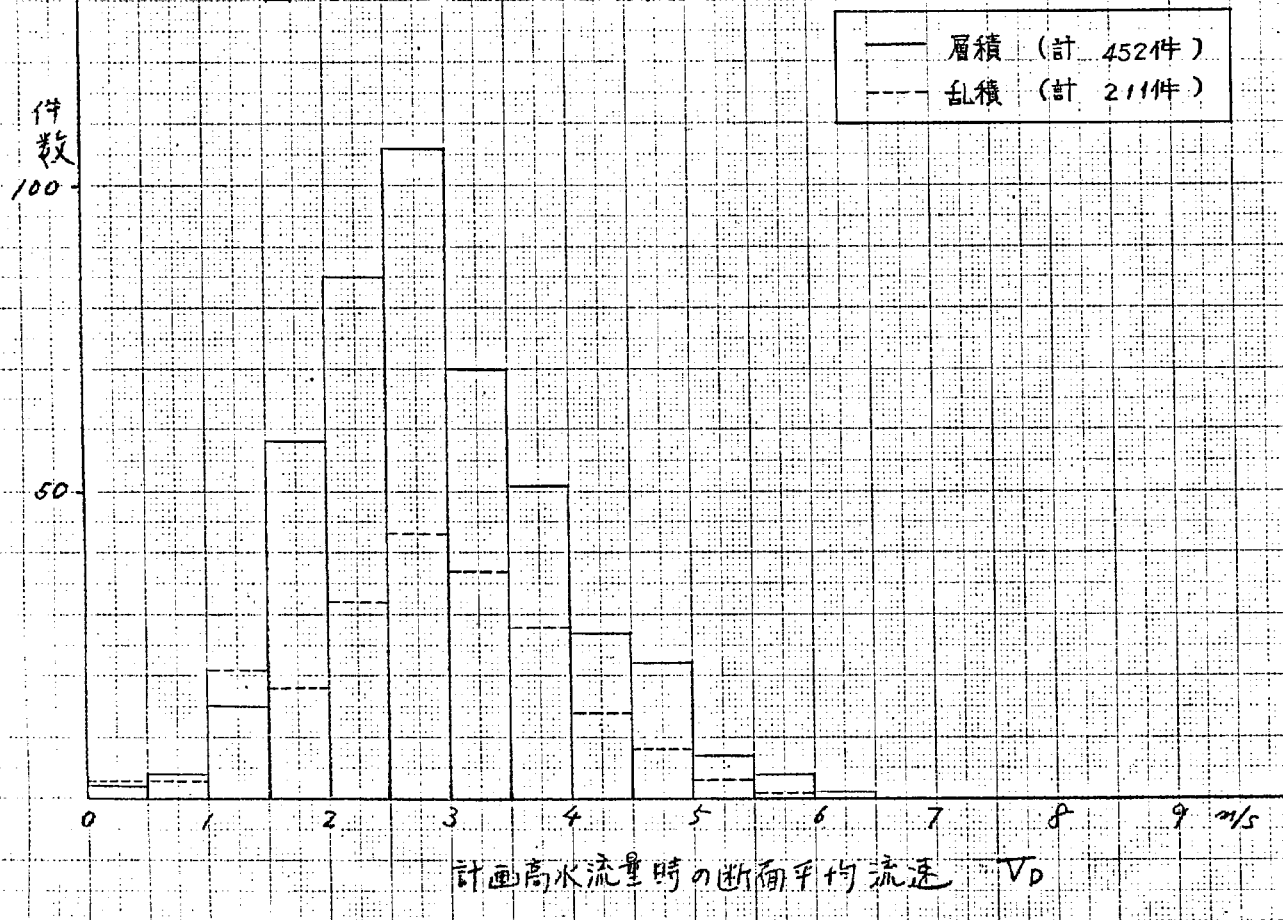


図-3-2-20 V_D と件数

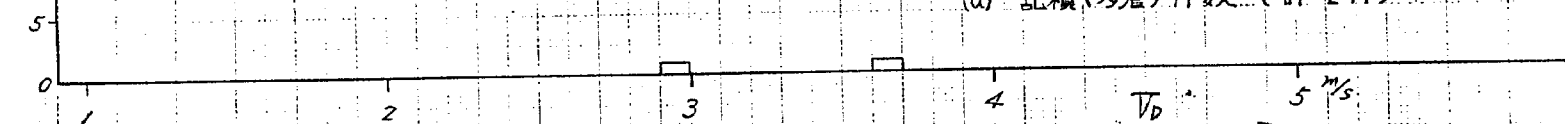


4

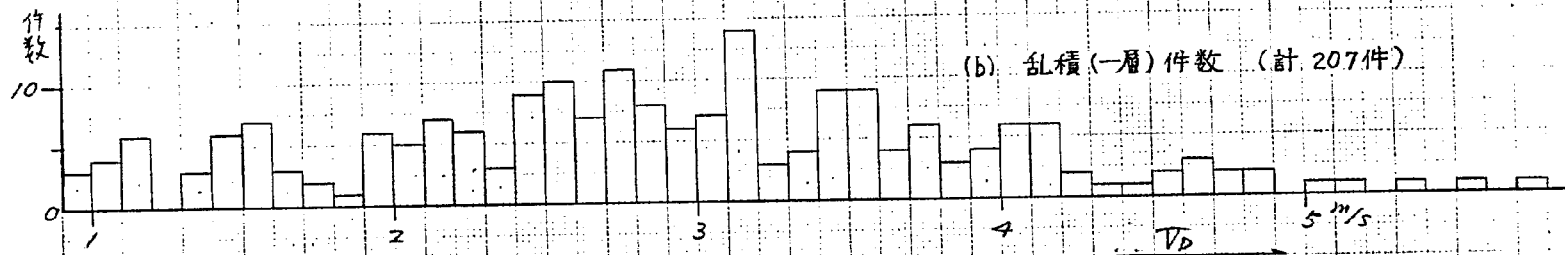
件数

図-3-2-21 $V_D \sim$ 件数

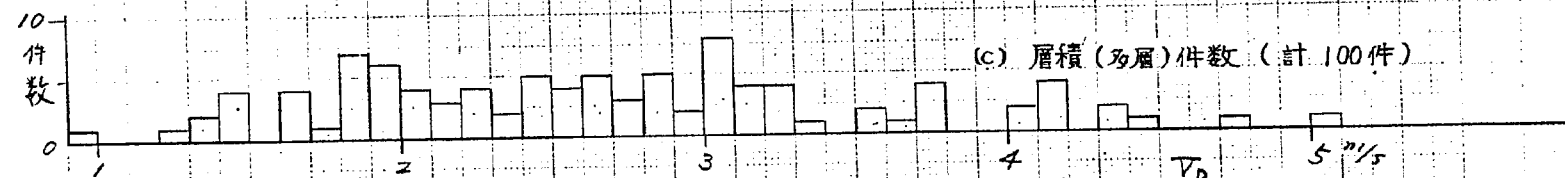
(a) 乱積(多層)件数 (計 2 件)



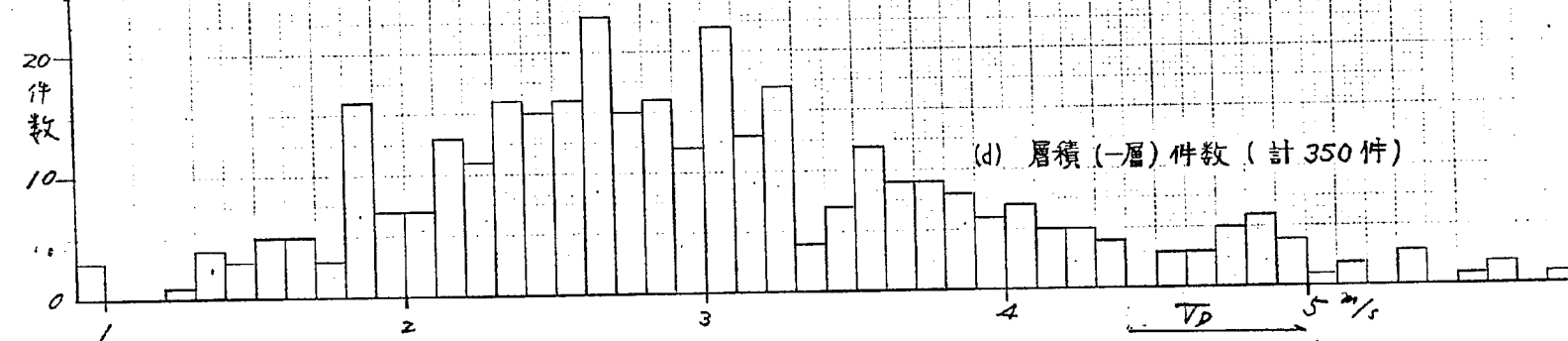
(b) 乱積(一層)件数 (計 207 件)



(c) 層積(多層)件数 (計 100 件)



(d) 層積(一層)件数 (計 350 件)



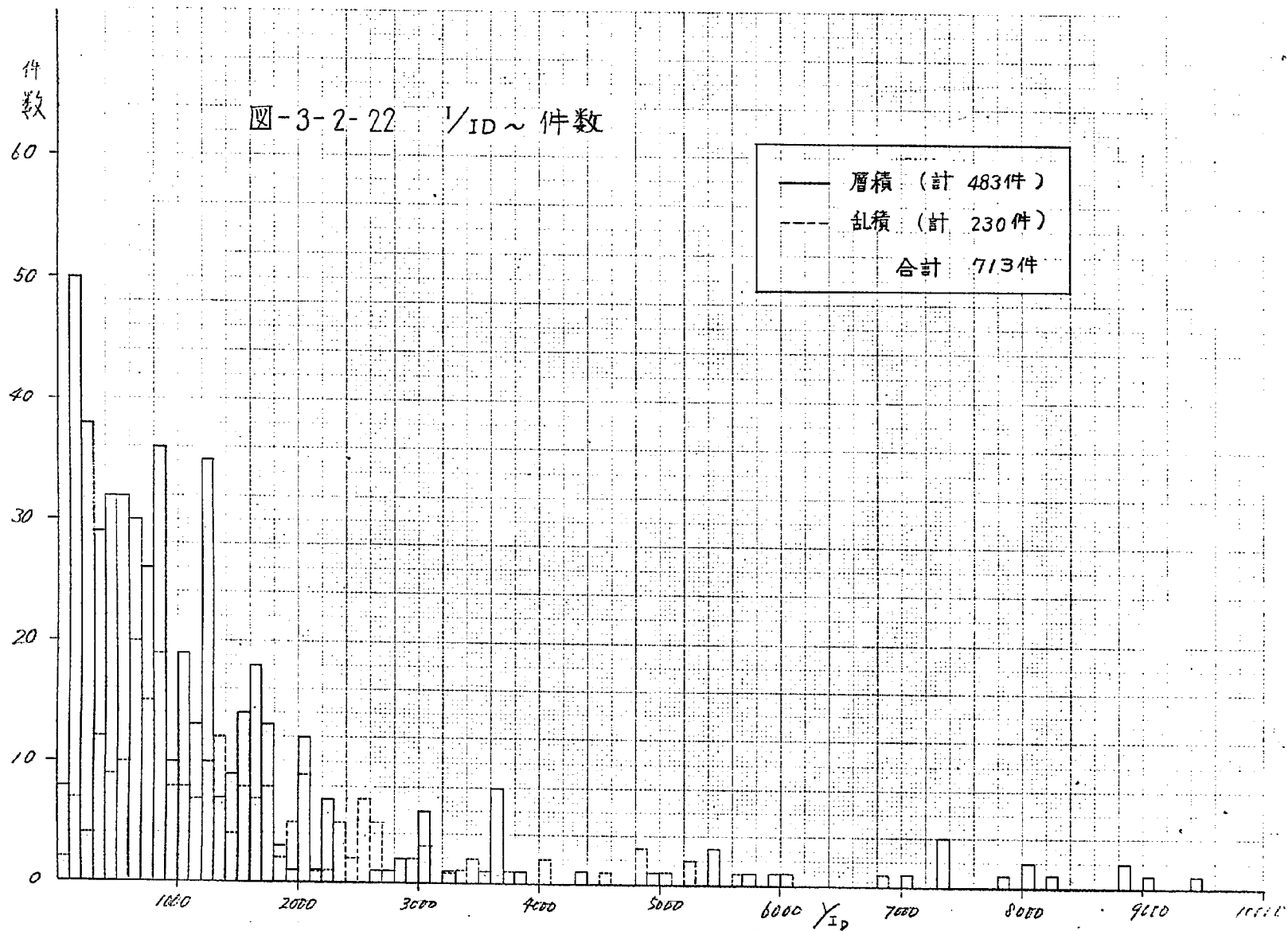
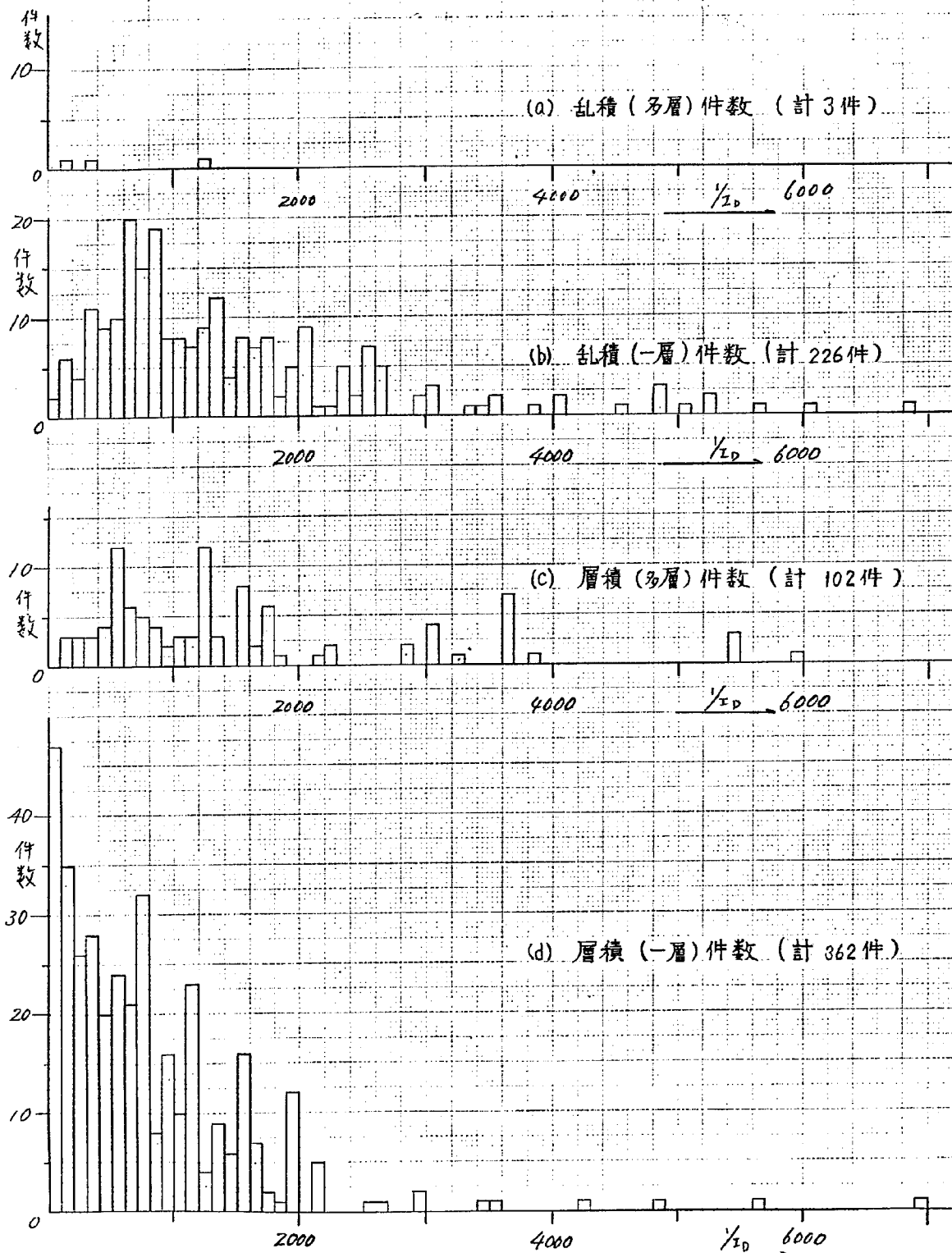


図-3-2-23 $1/ID \sim$ 件数



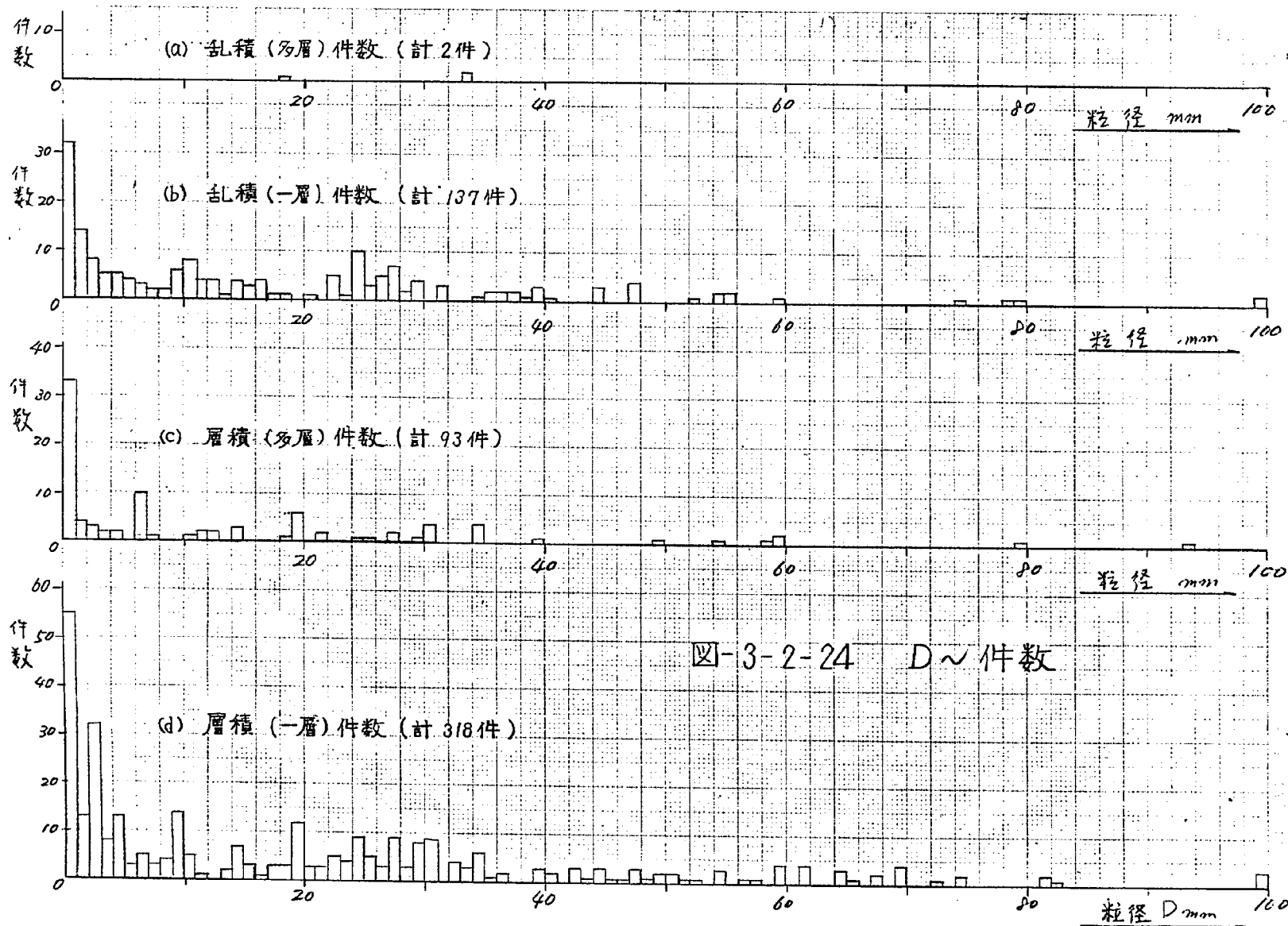
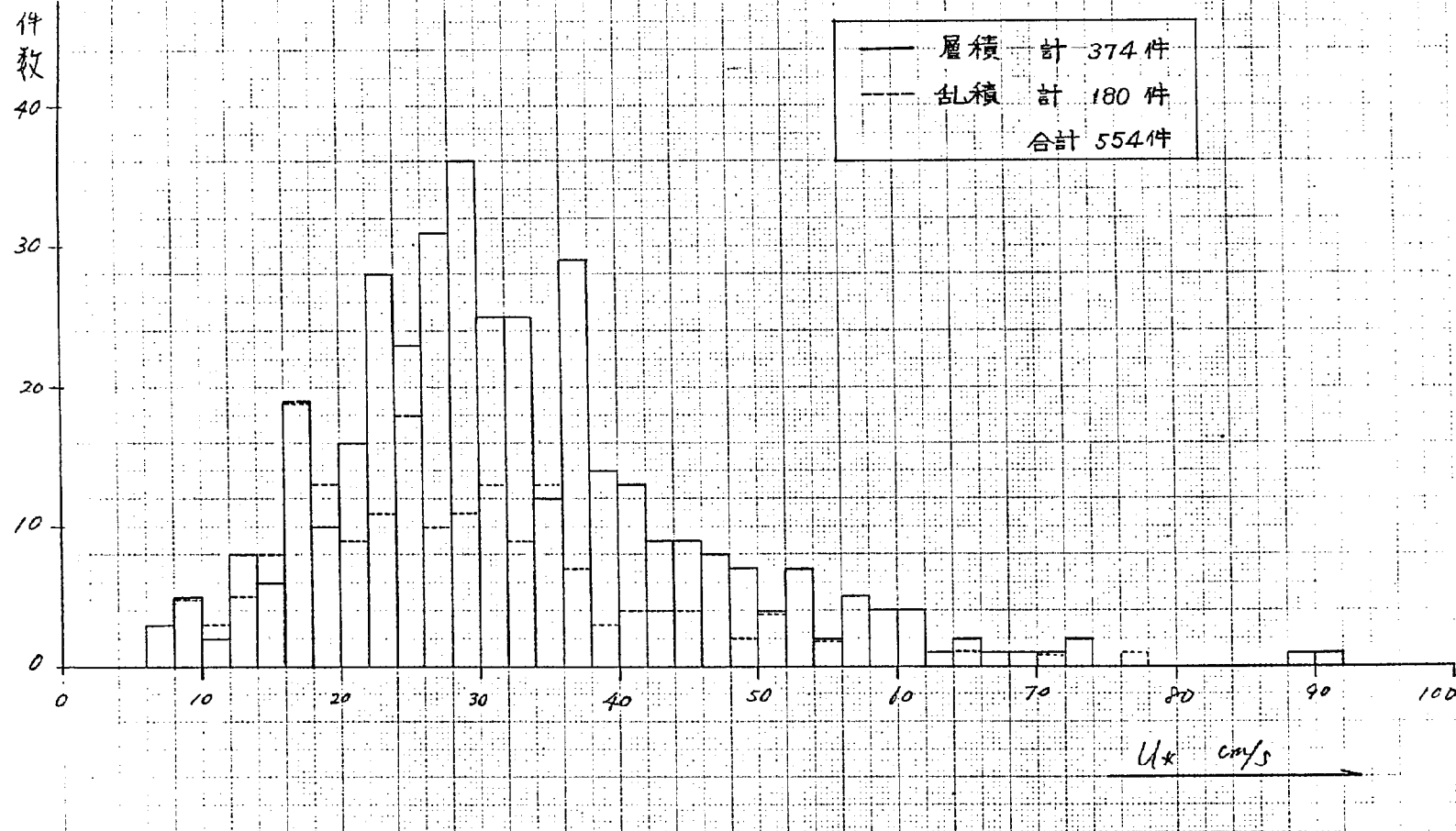
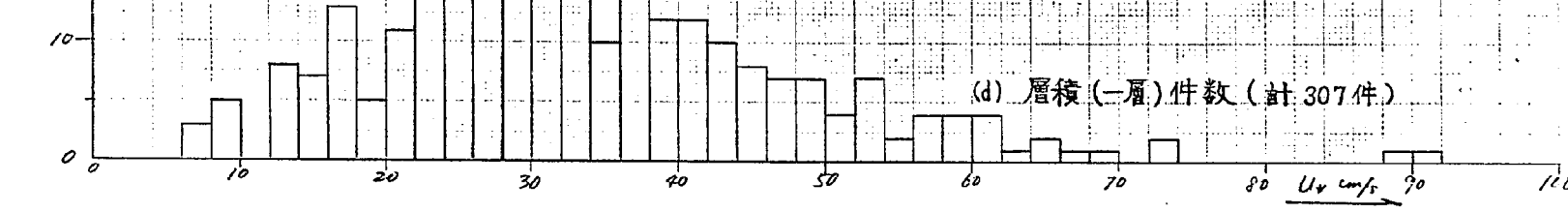
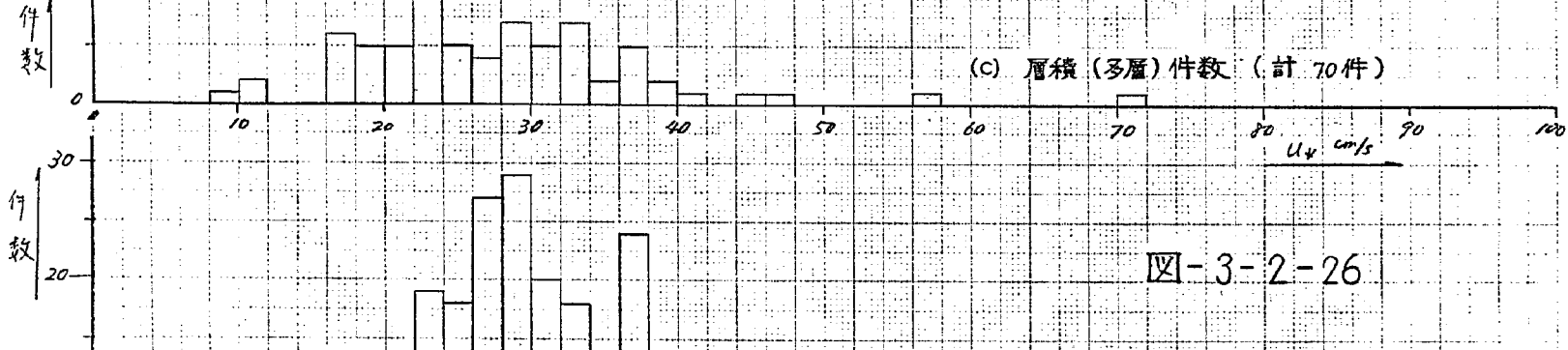
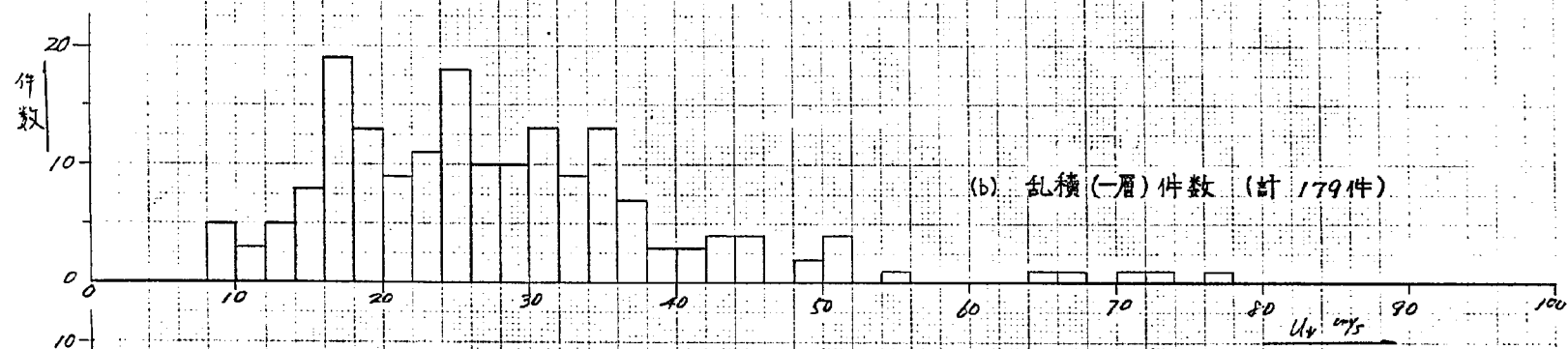
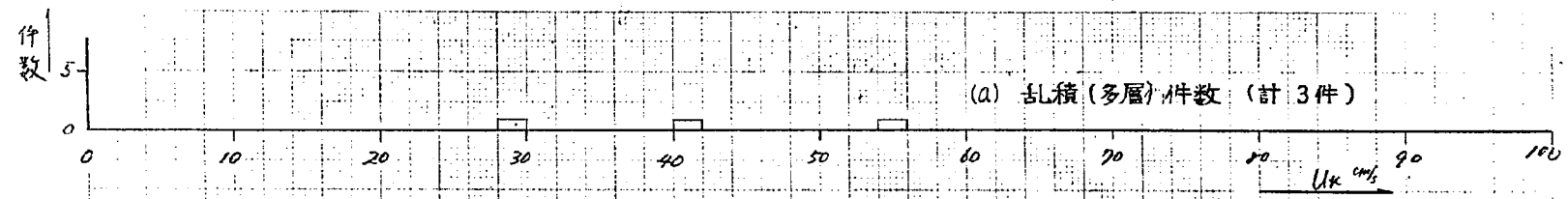
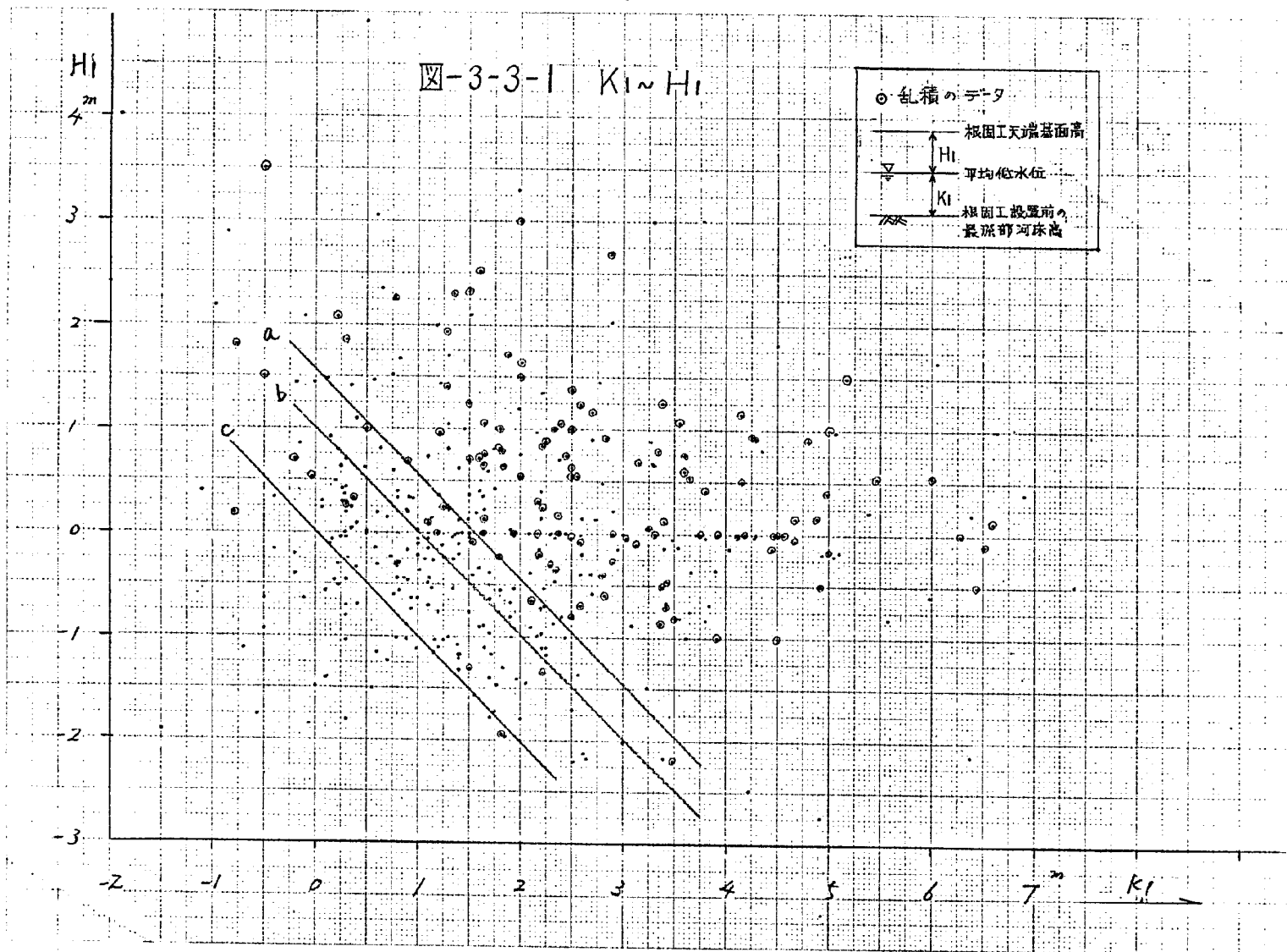


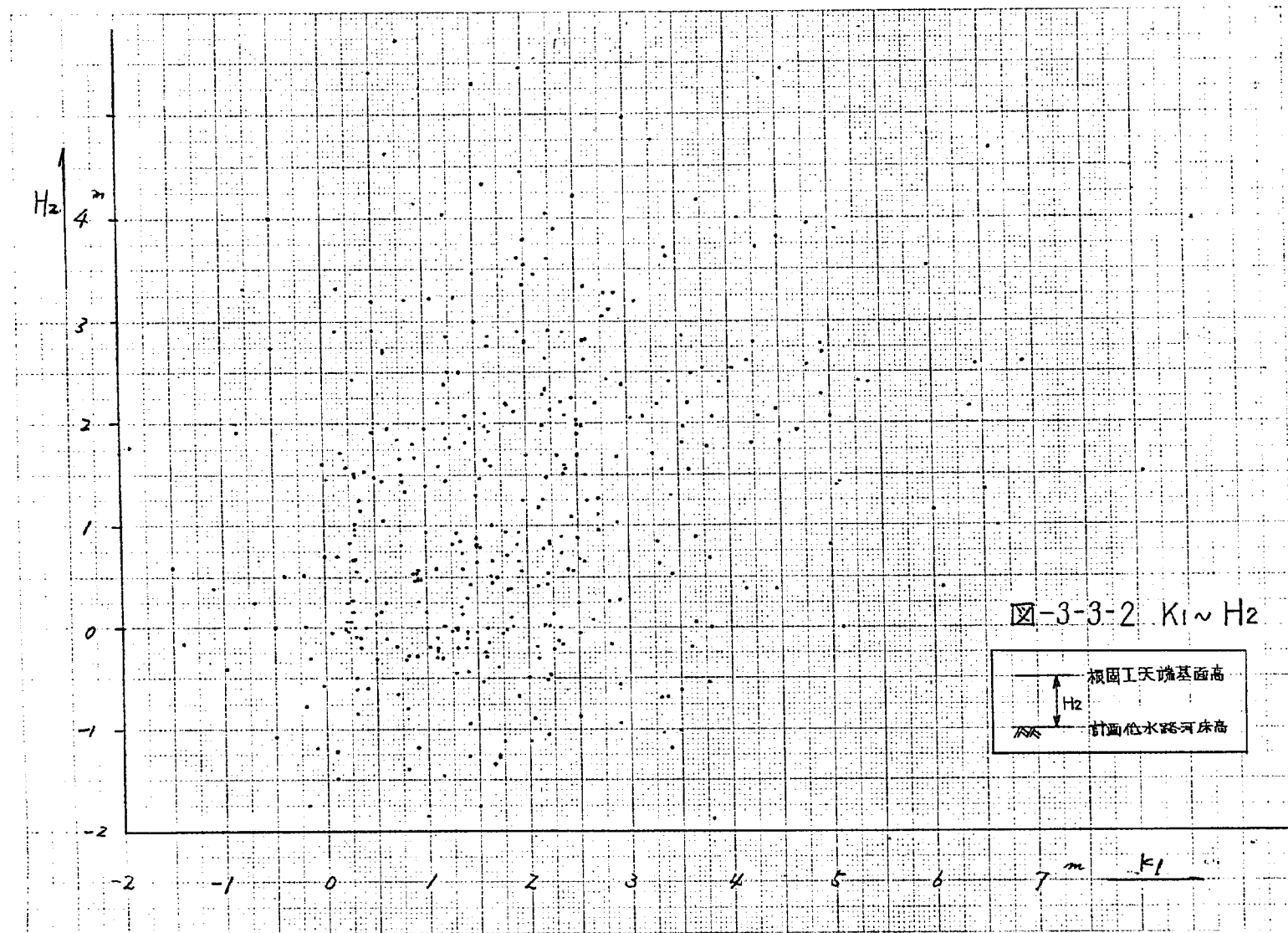
図-3-2-25 $U_x \sim$ 件数

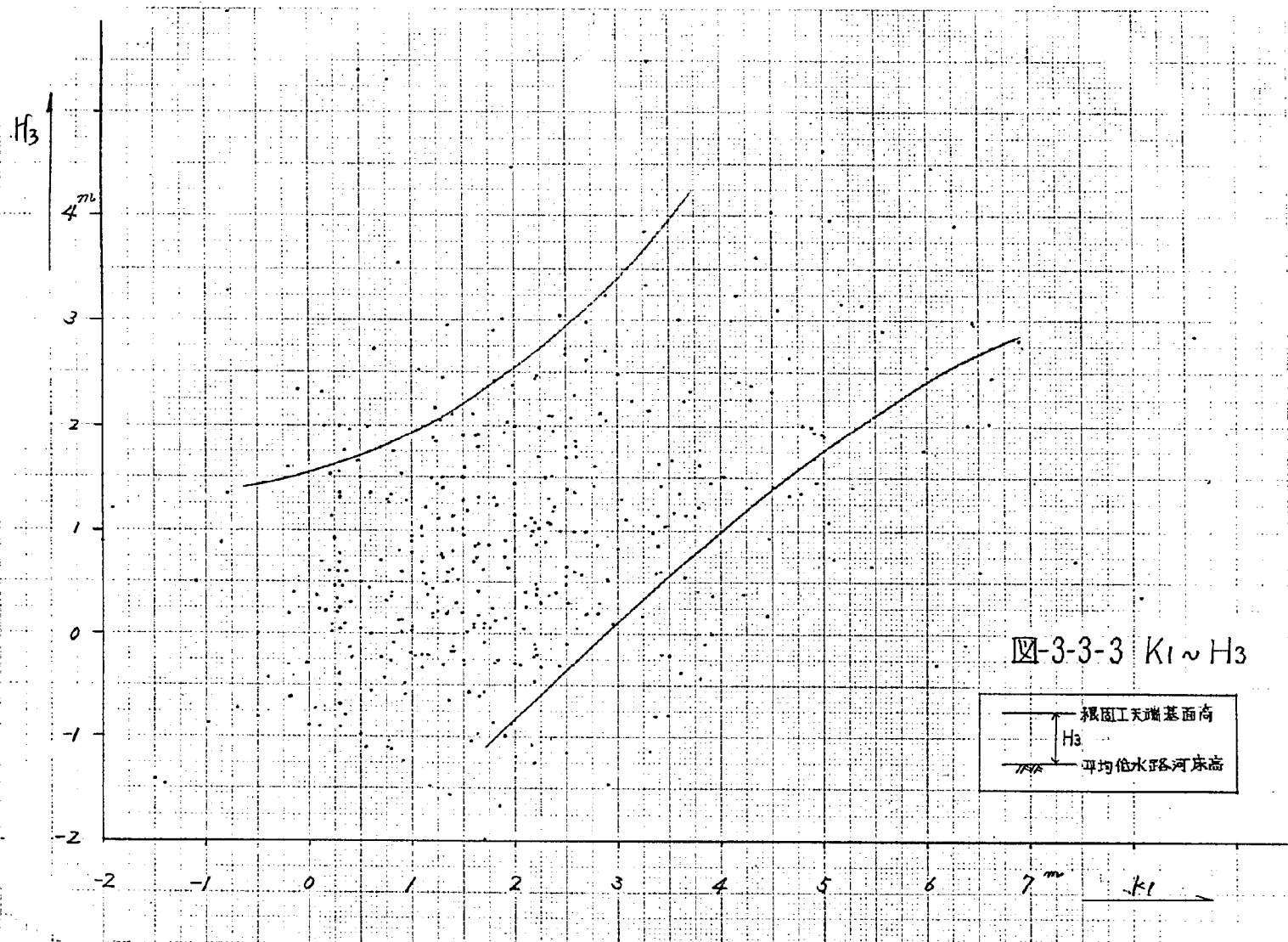




四-3-2-26







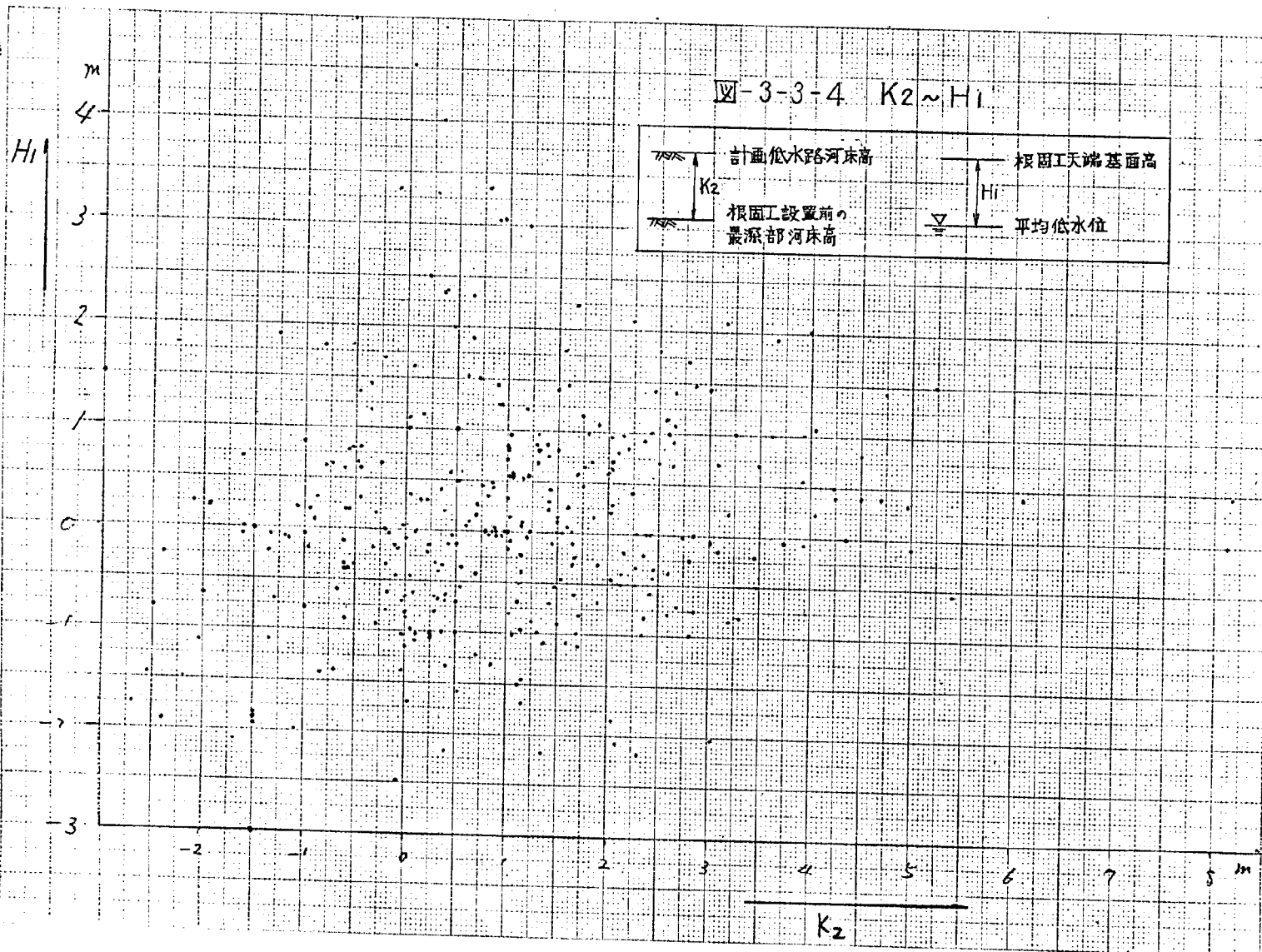
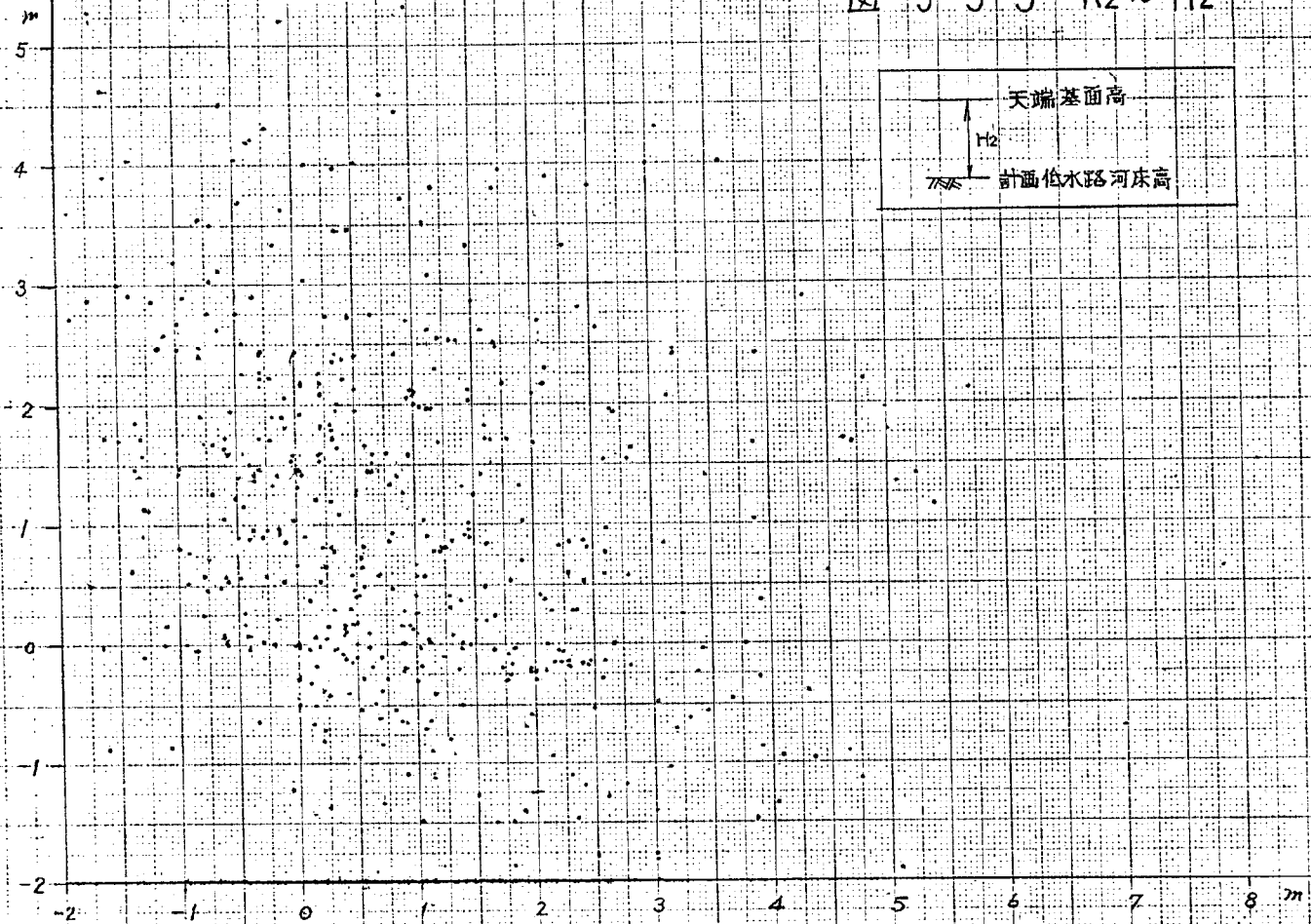
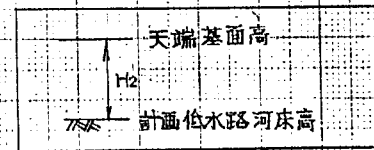


圖-3-3-5 $K_2 \sim H_2$

H_2



K_2

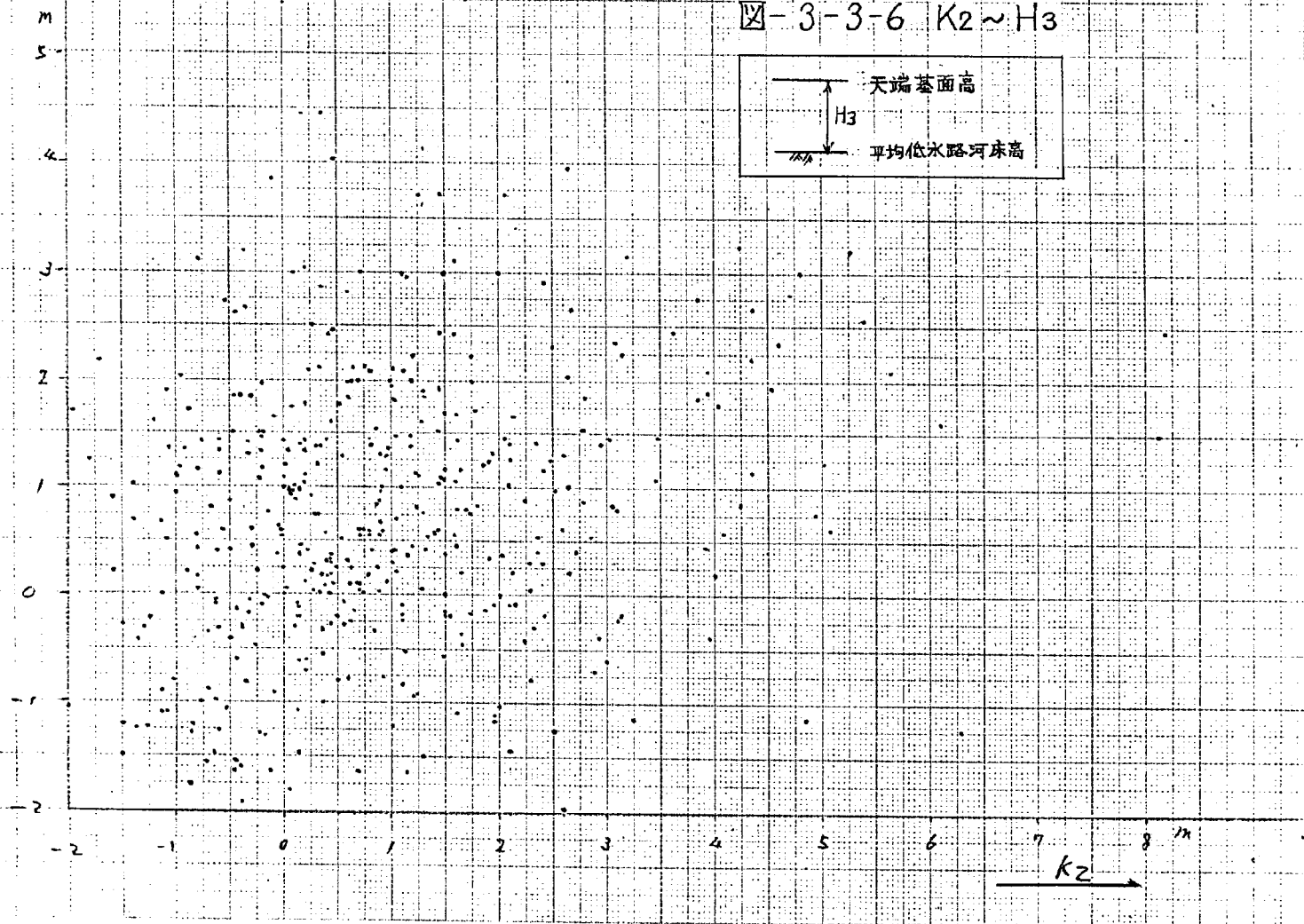
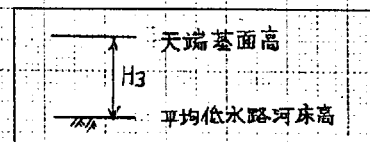
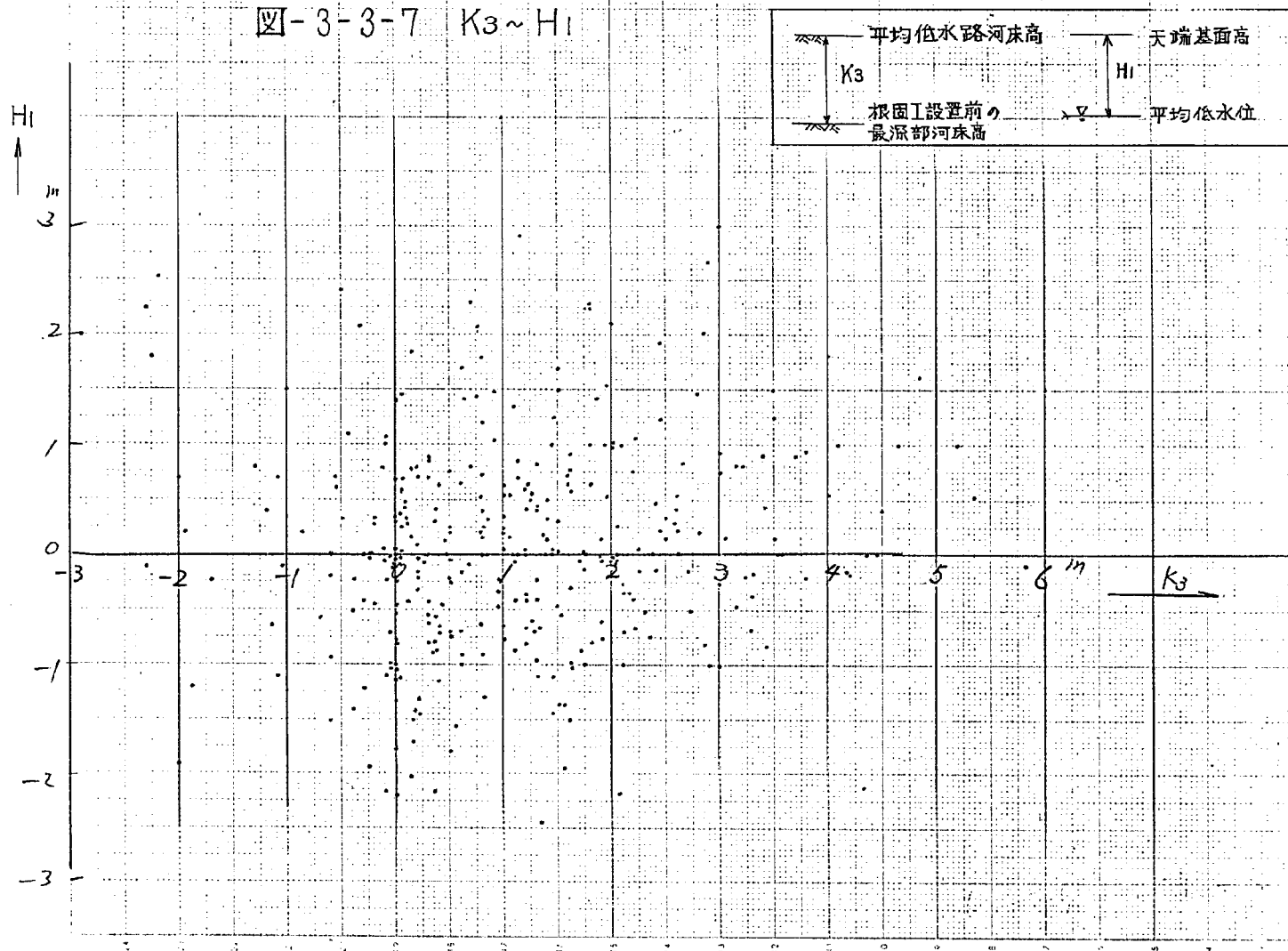
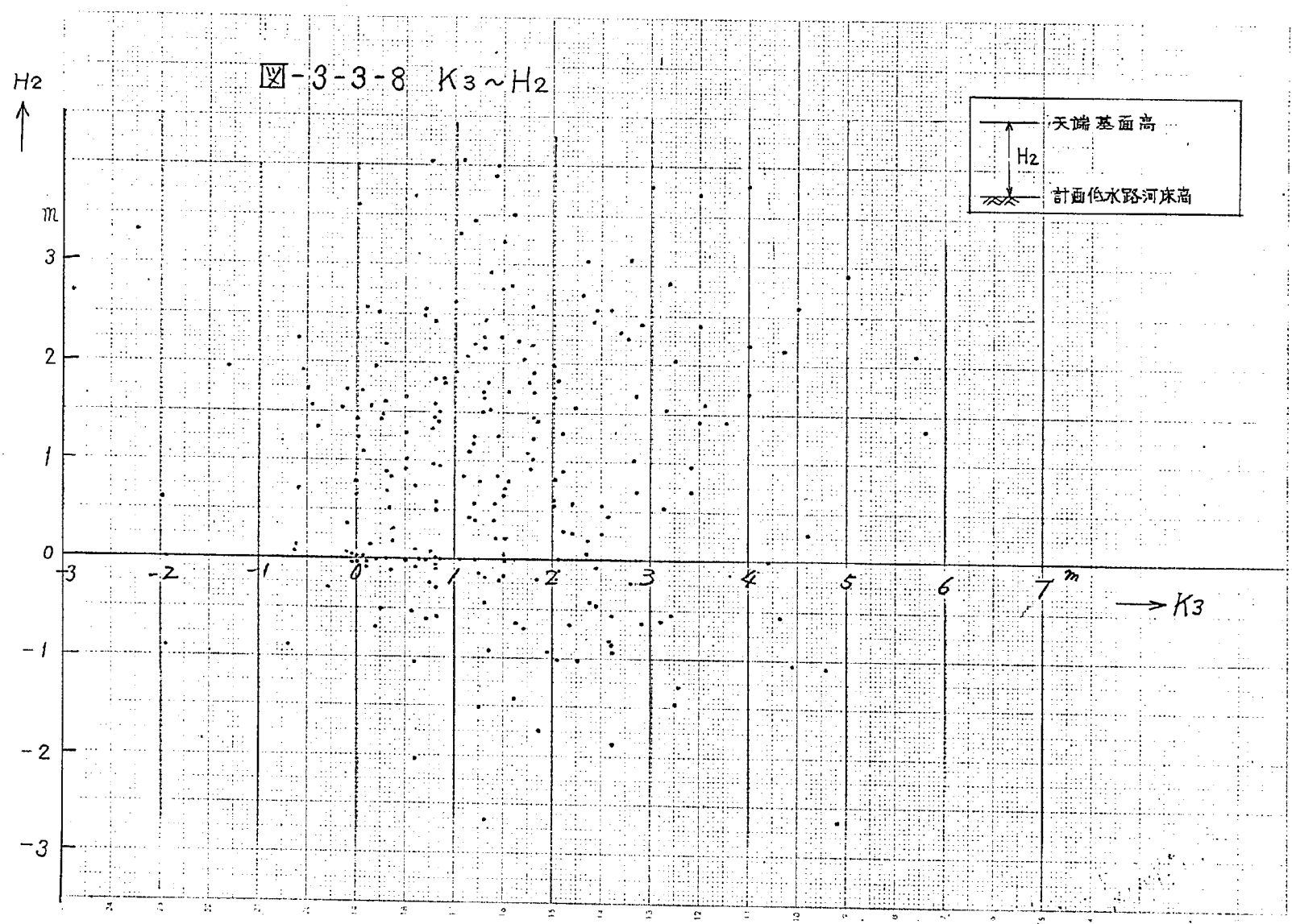
H_3 图-3-3-6 $K_2 \sim H_3$ 

図-3-3-7 $K_3 \sim H_1$





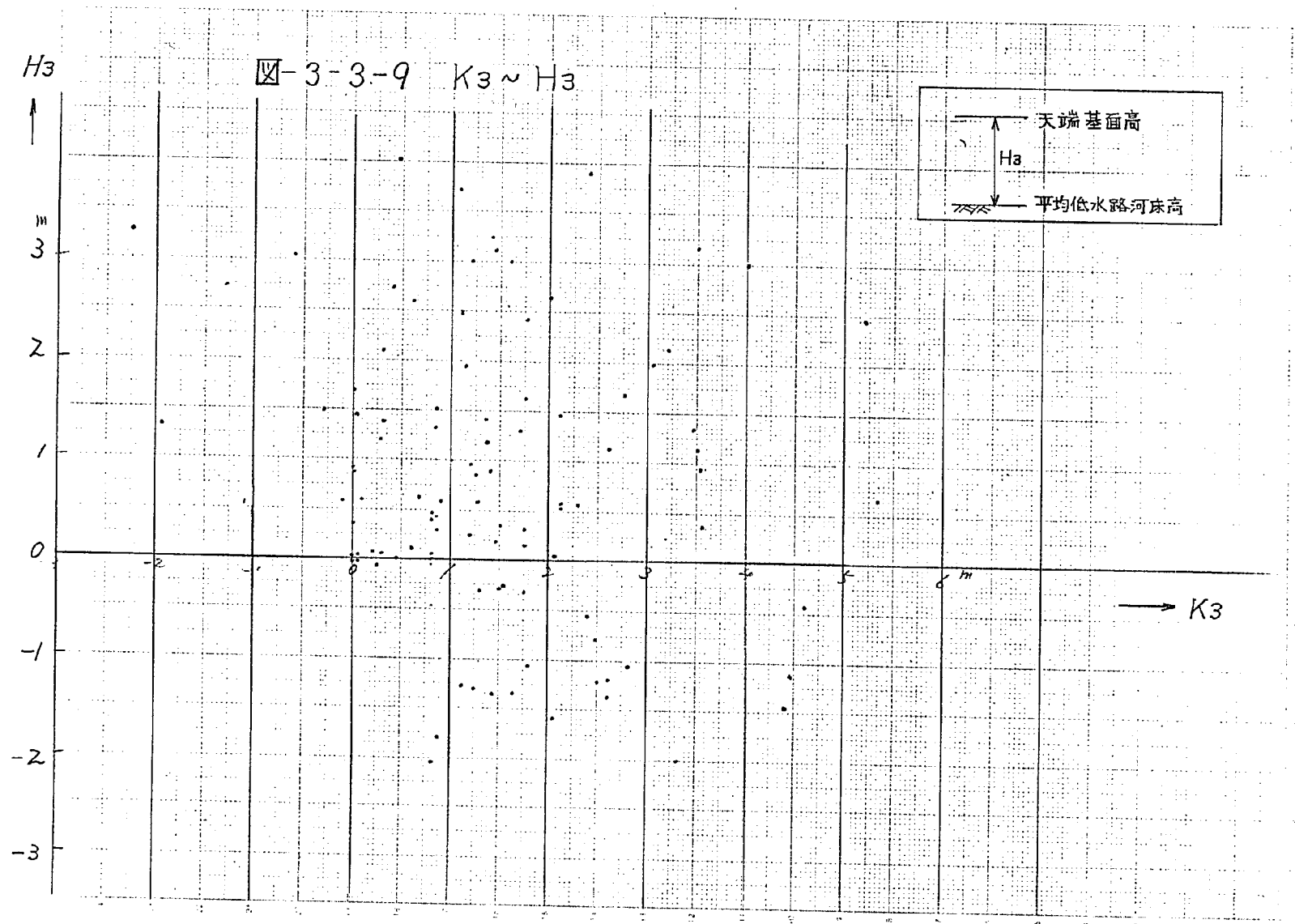
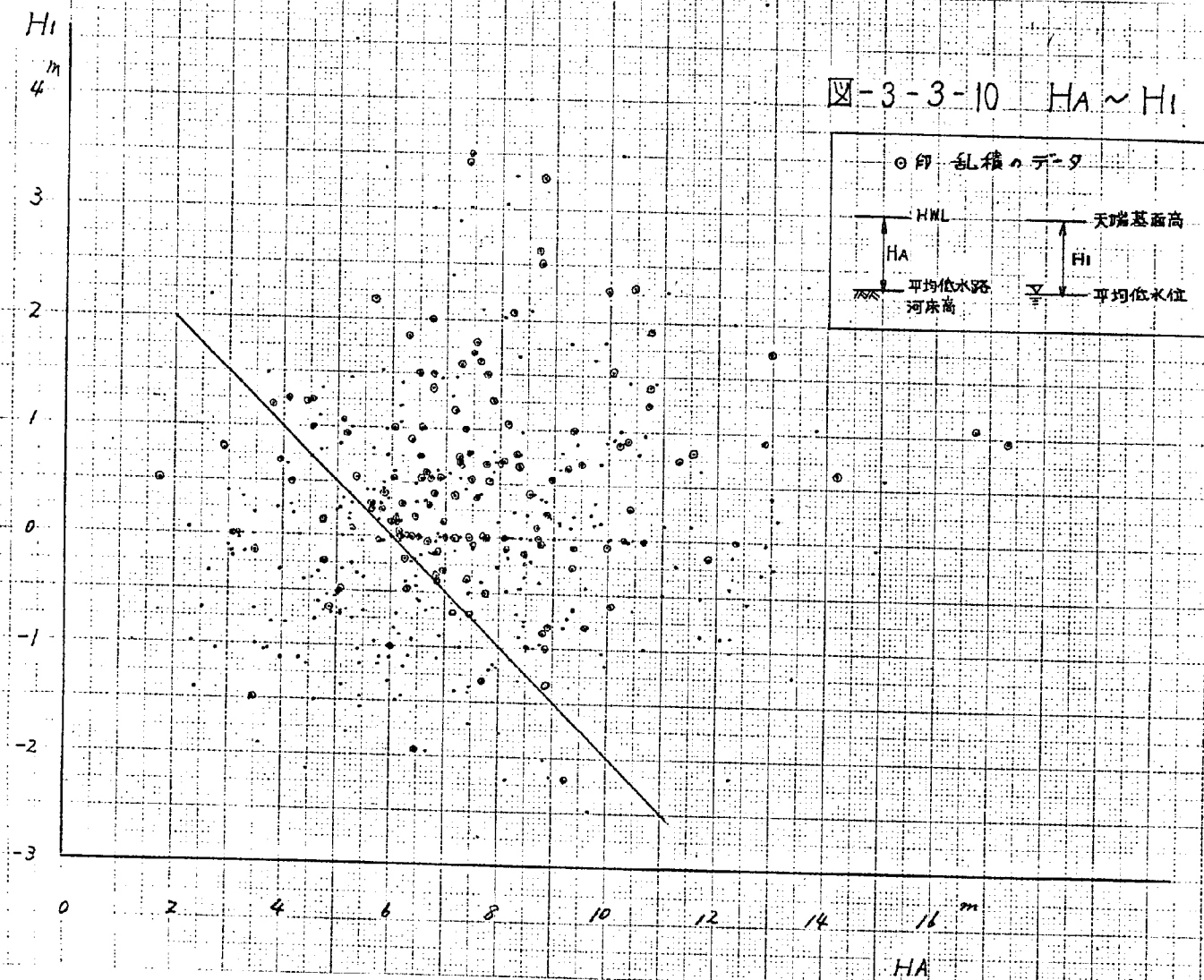


図-3-3-10 $H_A \sim H_I$



H_2 5 m

4

3

2

1

0

-1

-2

0

2

4

6

8

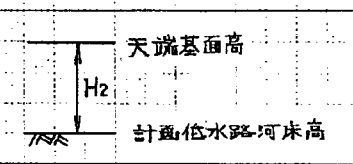
10

12

14

16 m

图-3-3-11 $H_A \sim H_2$



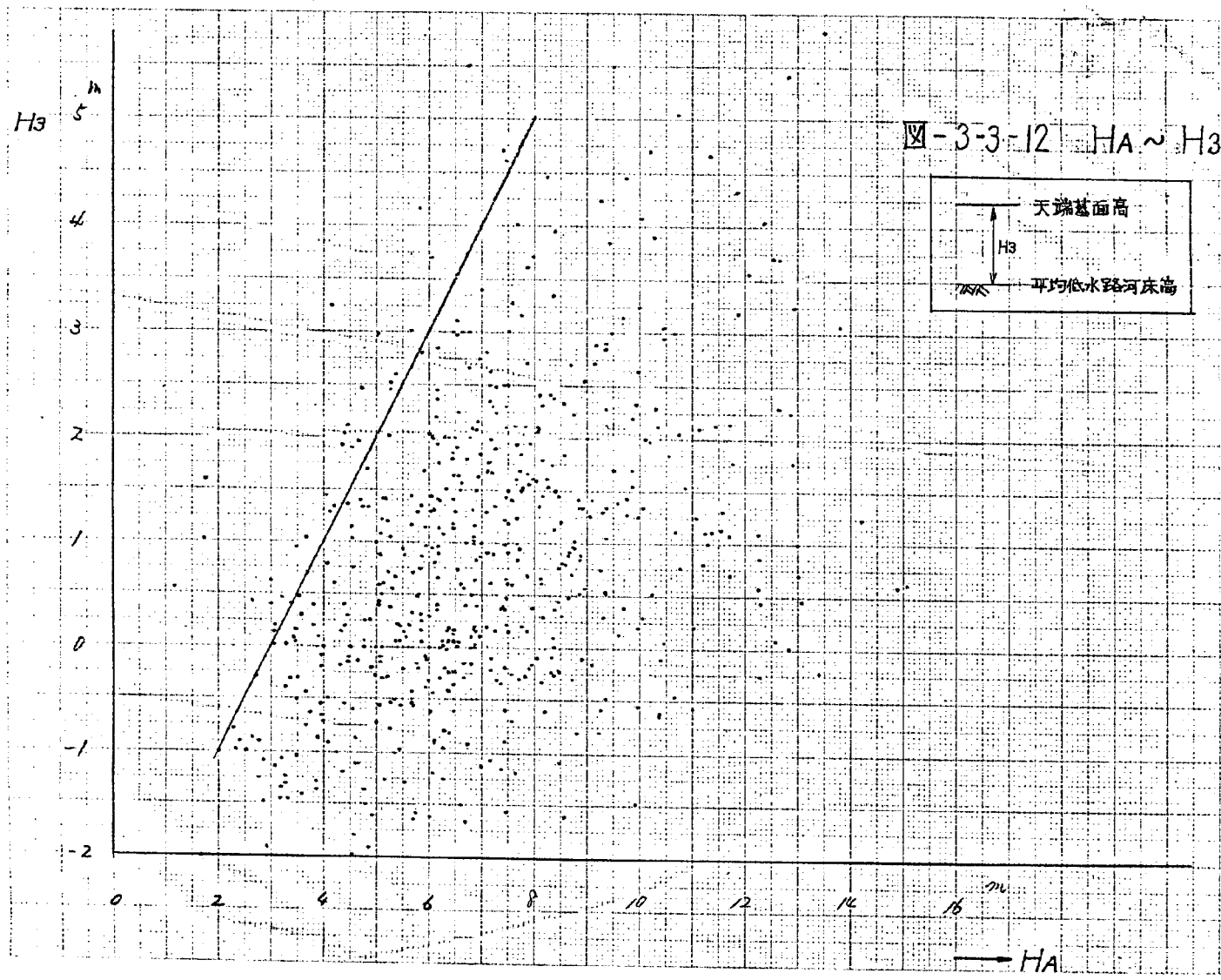
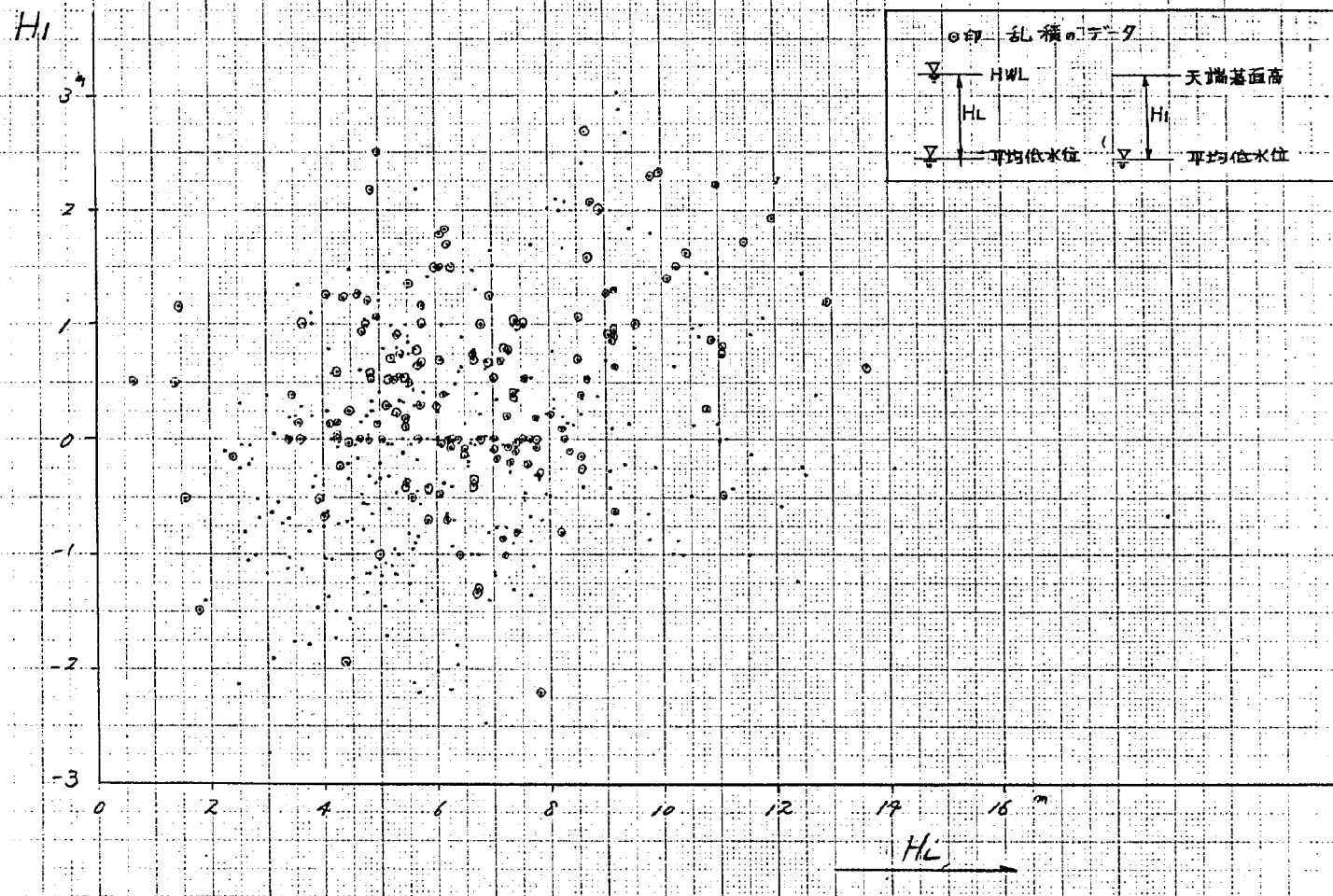
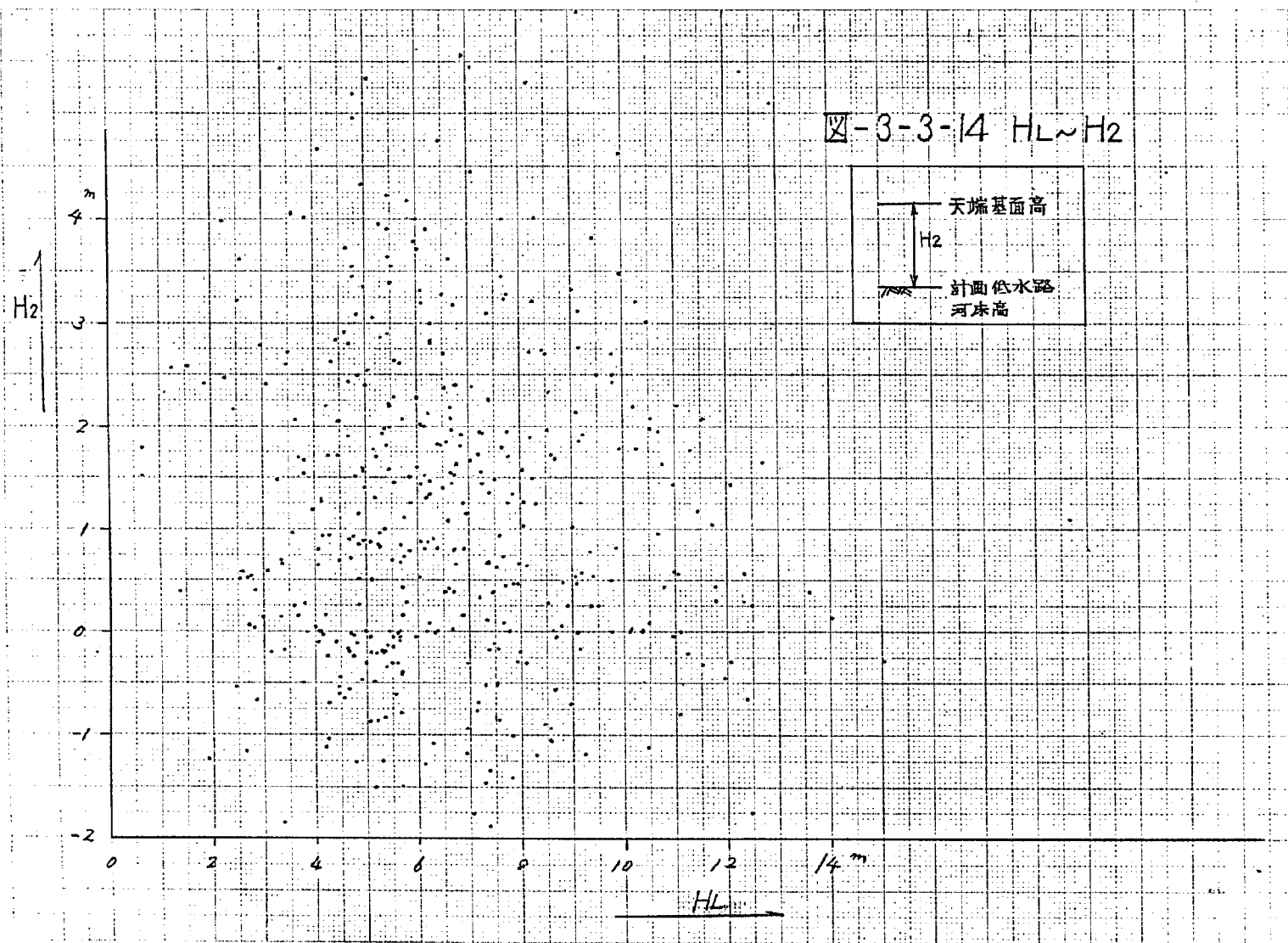
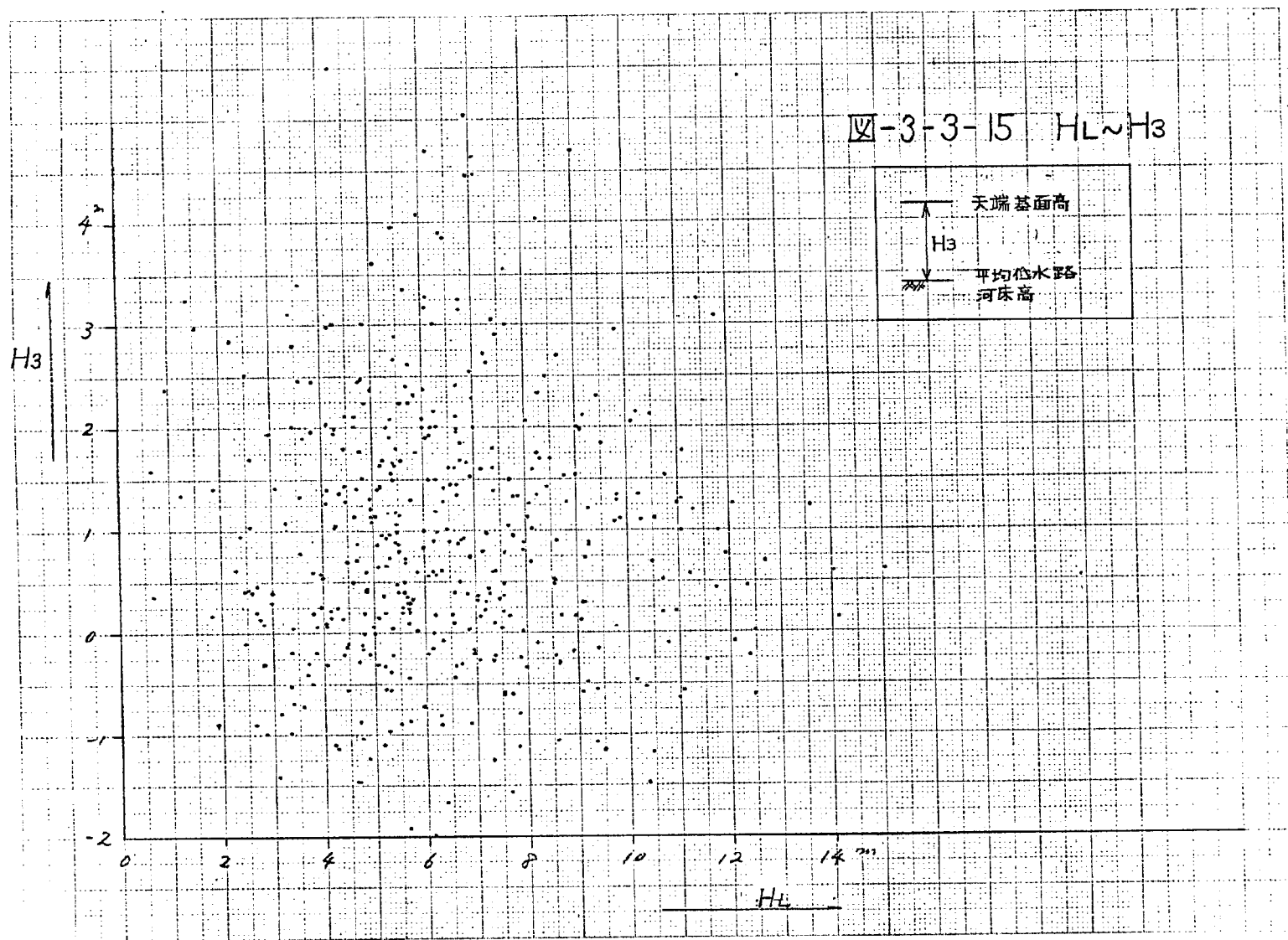
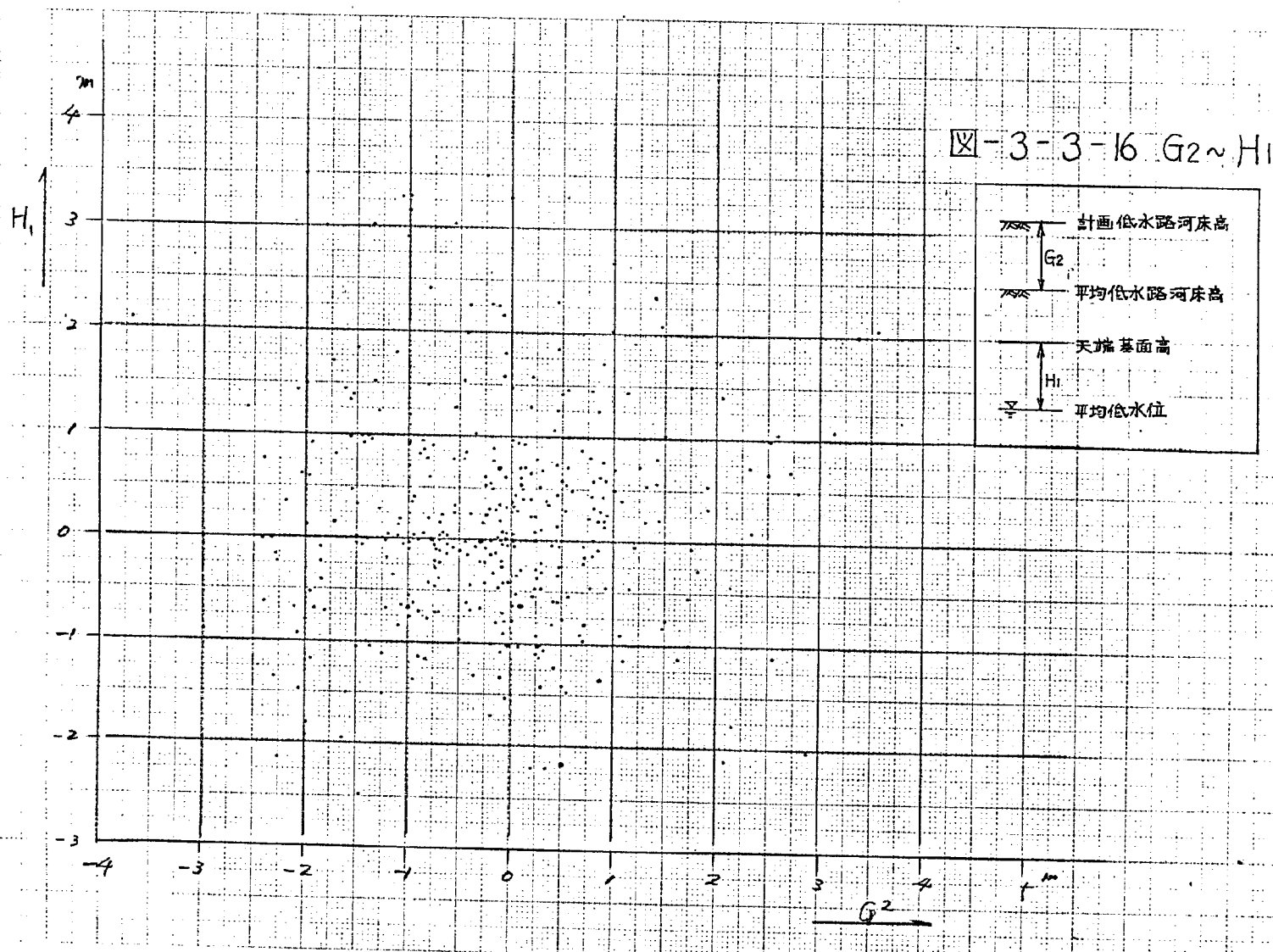


図-3-3-13 $H_L \sim H_i$









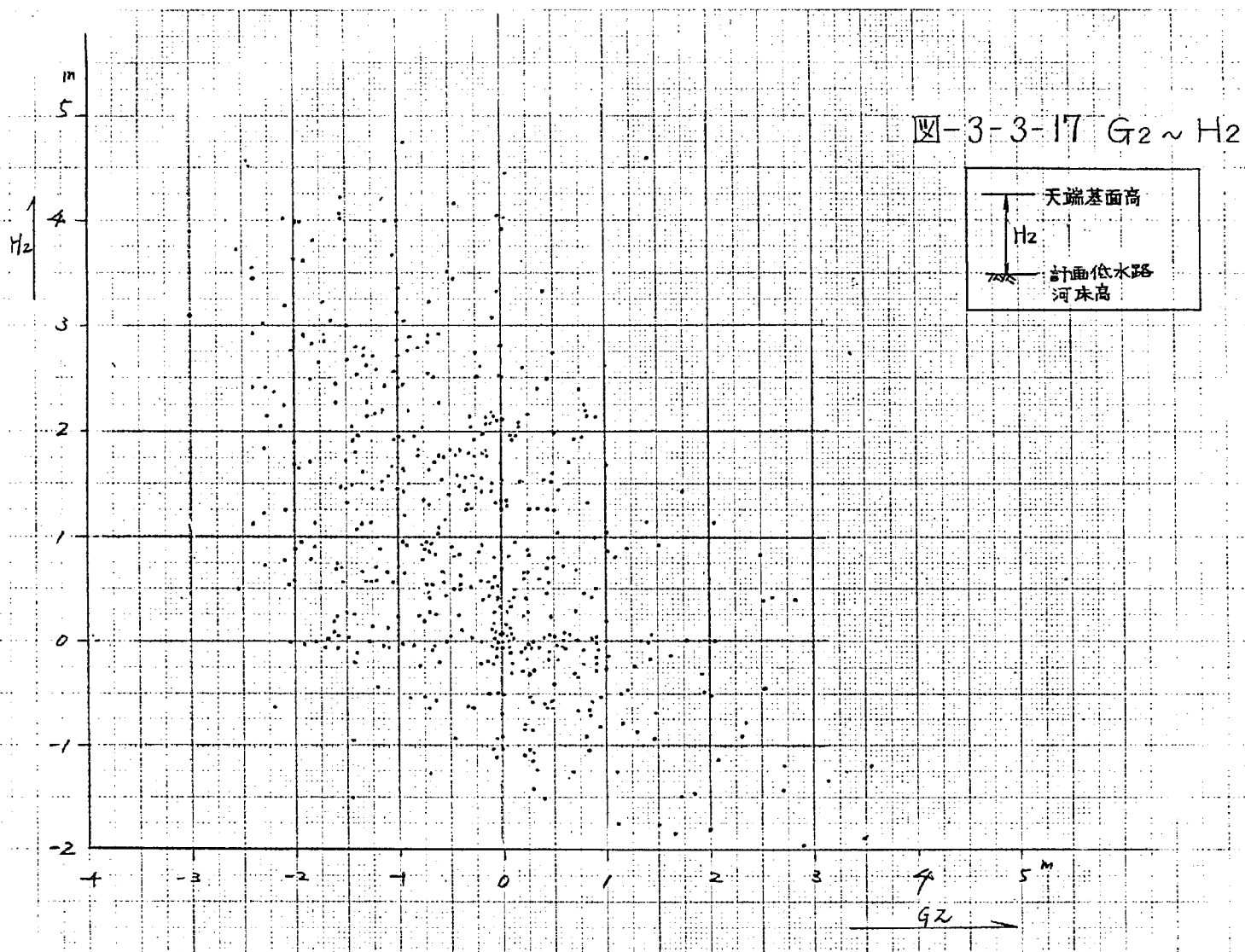
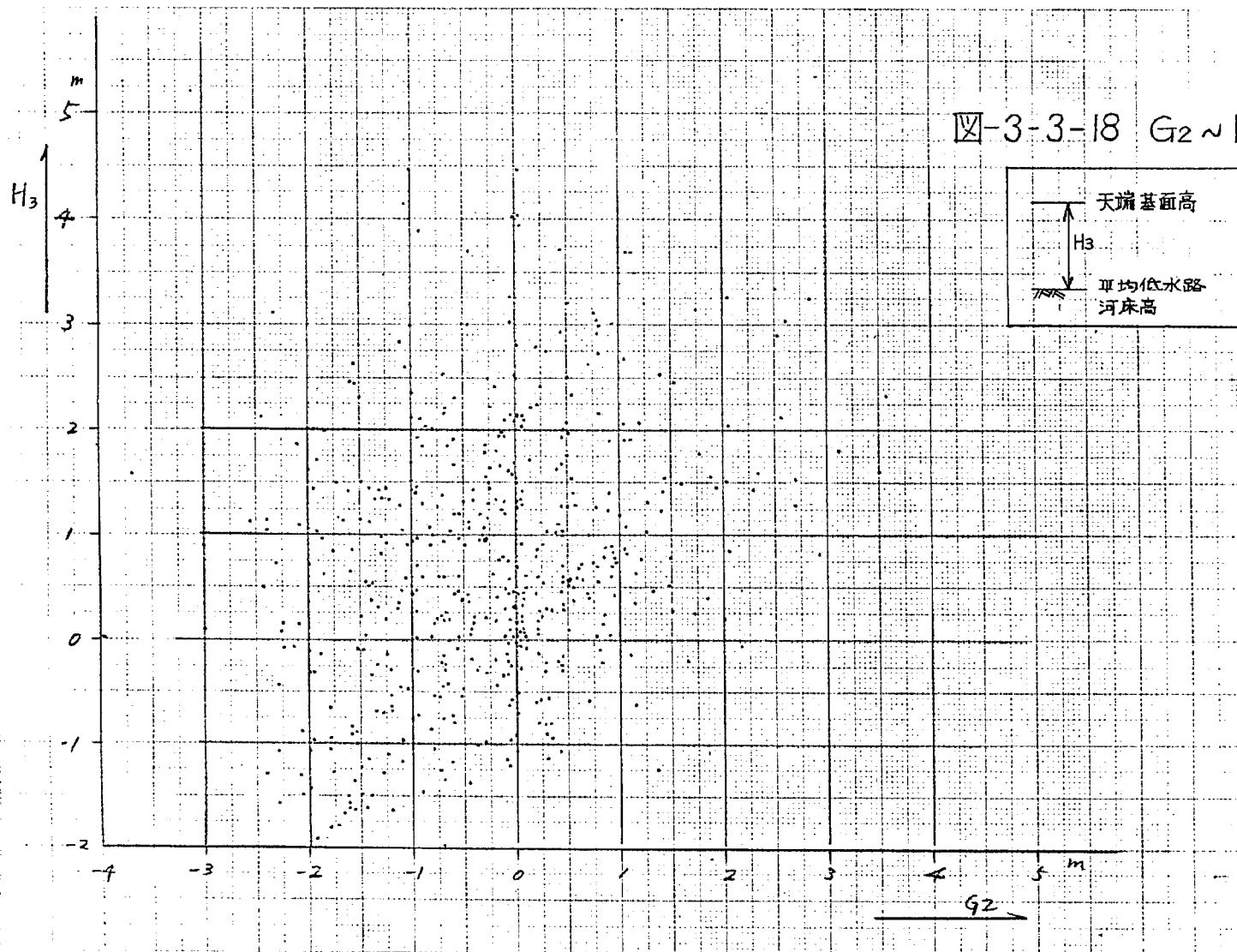


图-3-3-18 $G_2 \sim H_3$



67

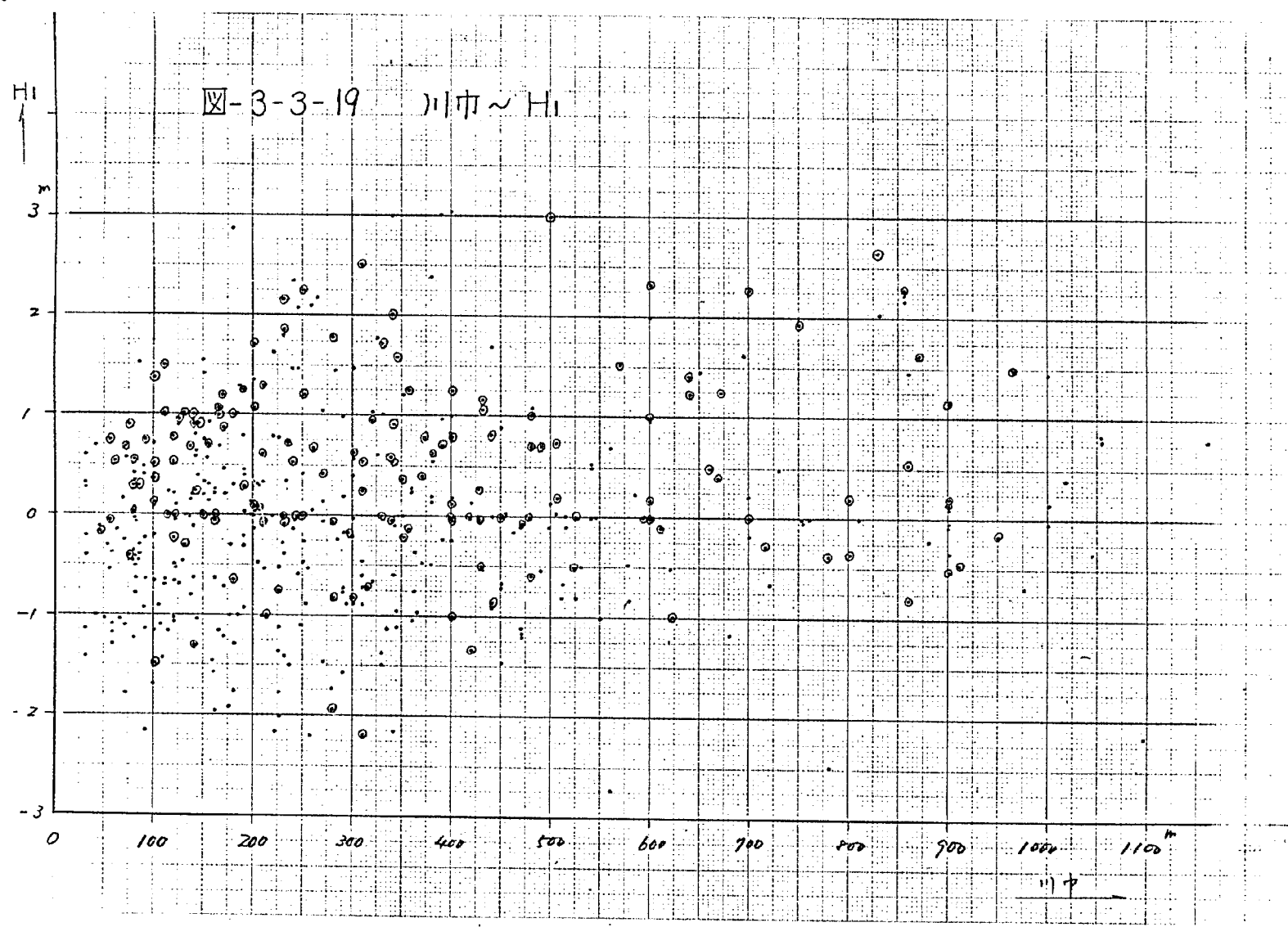
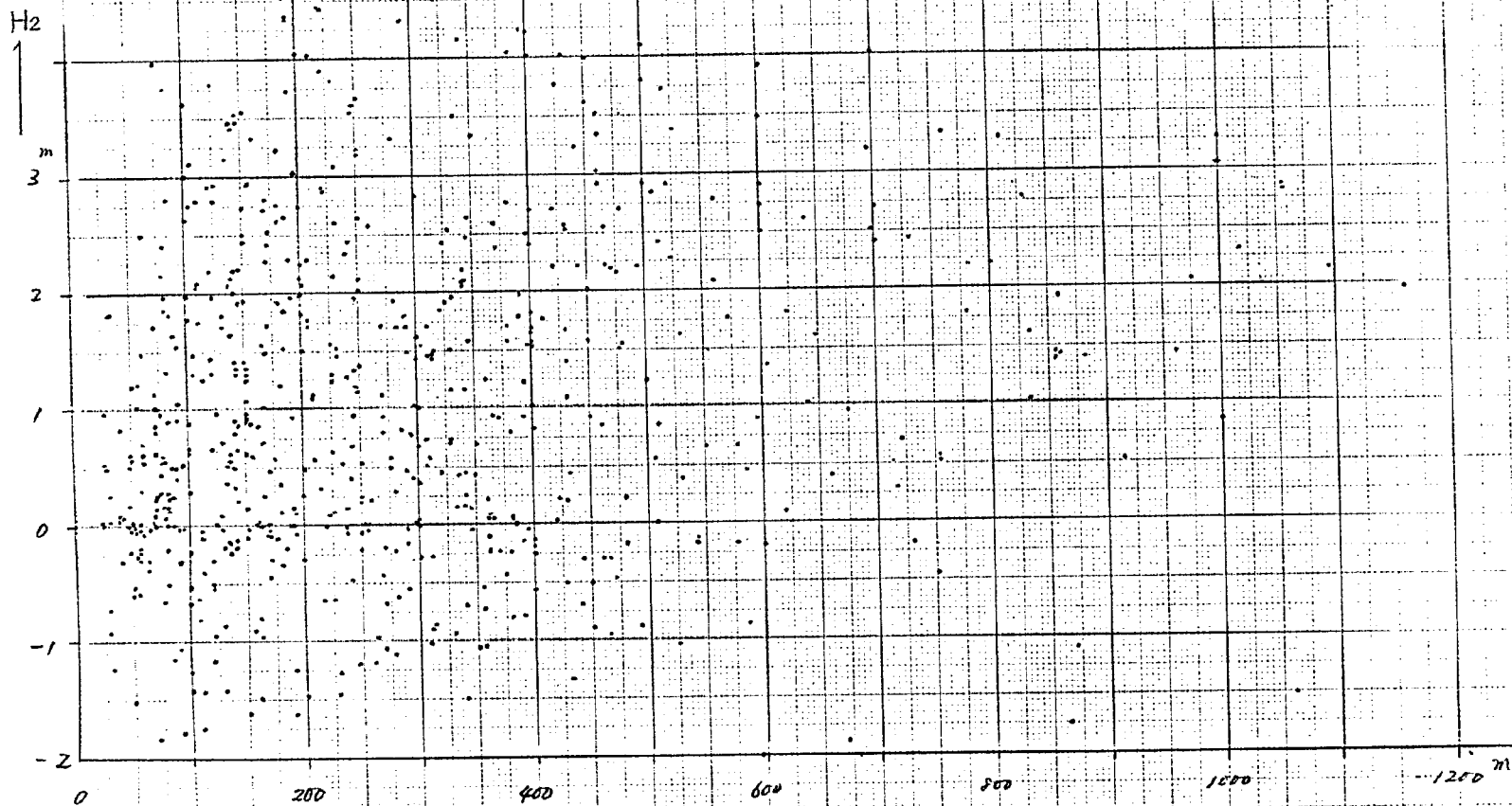
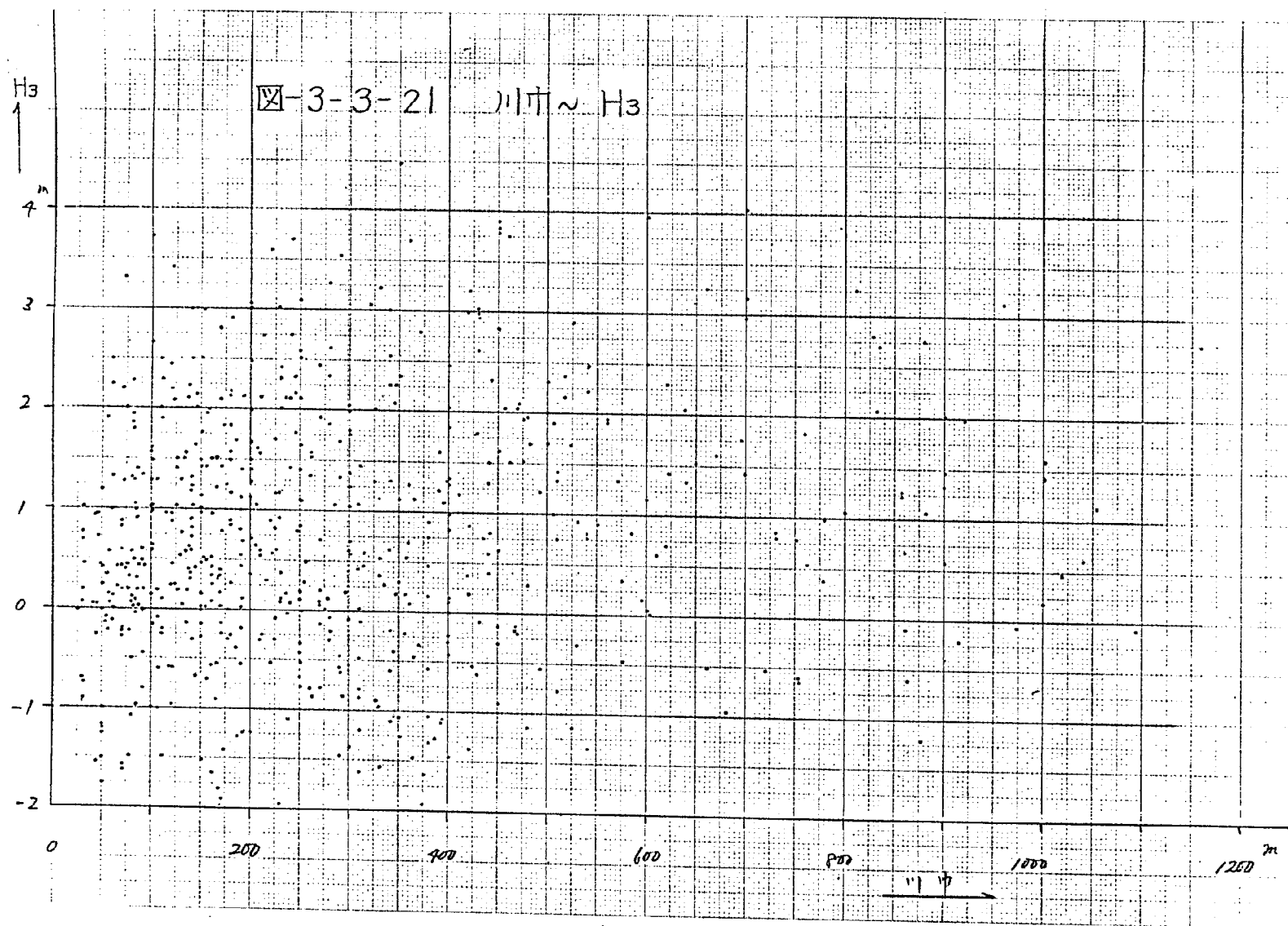
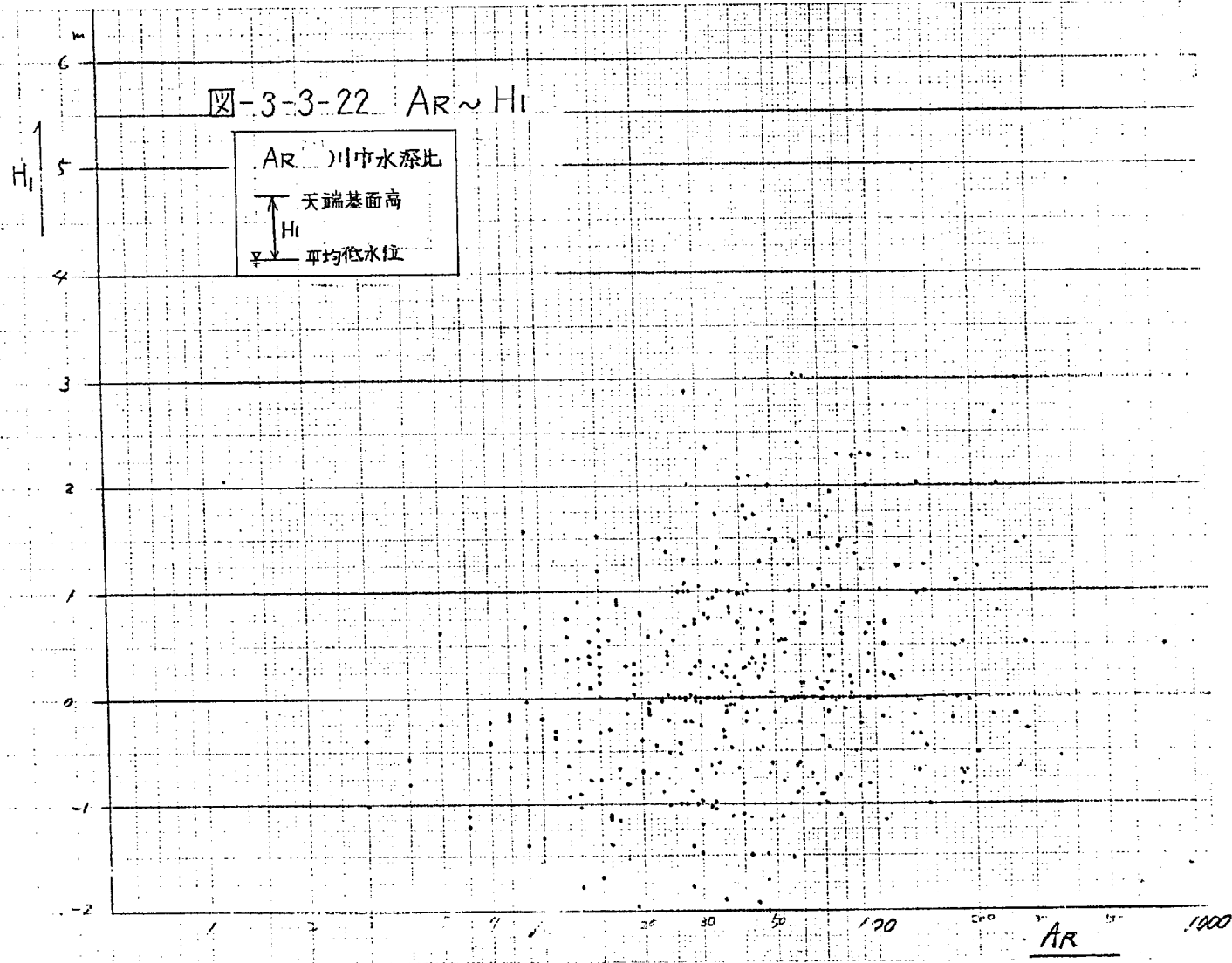


図-3-3-20 川中～H2

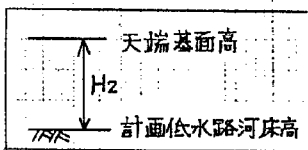


117 47





For Italy

H₂圖-3-3-23 H₂ ~ AR

-2

1

2

5

7

10

10

50

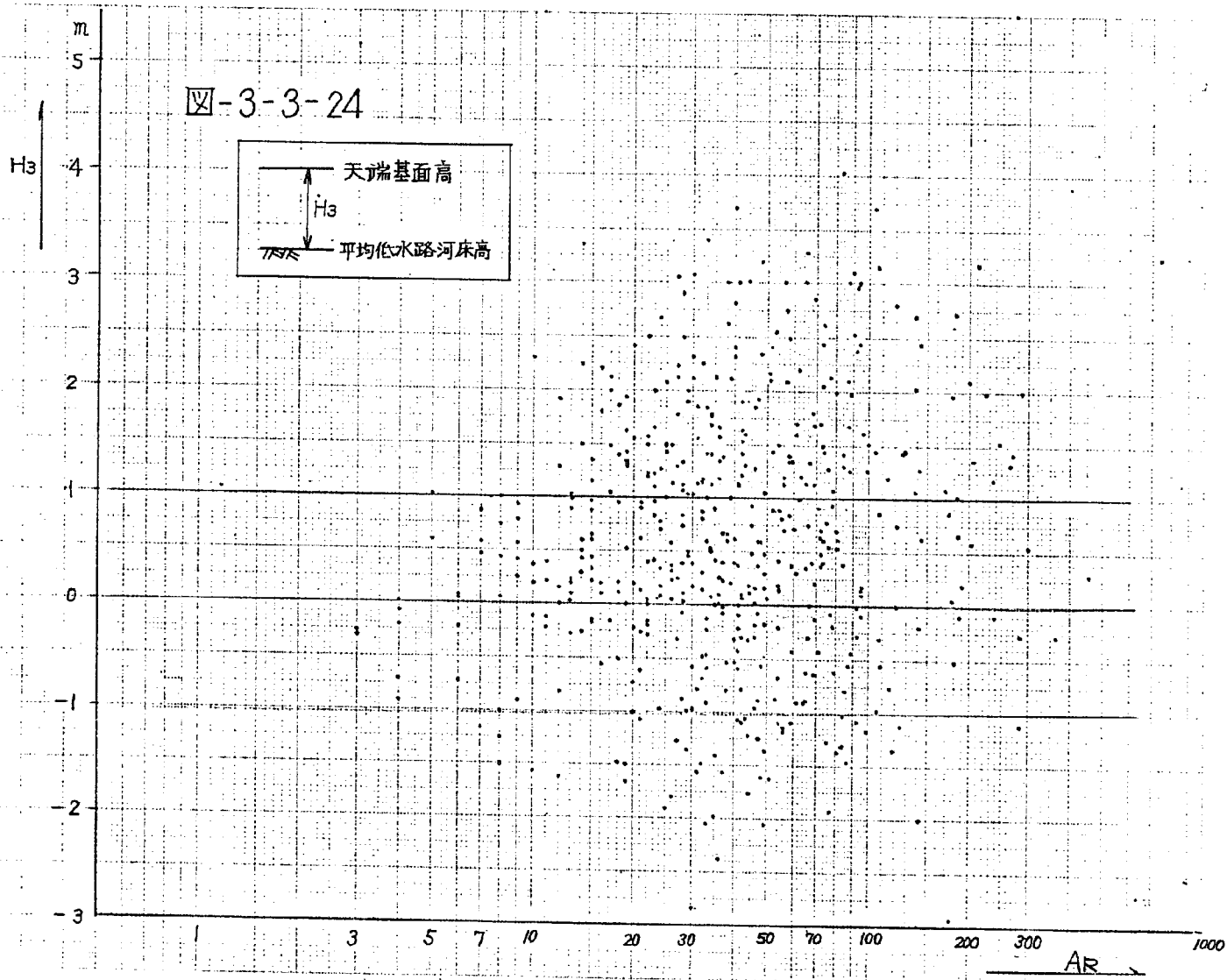
100

200

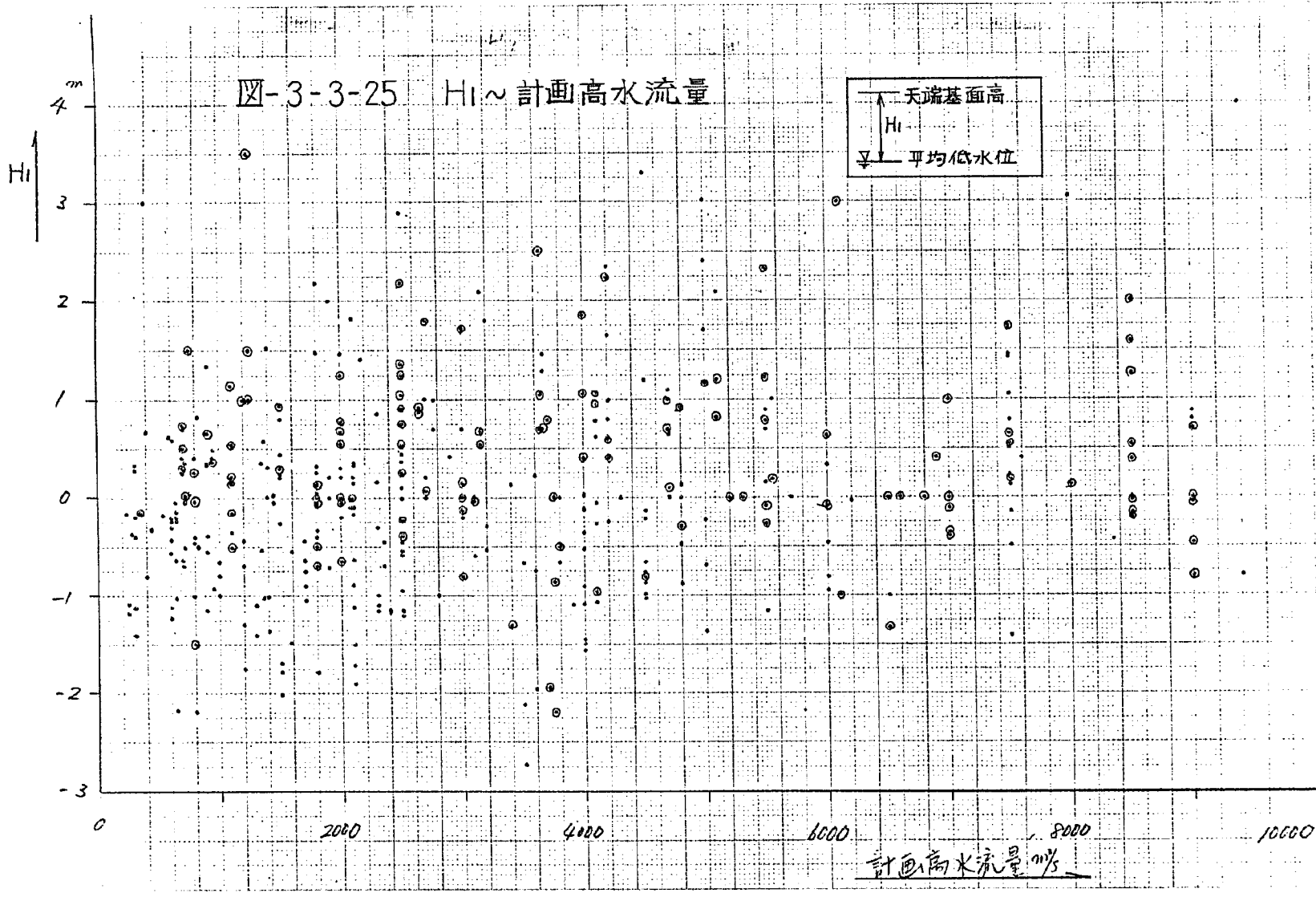
AR

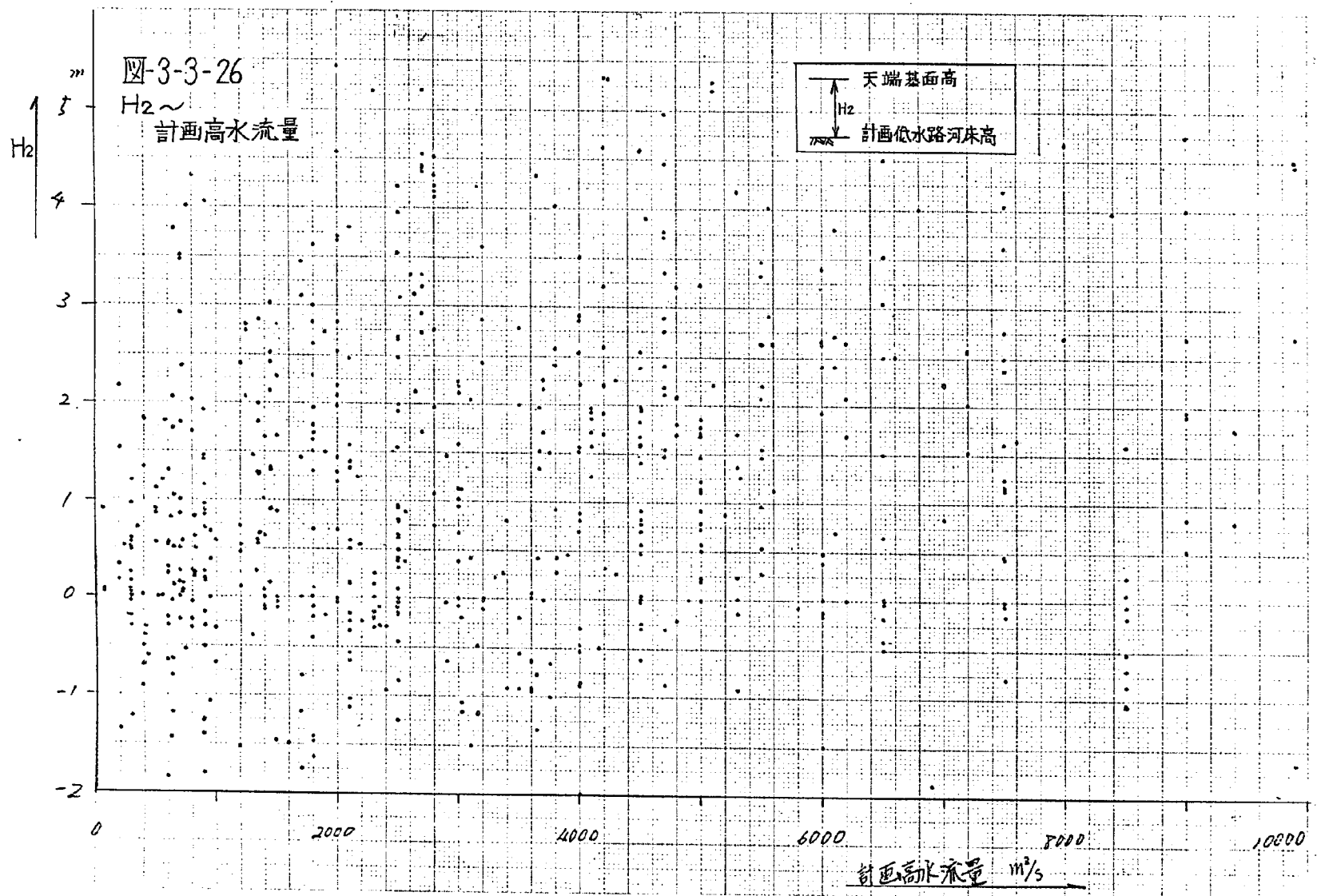
500

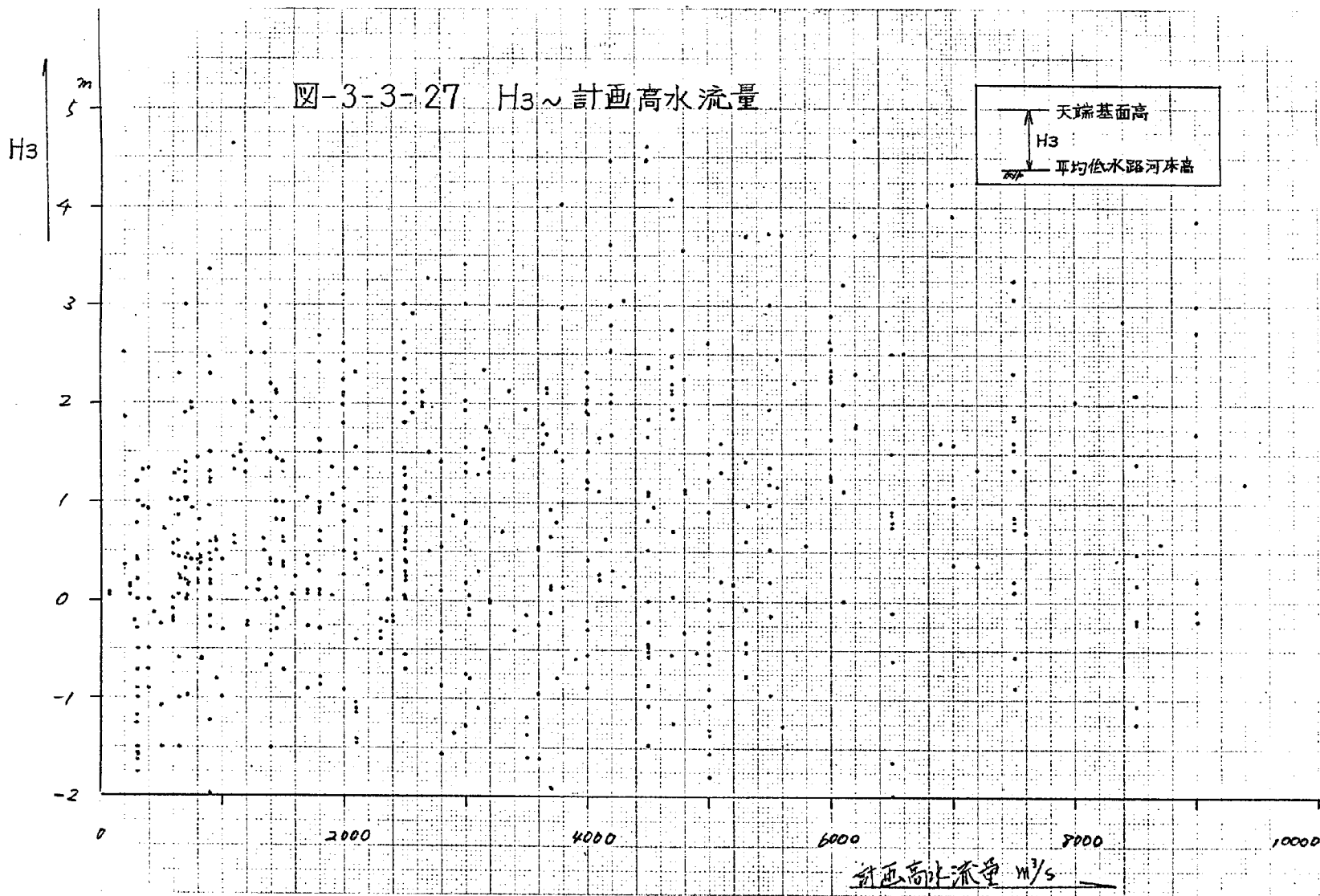
1000

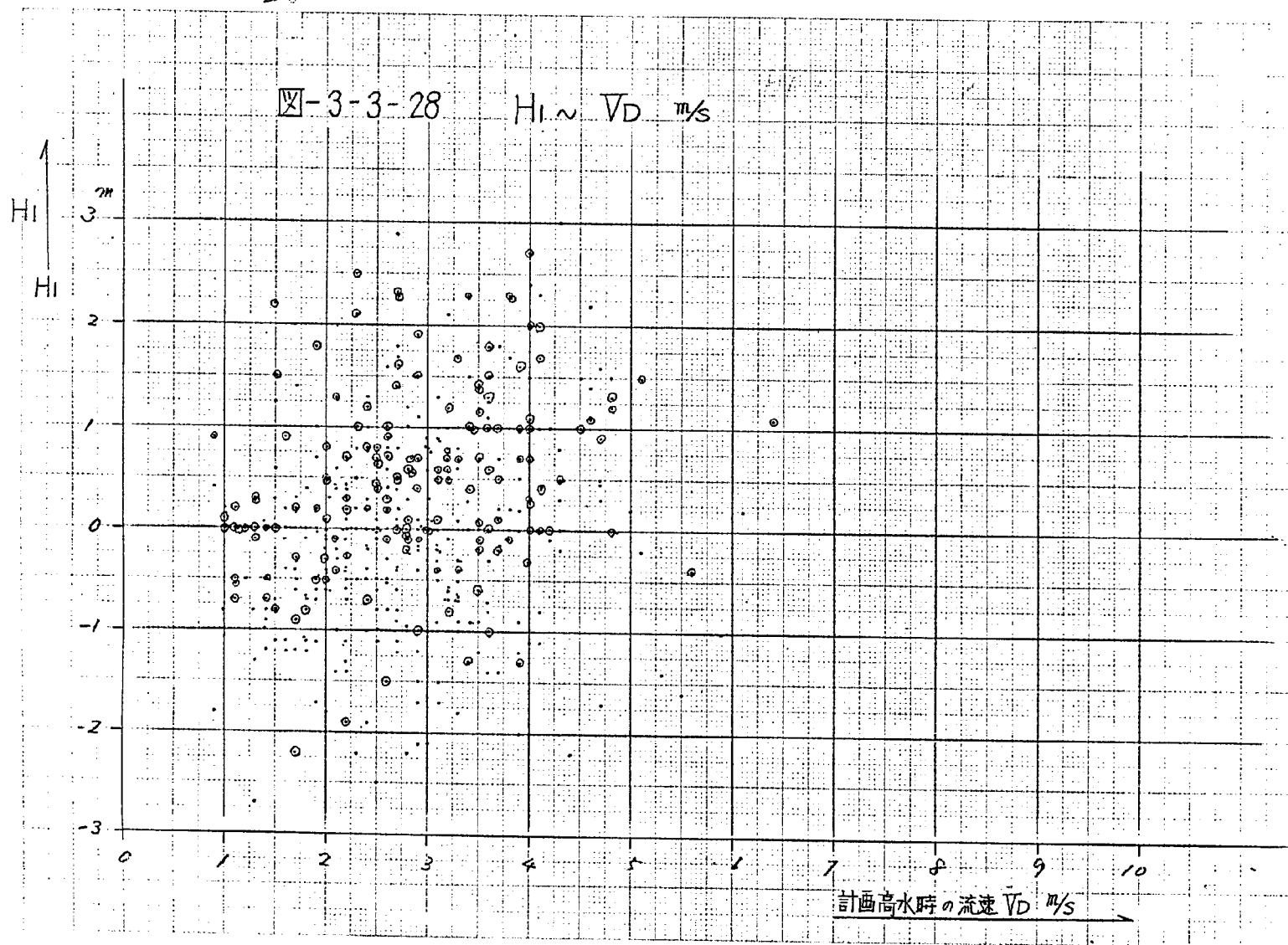


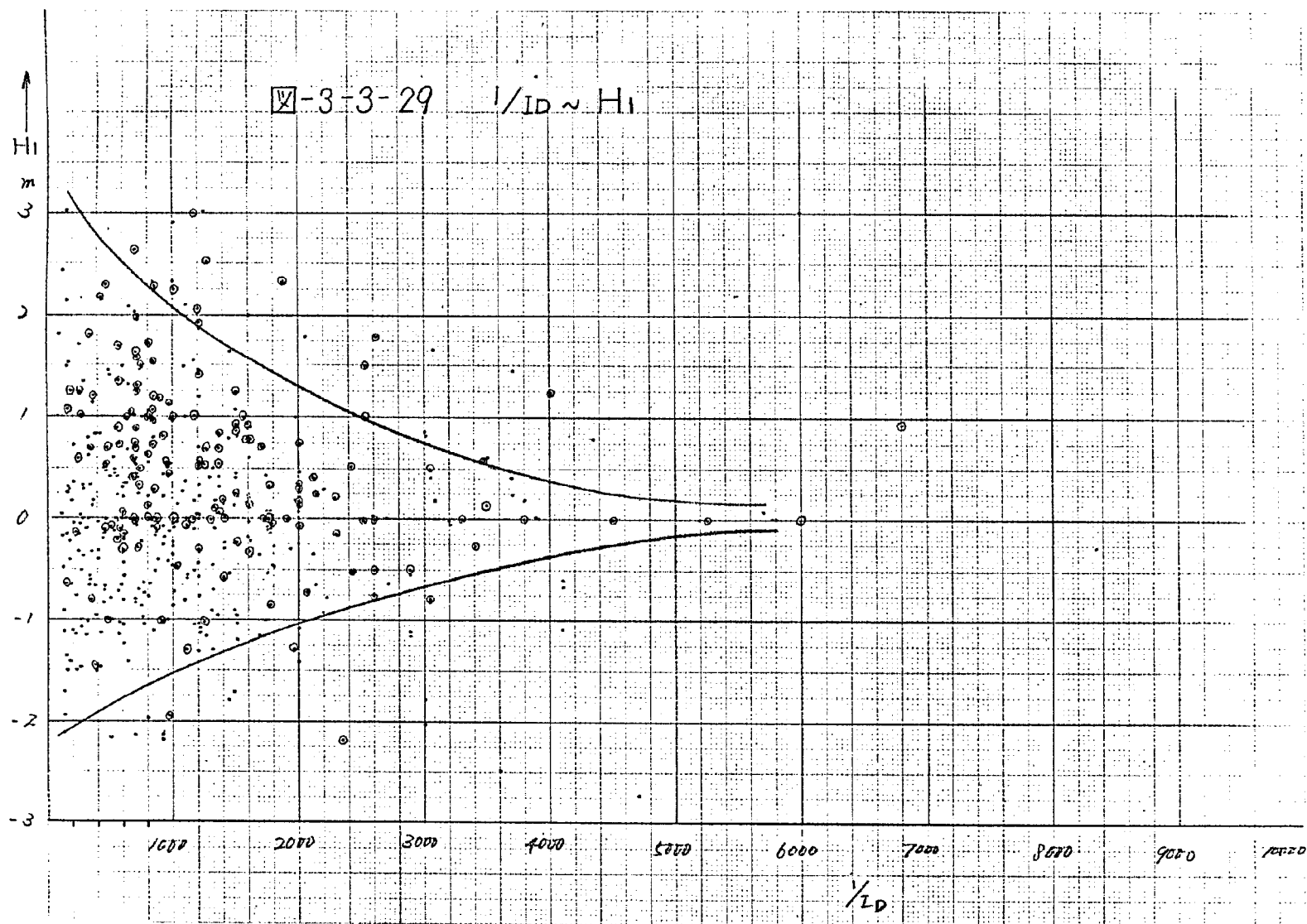
57











09

H₂

3
2
1
0
-1
-2
-3

□-3-3-30

$1/I_D \sim H_2$

1000

2000

3000

4000

5000

6000

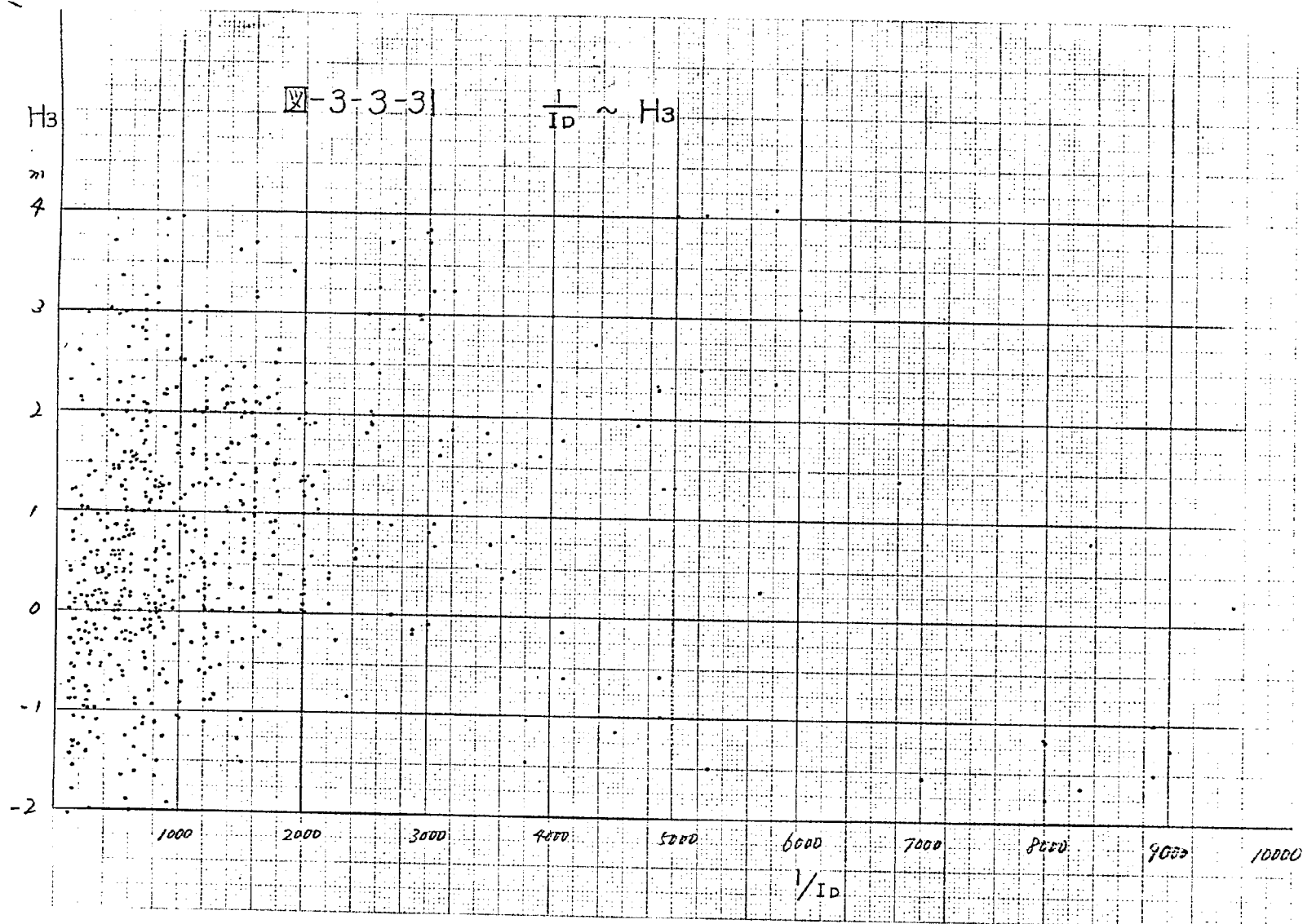
7000

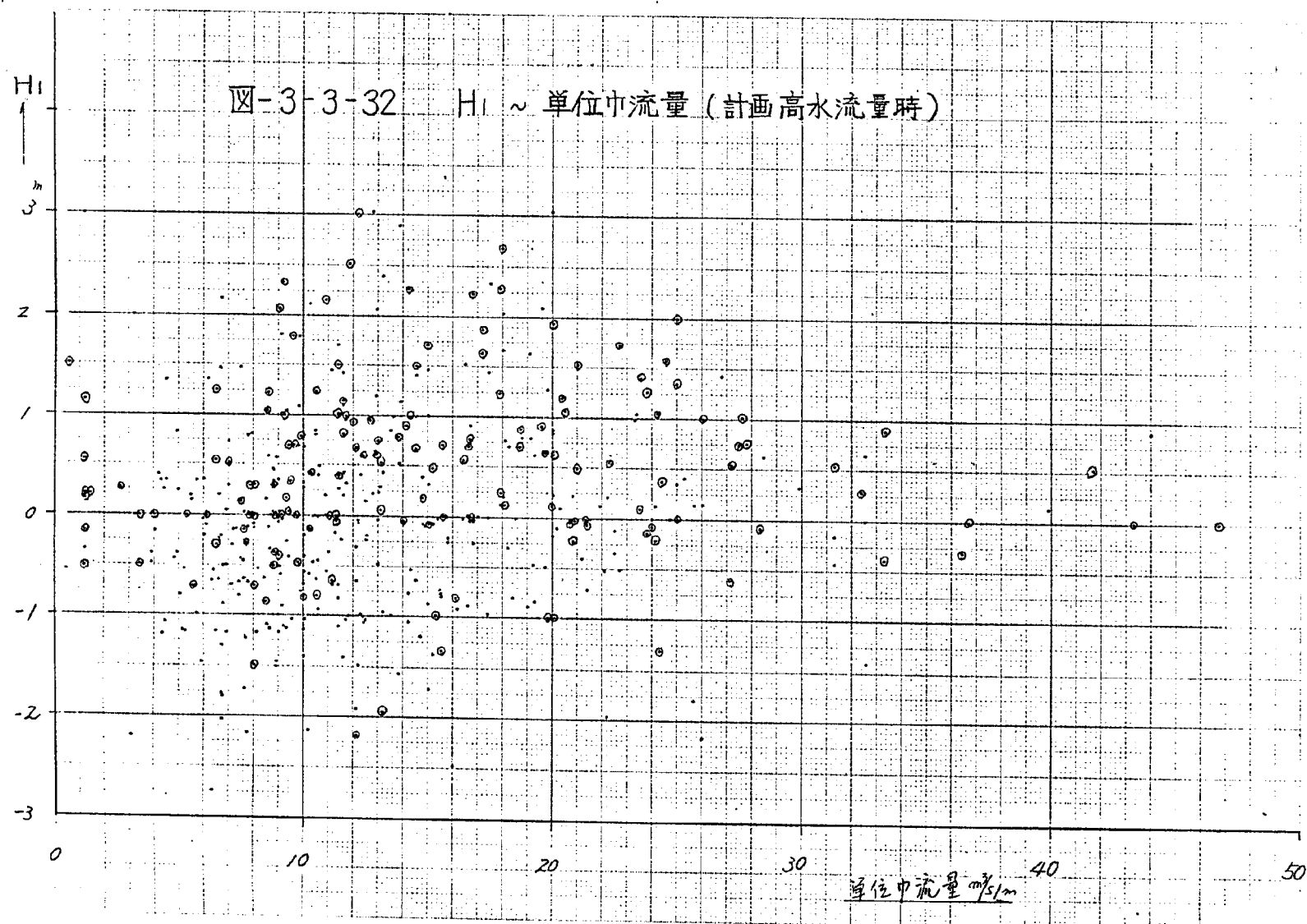
8000

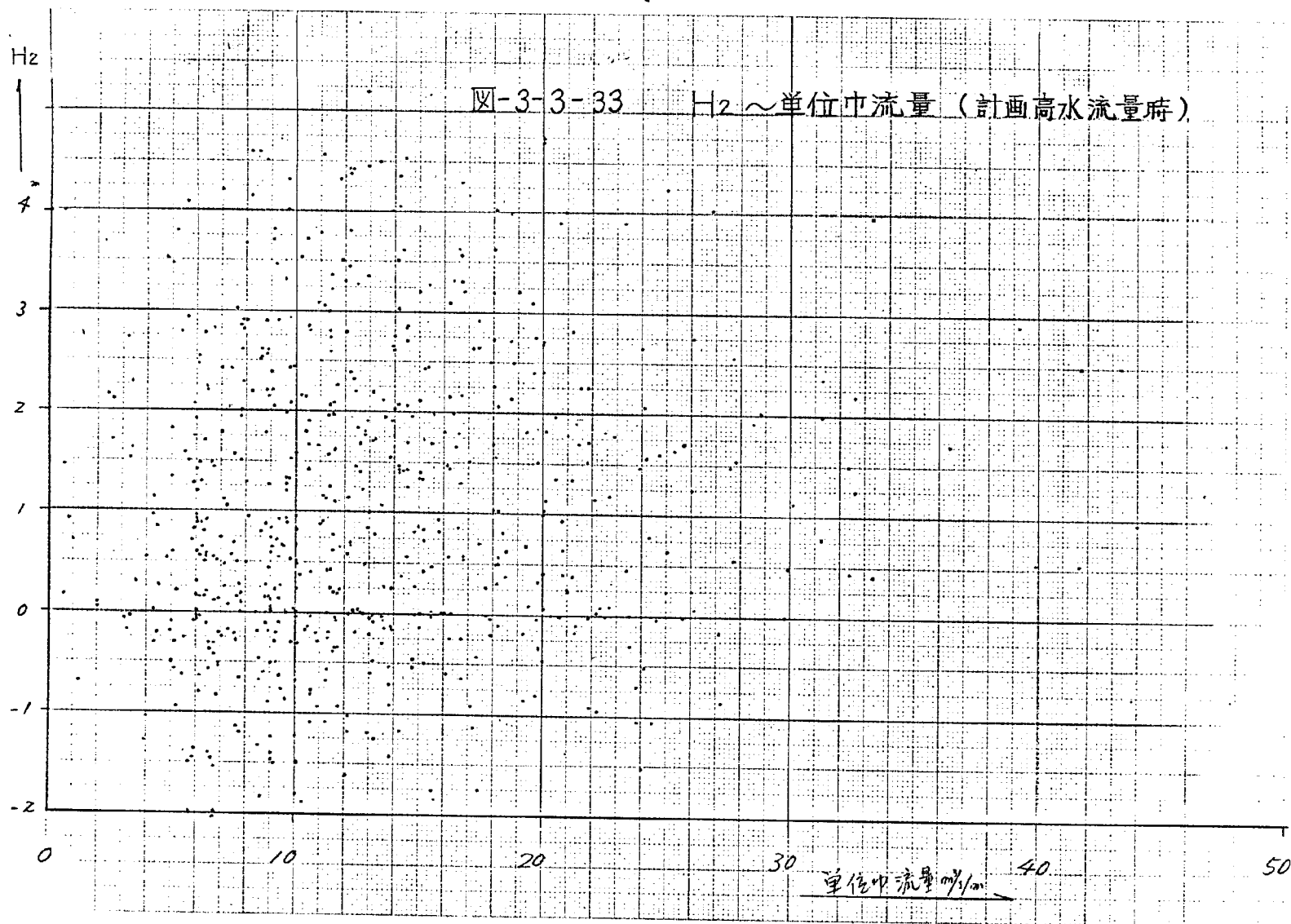
9000

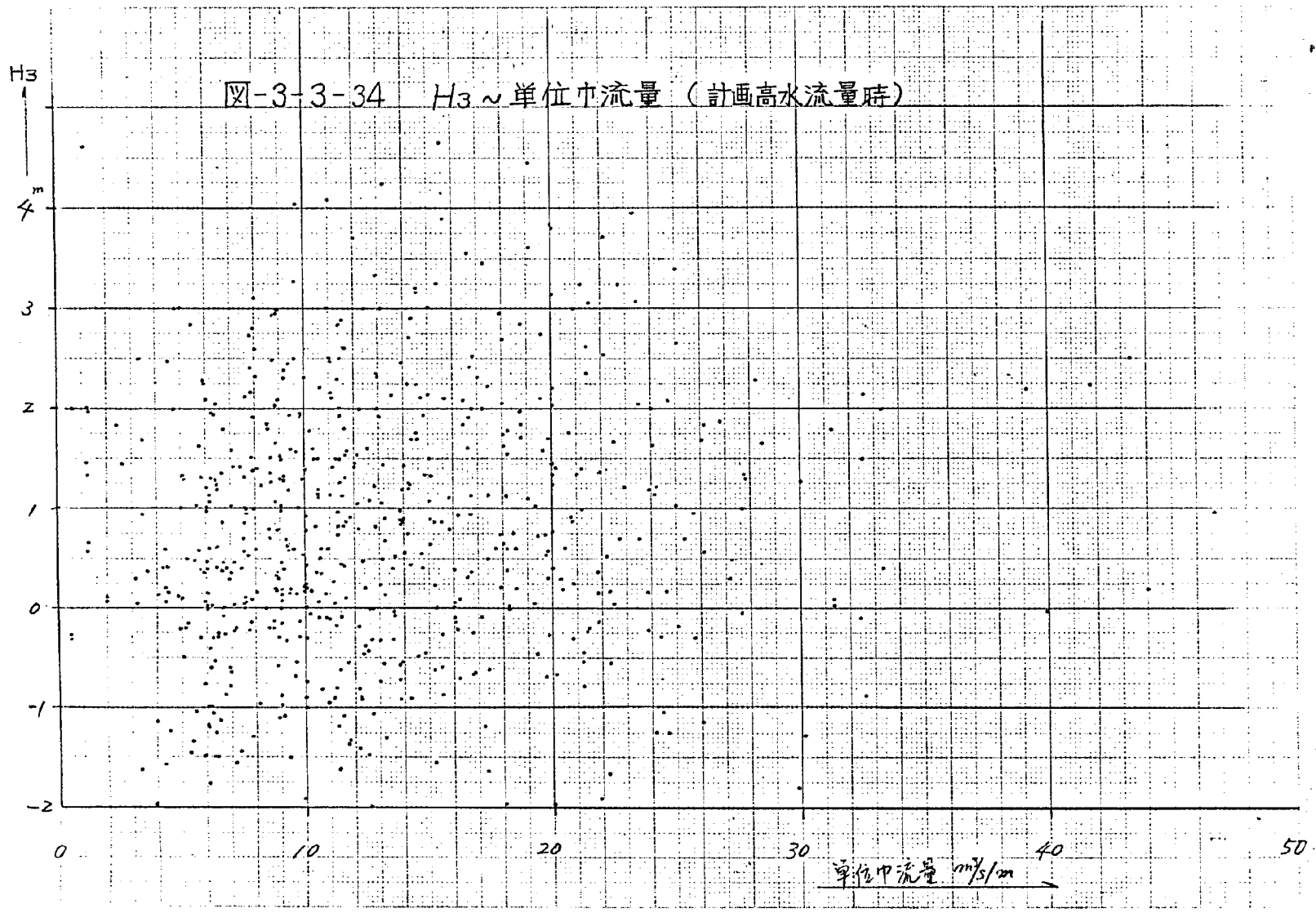
10000

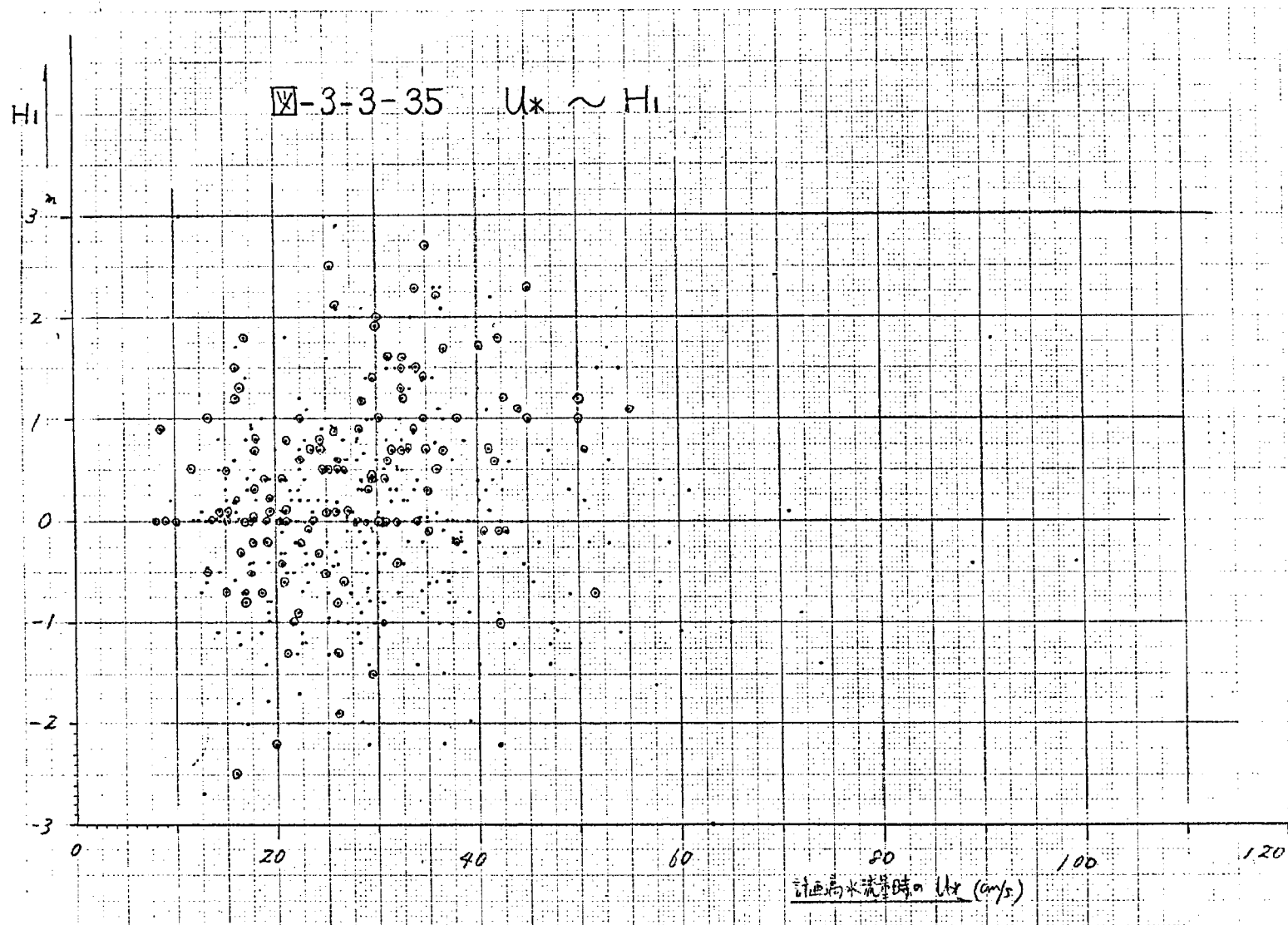
→ $1/I_D$

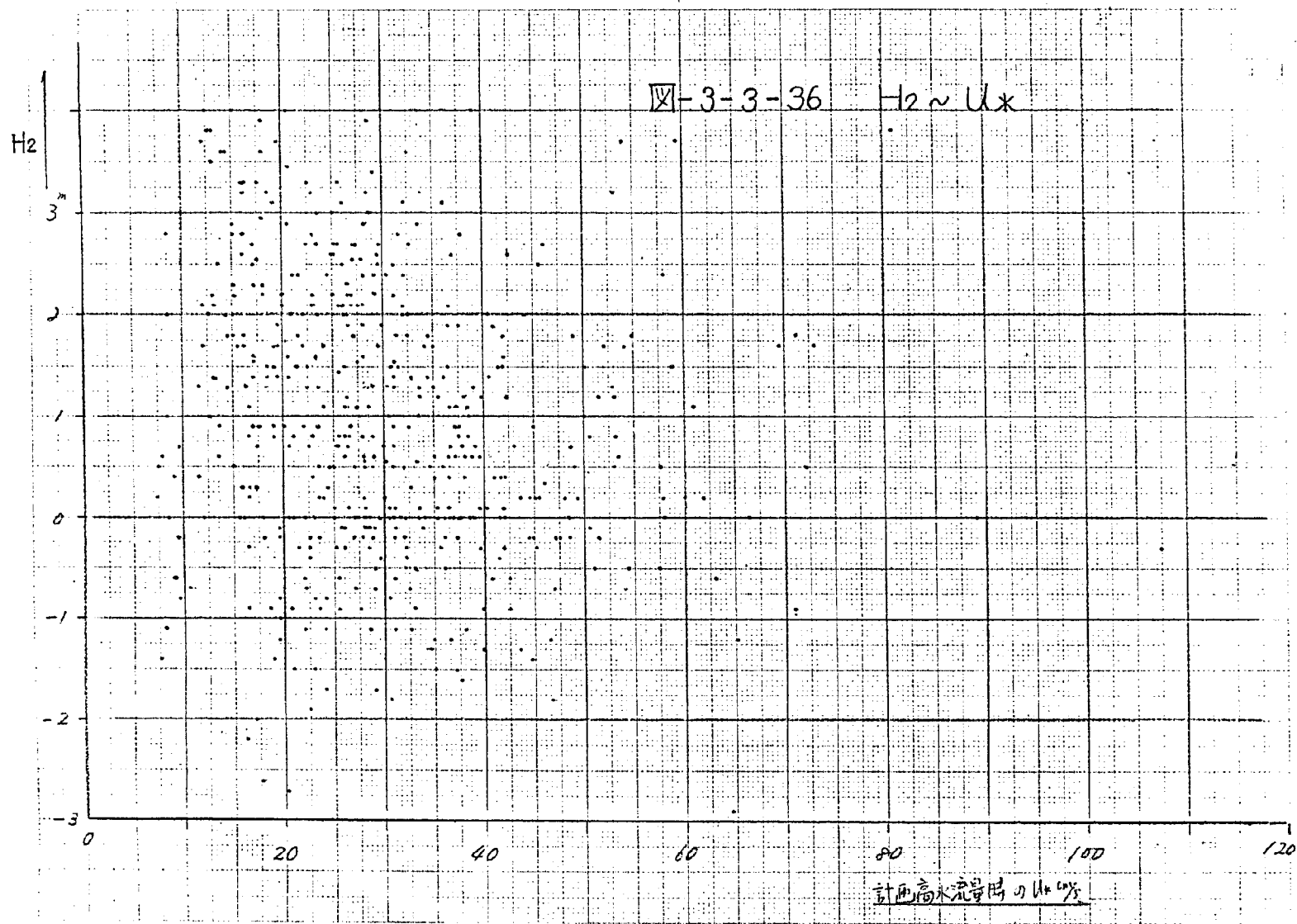












69

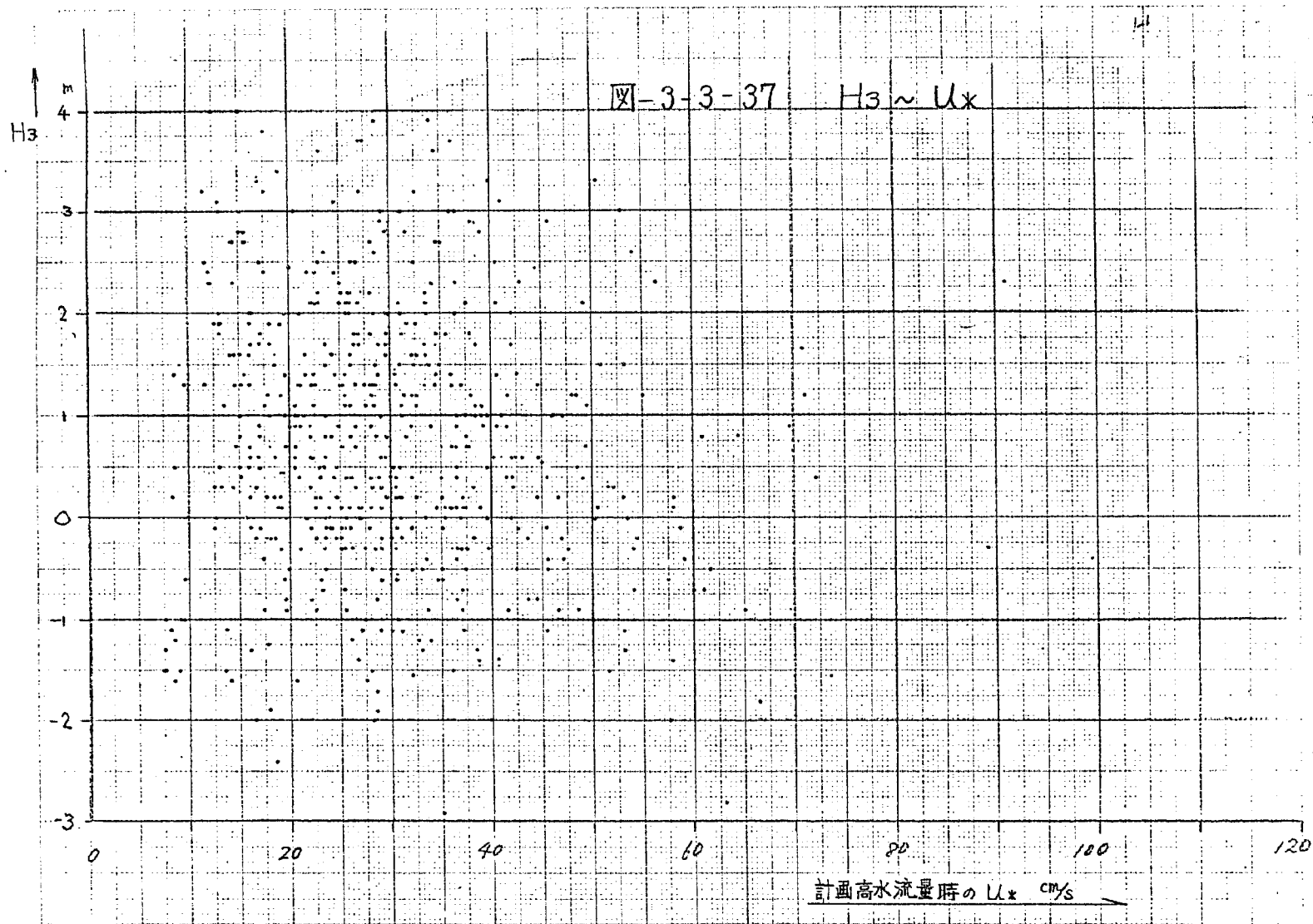


圖-3-4-1 $H_i \sim$ 件数: (直線部 + 彎曲部)

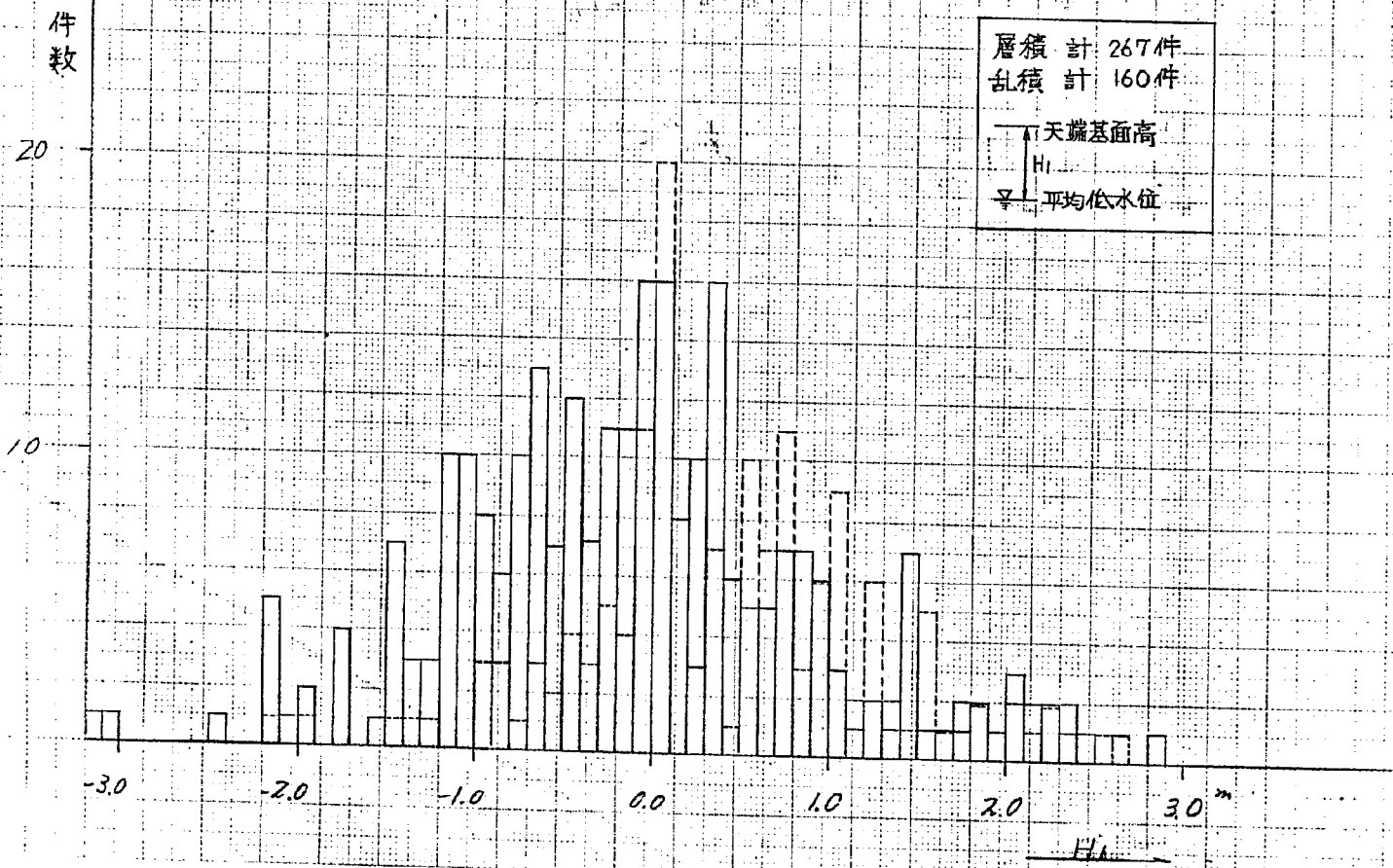


図-3-4-2 $H_1 \sim$ 件数:直線部

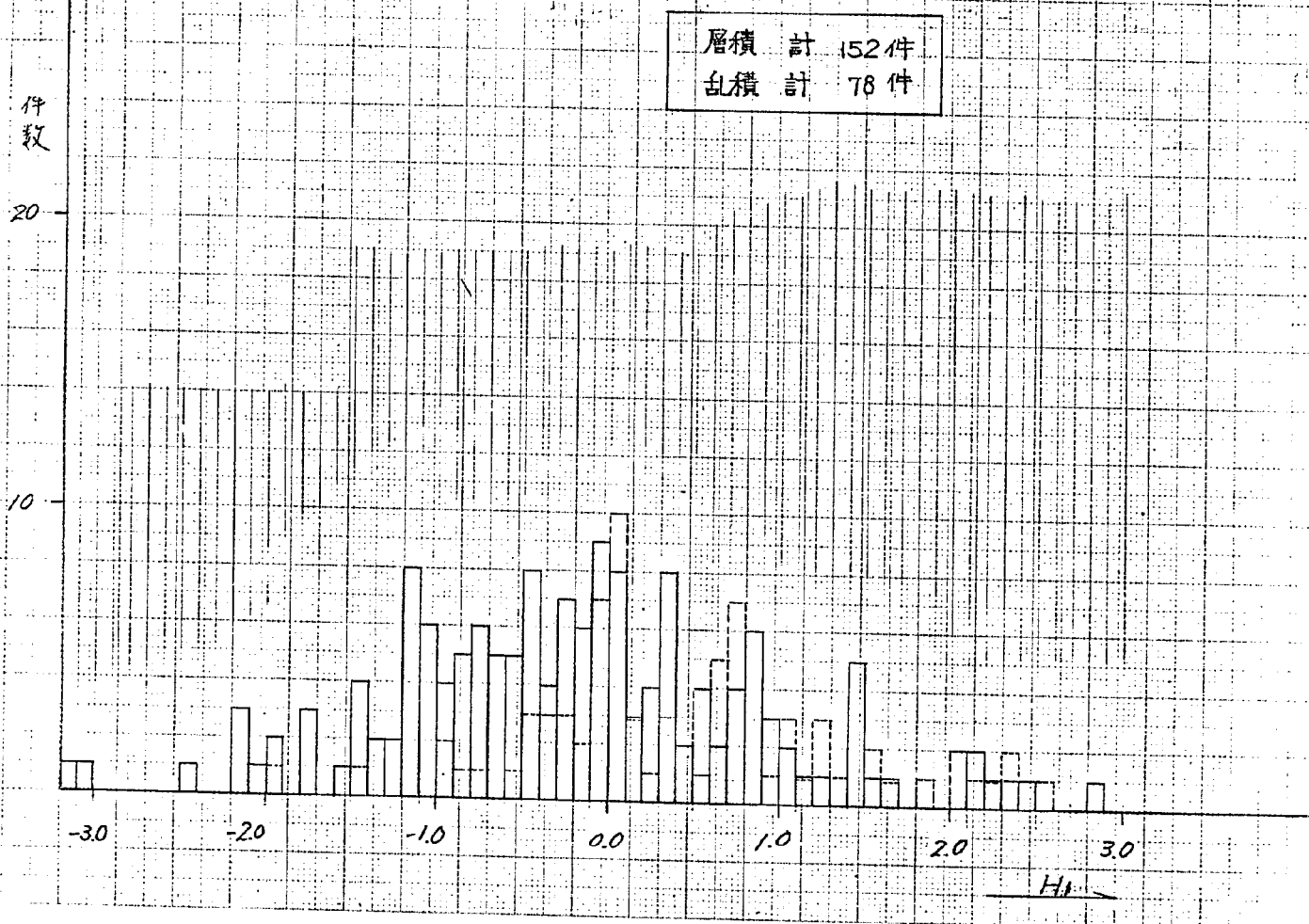


図-3-4-3 H₁ ~ 件数: 弯曲部

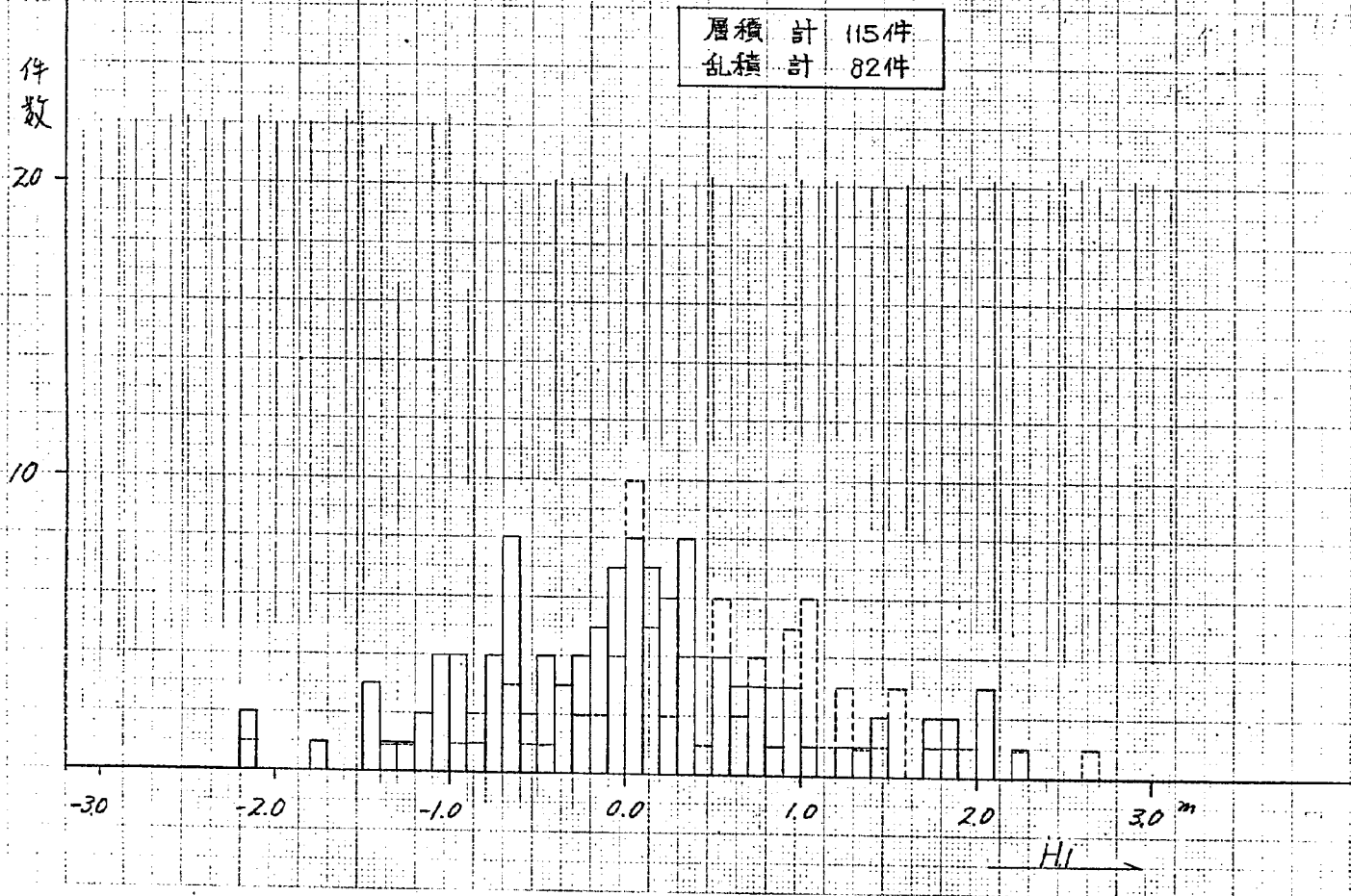


図-3-4-4 H2~件数: (直線部+弯曲部)

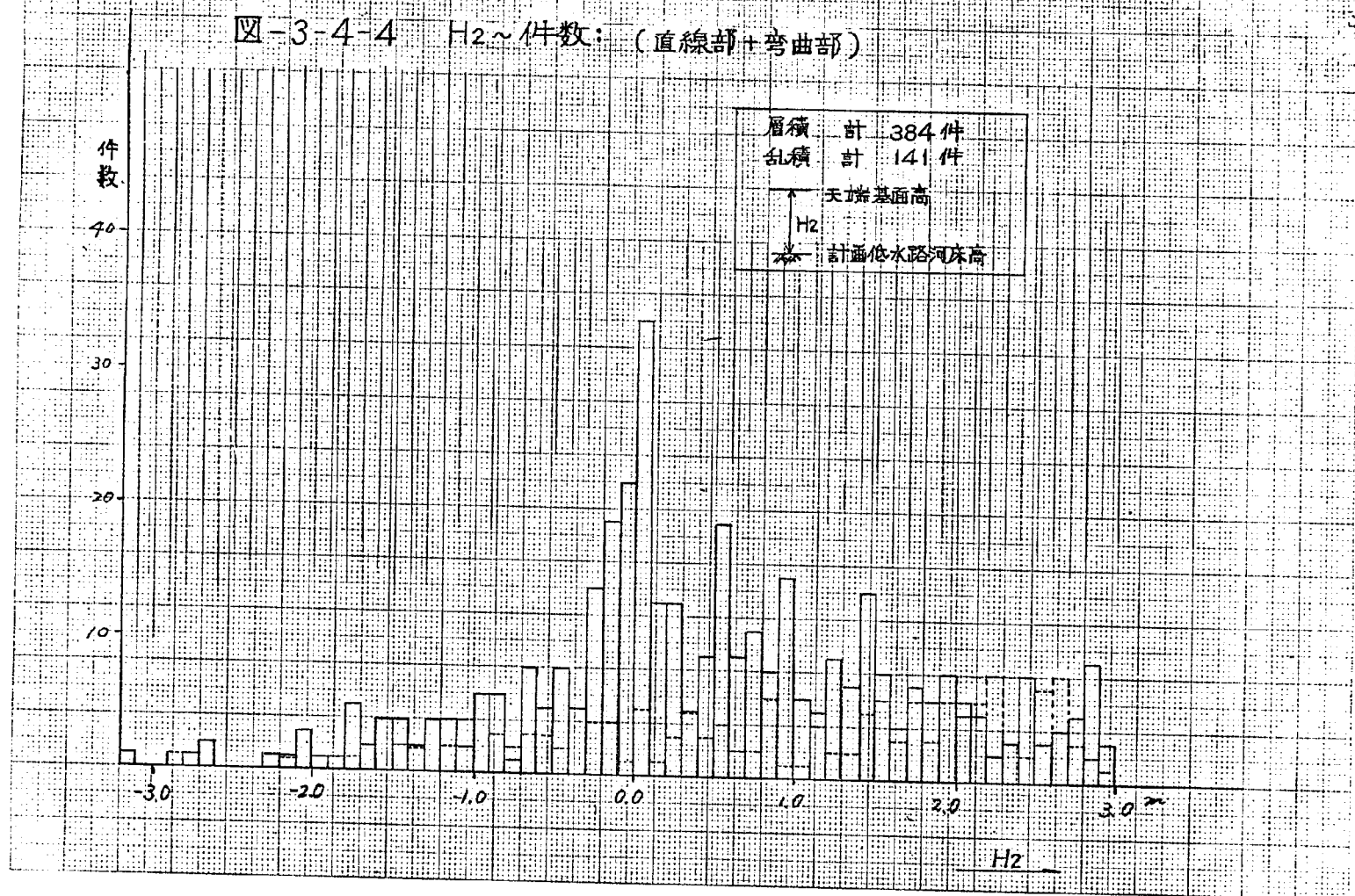


図-3-4-5

H₂~件数:直線部

層積 計 211件
乱積 計 67件

件数
20

10

-3.0 -2.0 -1.0 0.0 1.0 2.0 3.0
→ H₂ (m)



四-3-4-6 H₂ ~ 件数：弯曲部

層積	計	173件
乱積	計	74件

件数
20

10

-3.0

-2.0

-1.0

0

1.0

2.0

3.0 m

H₂

圖-3-4-7

H3~件数：(直線部)+(彎曲部)

件数

20

10

-3.0

-2.0

-1.0

0.0

1.0

2.0

3.0^m

層積 計 365 件
乱積 計 155 件

天端基面高
H3
平均低水路
河床高

H3

図-3-4-8

H3 ~ 件数 : 直線部

層積 計	194 件
乱積 計	77 件

件数

20

10

-3.0

-2.0

-1.0

0.0

1.0

2.0

3.0 m

H3

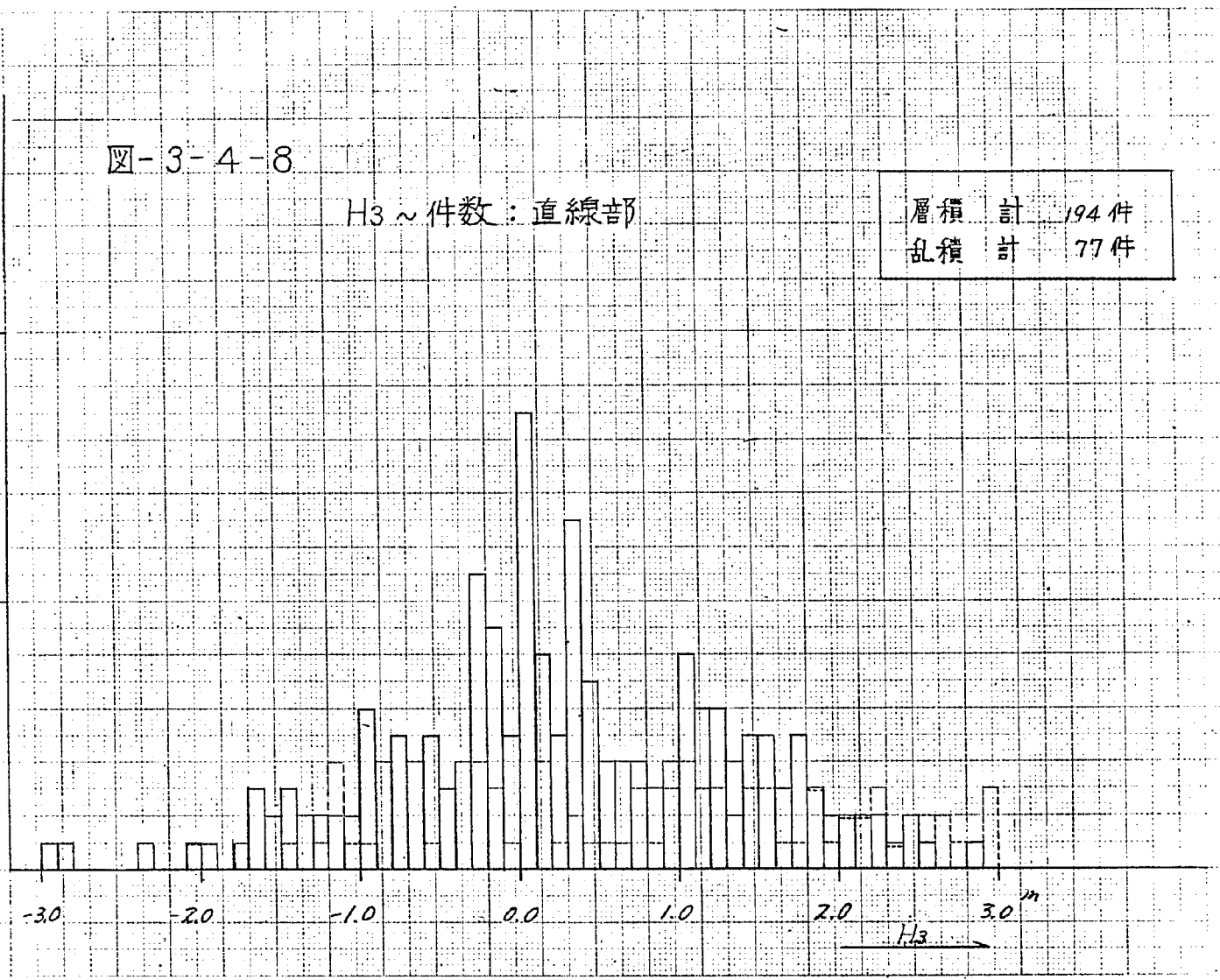


図-3-4-9

H3 ~ 件数: 弯曲部

層積計 171 件

乱積計 78 件

件数

20

10

-3.0

-2.0

-1.0

0.0

1.0

2.0

3.0

H3

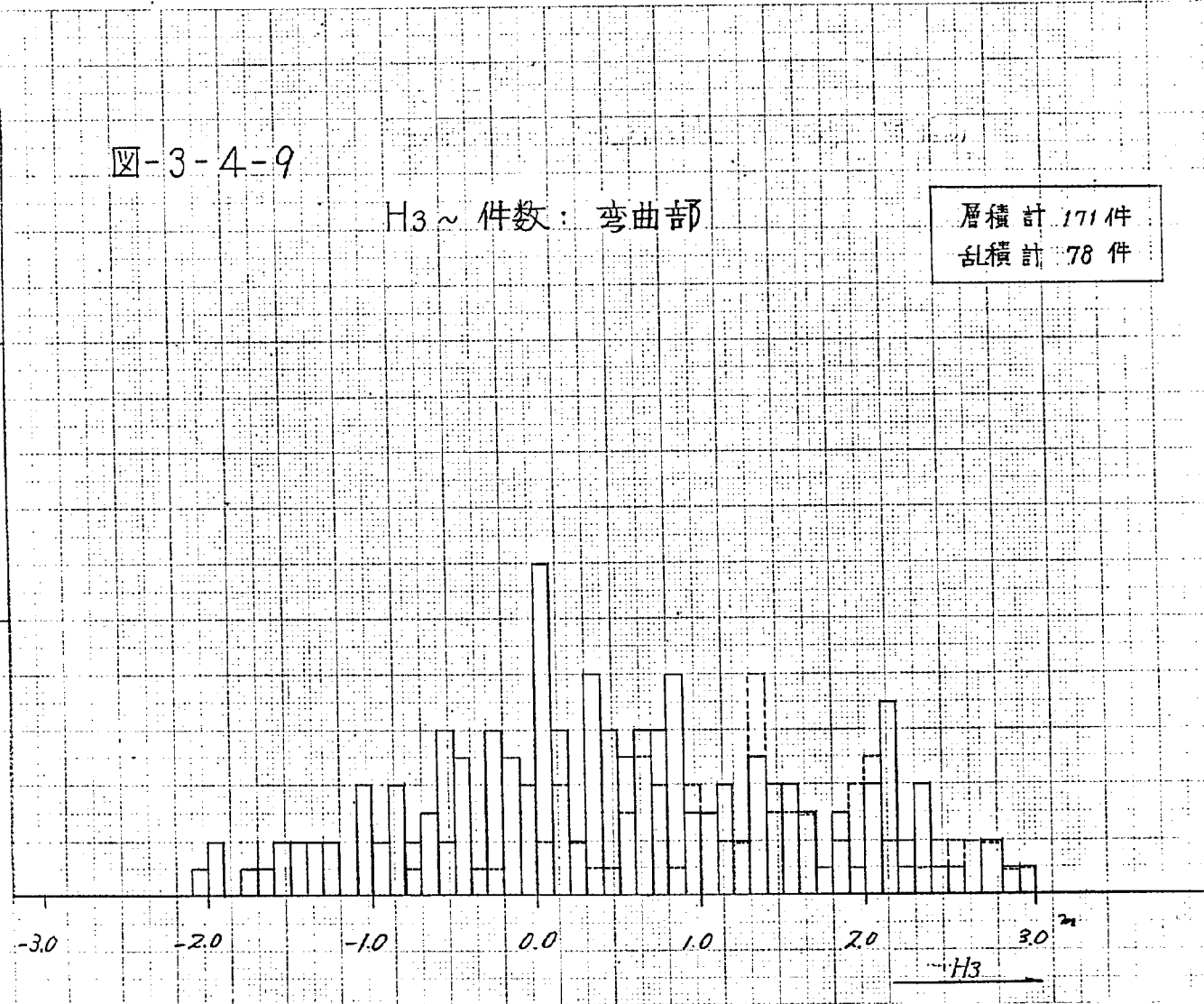


図-3-4-10

H4~件数: (直線部+湾曲部)

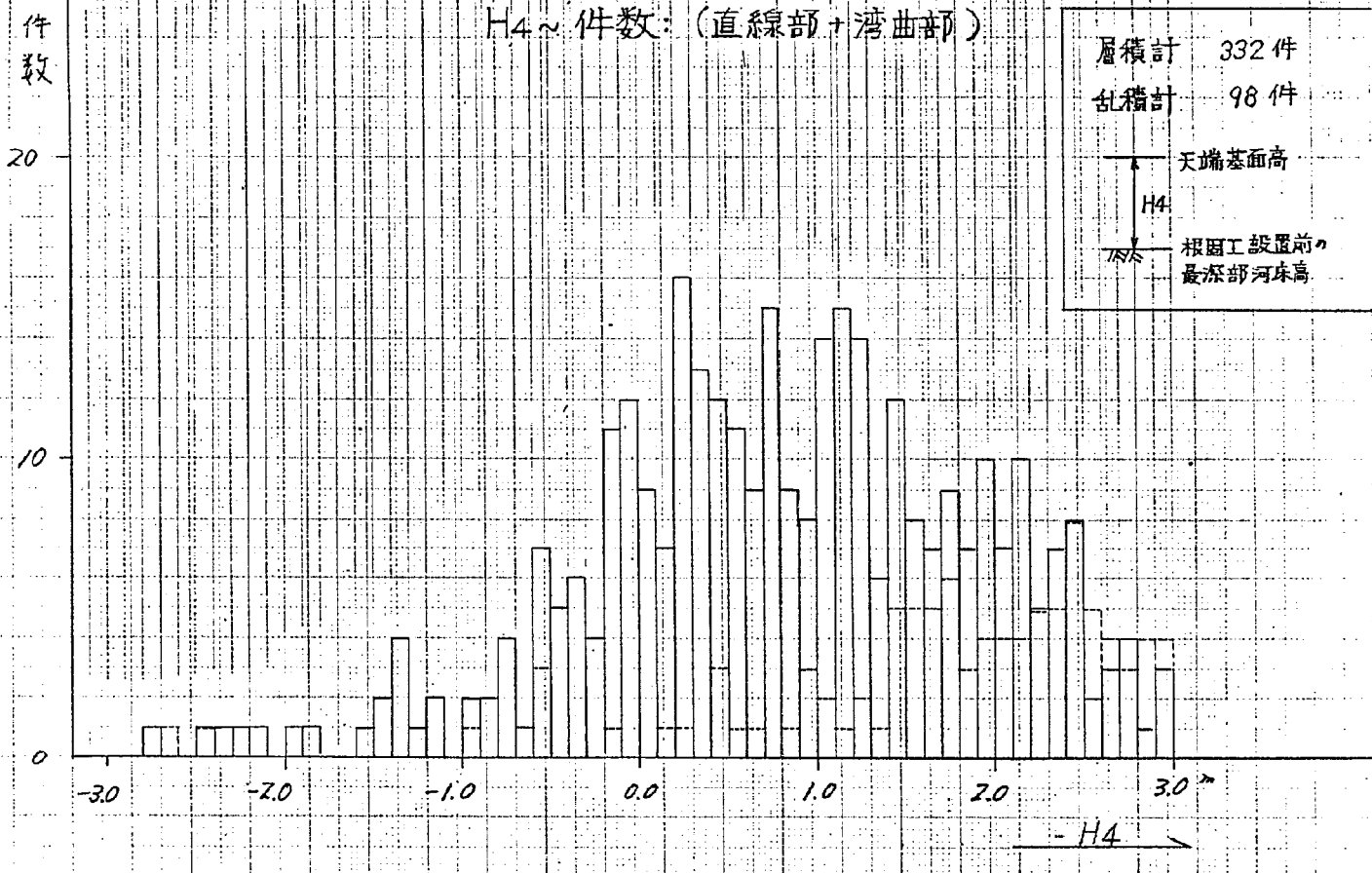


図-3-4-11

H4~件数：直線部

層積計	191件
乱積計	52件

件数

20

10

-3.0

-2.0

-1.0

0.0

1.0

2.0

3.0

H4

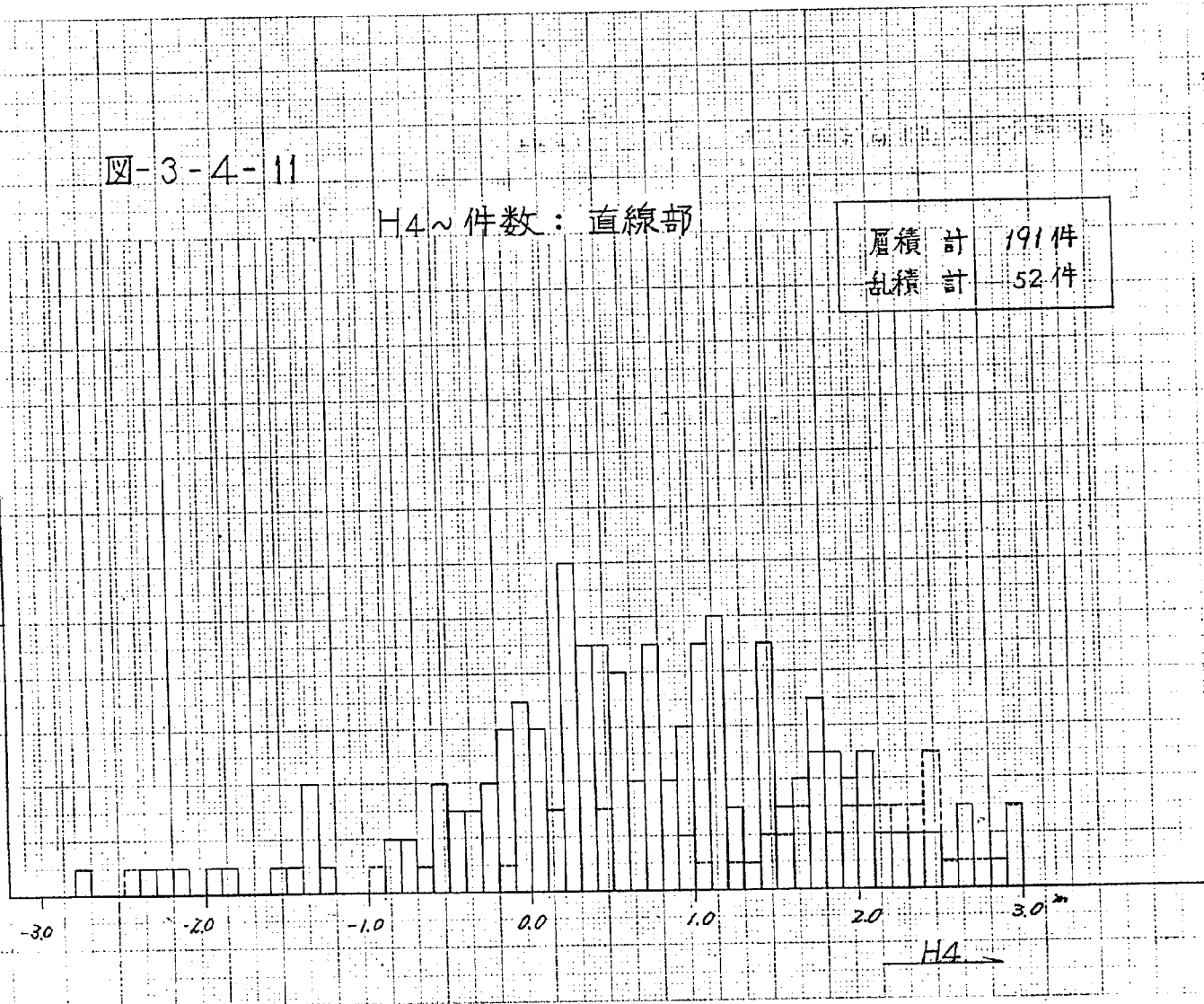


図-3-4-12

H4~件数: 弯曲部

層積	計	141件
乱積	計	46件

件数

20

10

0

-3.0

-2.0

-1.0

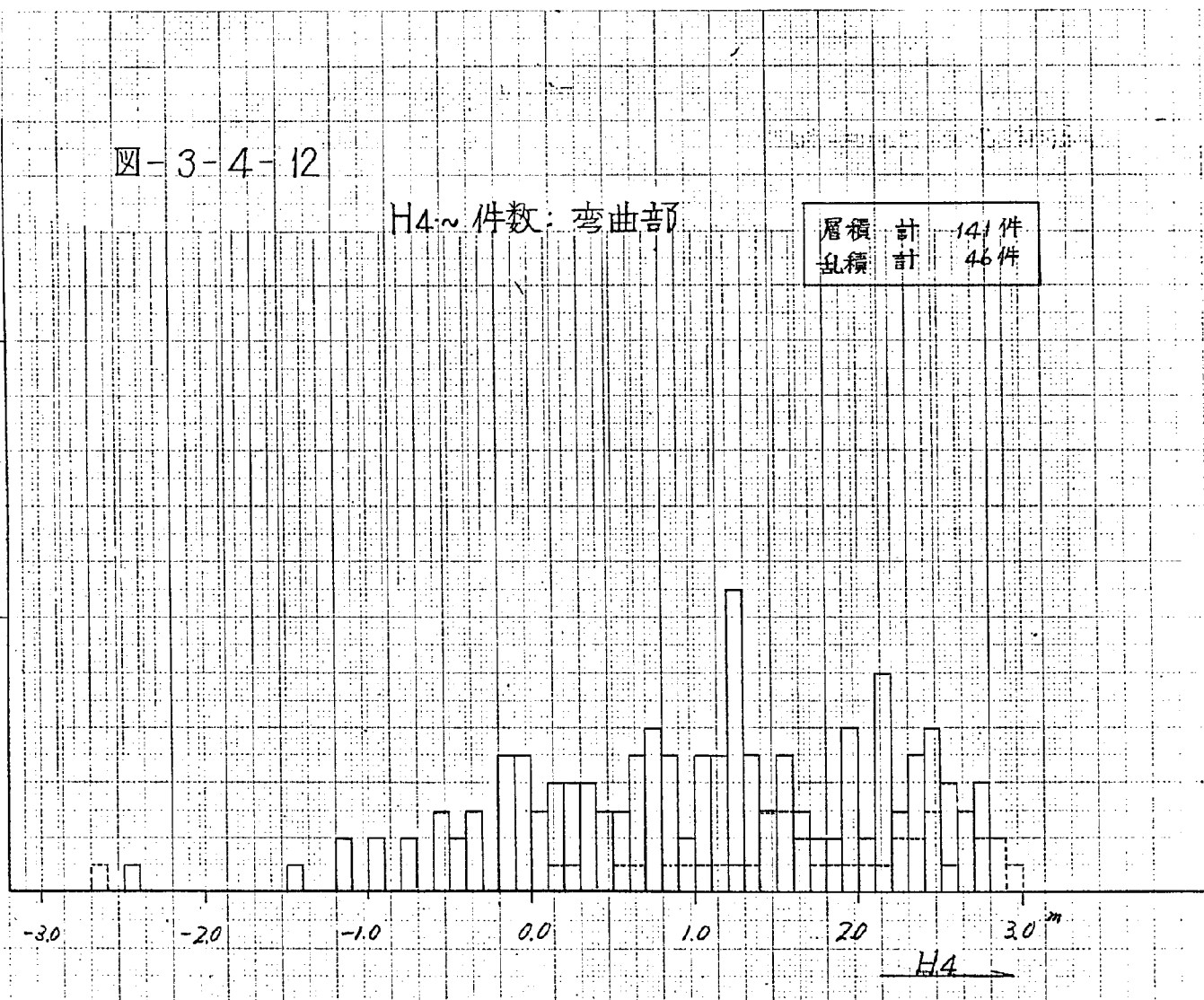
0.0

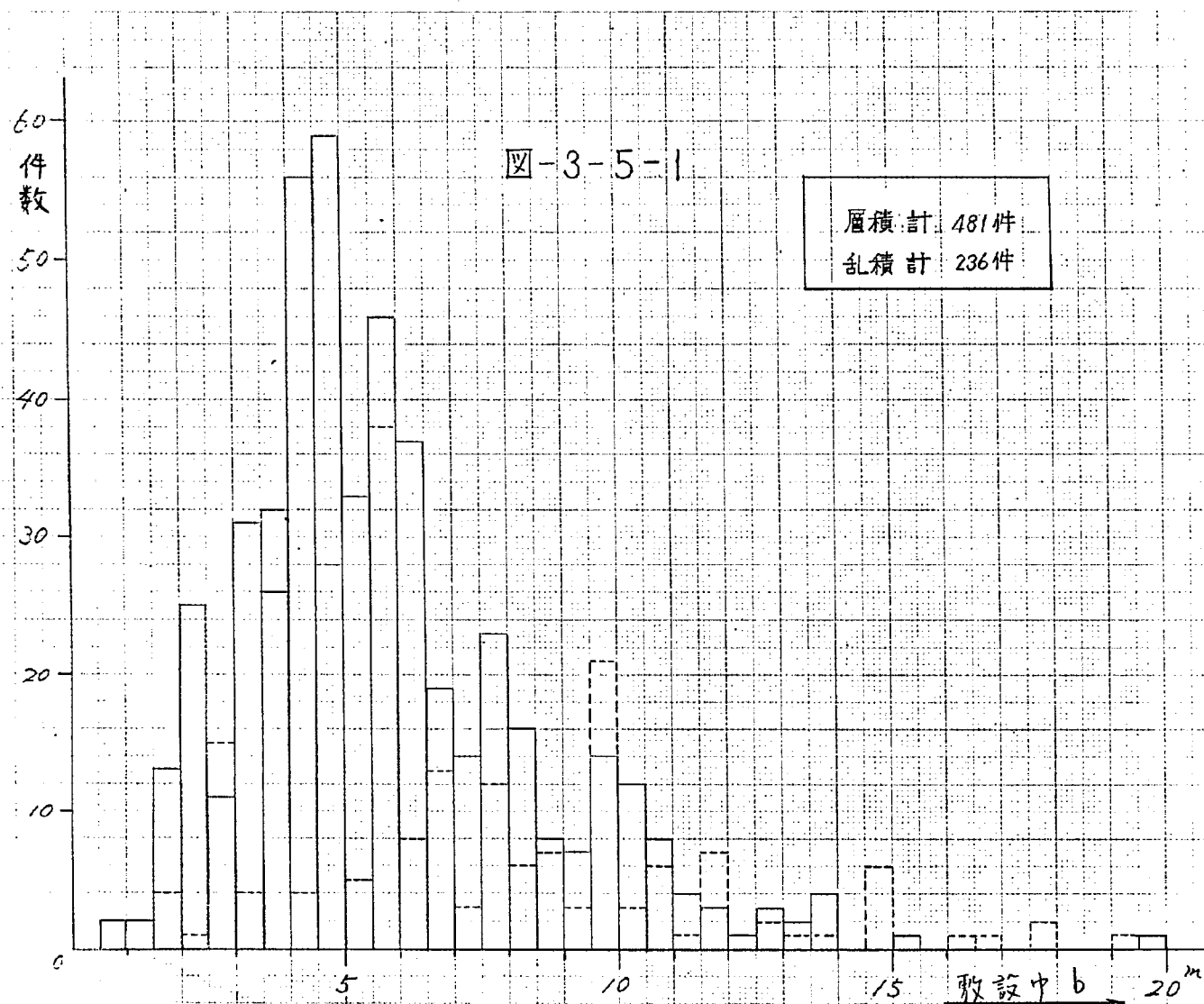
1.0

2.0

3.0^m

H4





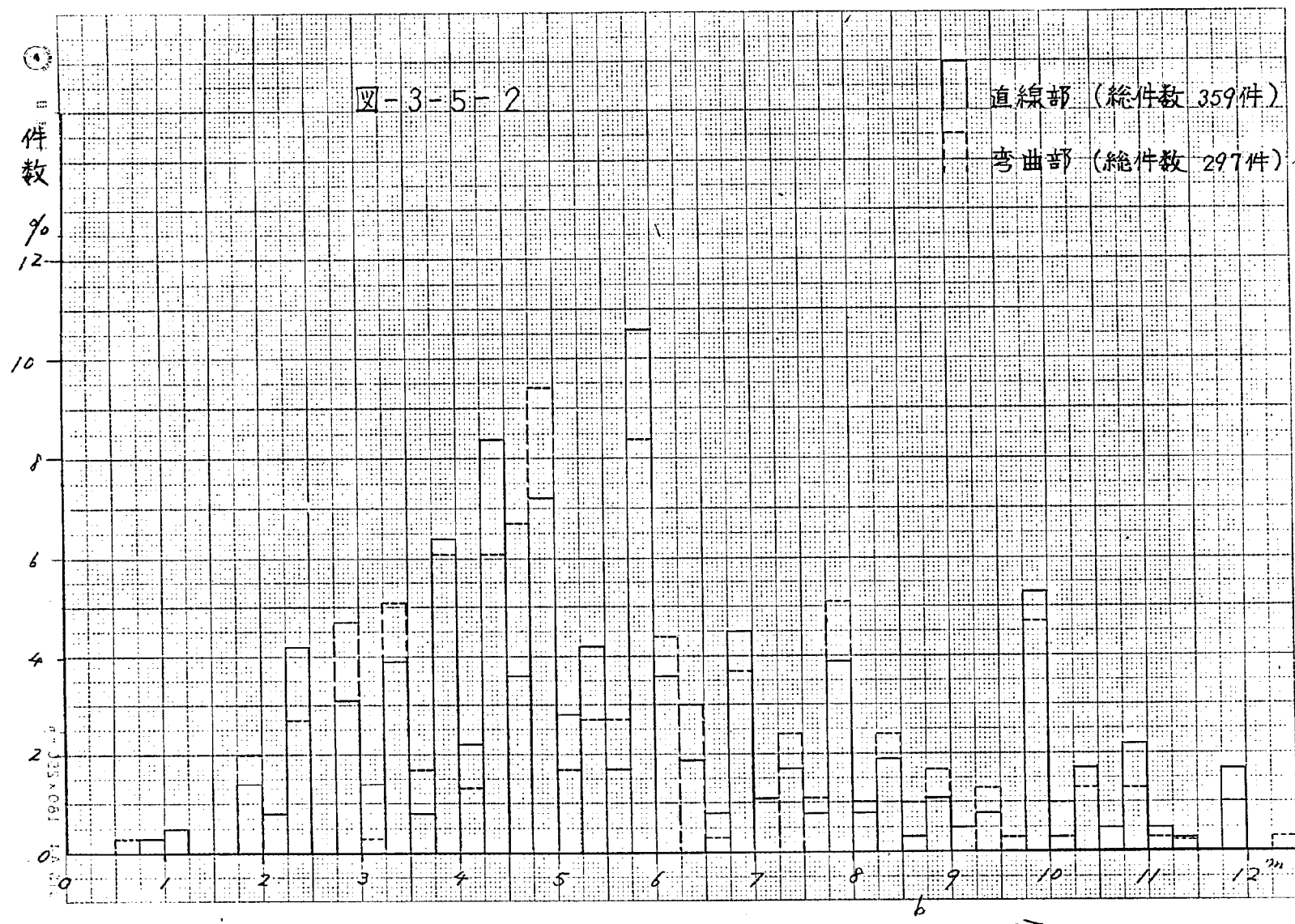


圖-3-5-3

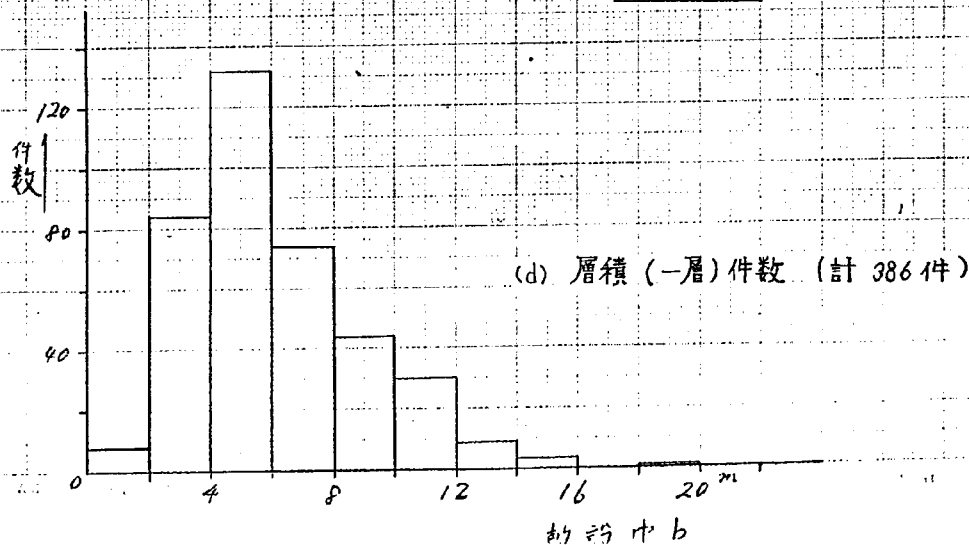
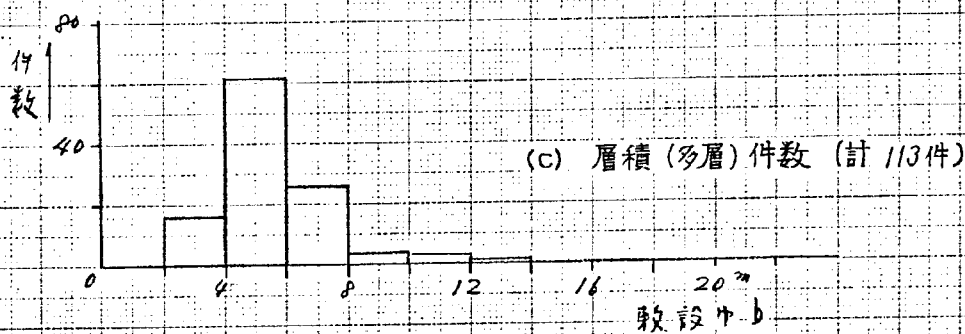
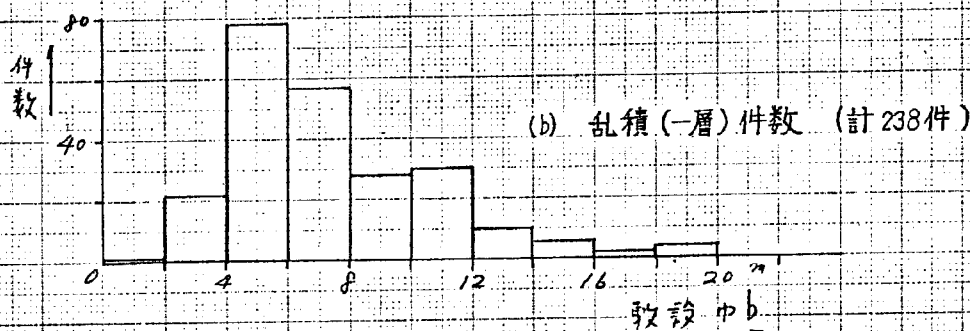
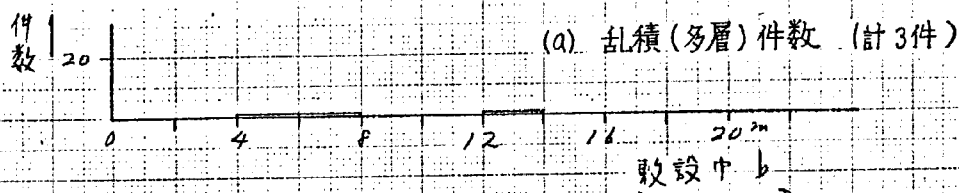


図-3-5-4 敷設中 $\sim K_3$

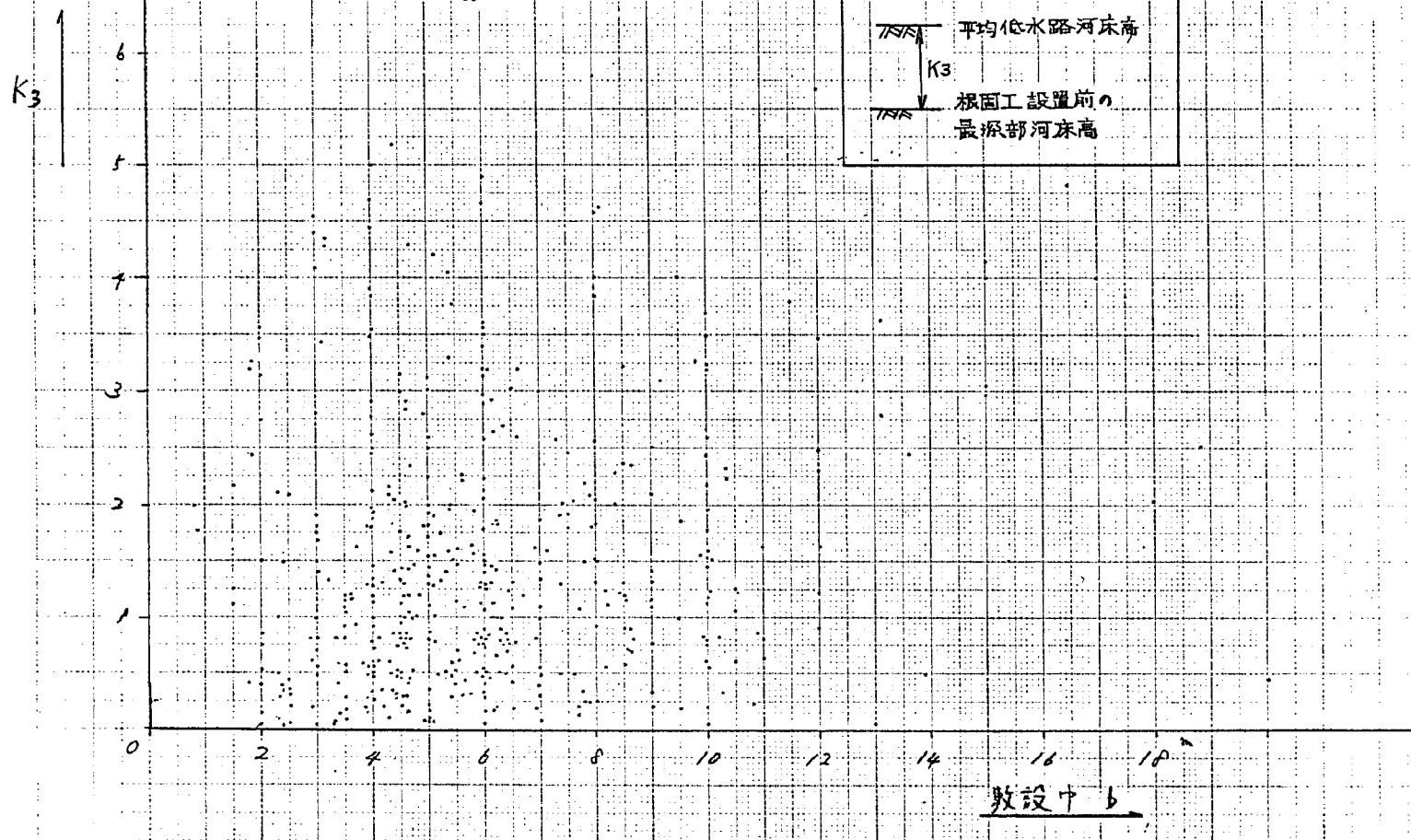
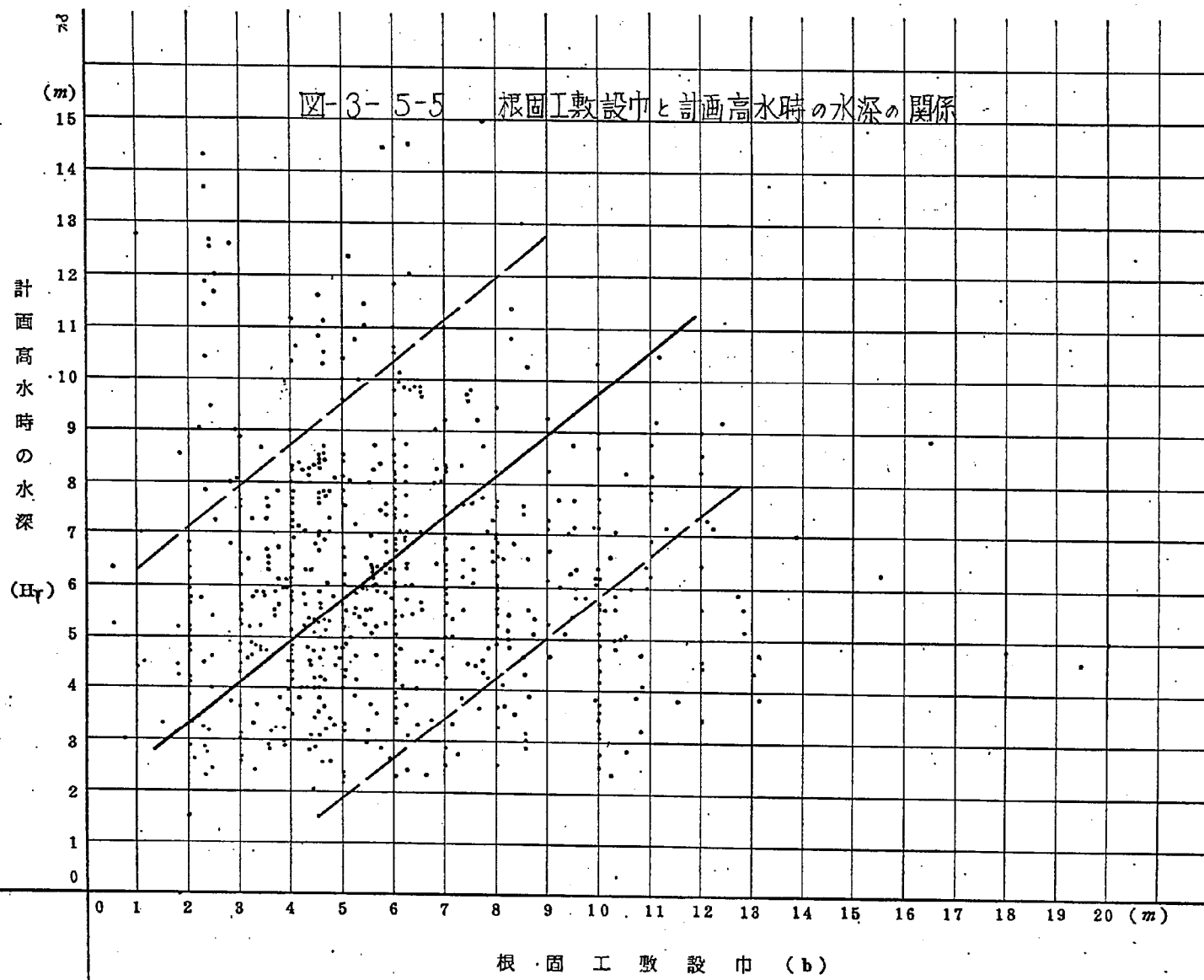


図-3-5-5 根固工敷設中と計画高水時の水深の関係



件

図-3-5-6 根固工敷設中と計画高水時の水深の関係

b: 根固巾
H_T: 水深
計 717件

150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10

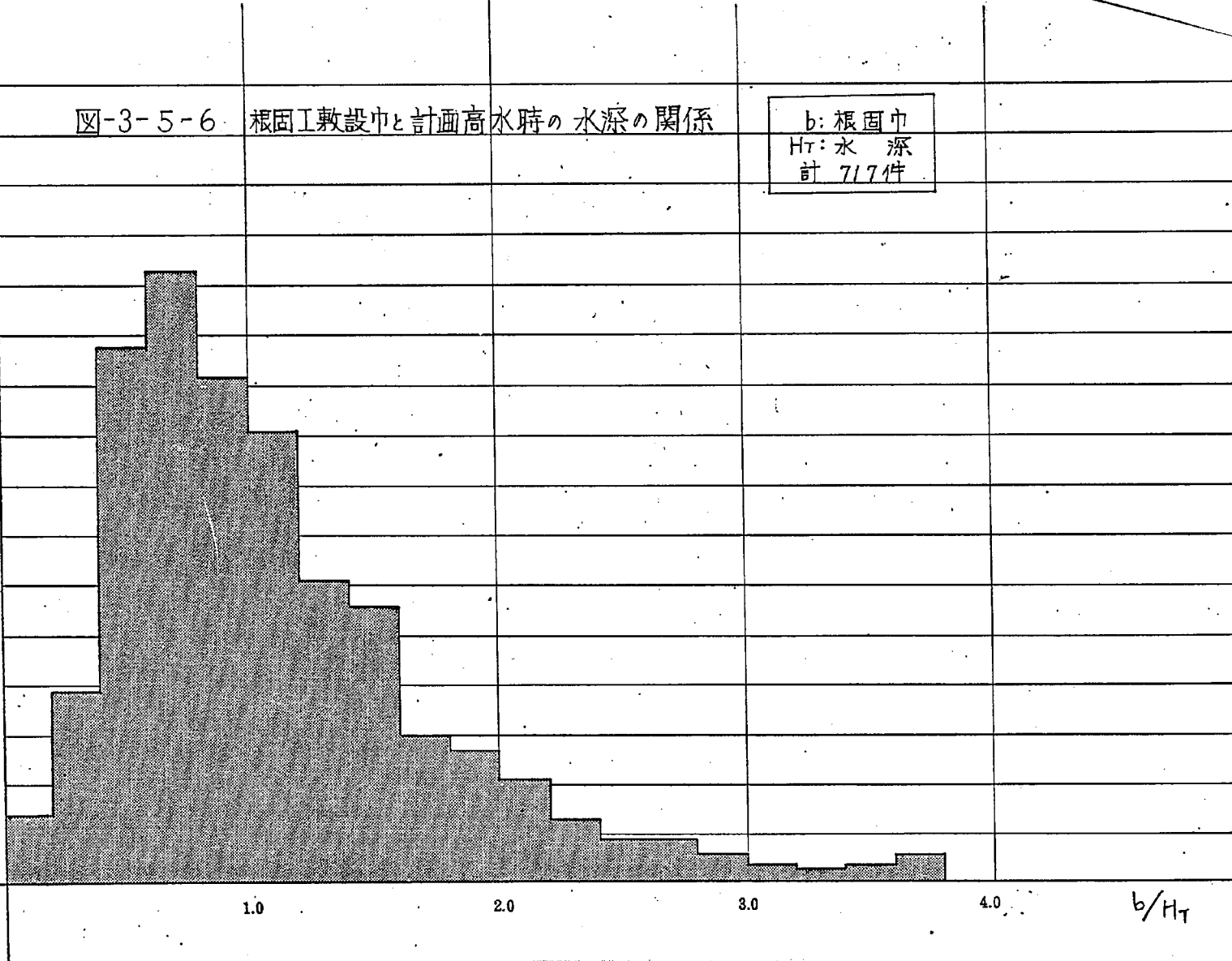
1.0

2.0

3.0

4.0

b/H_T



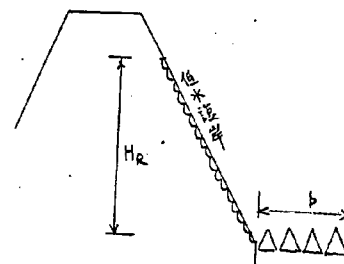
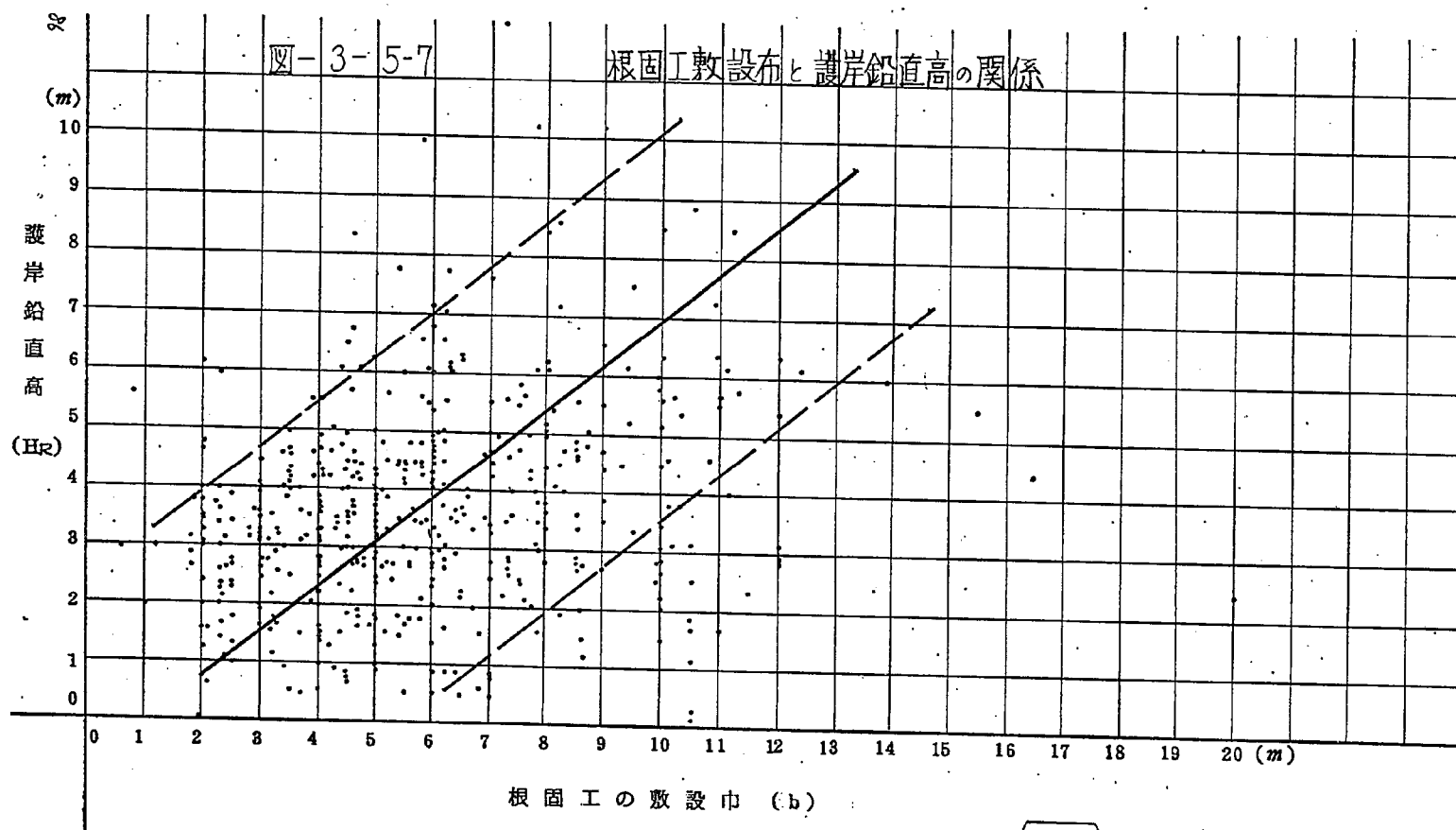
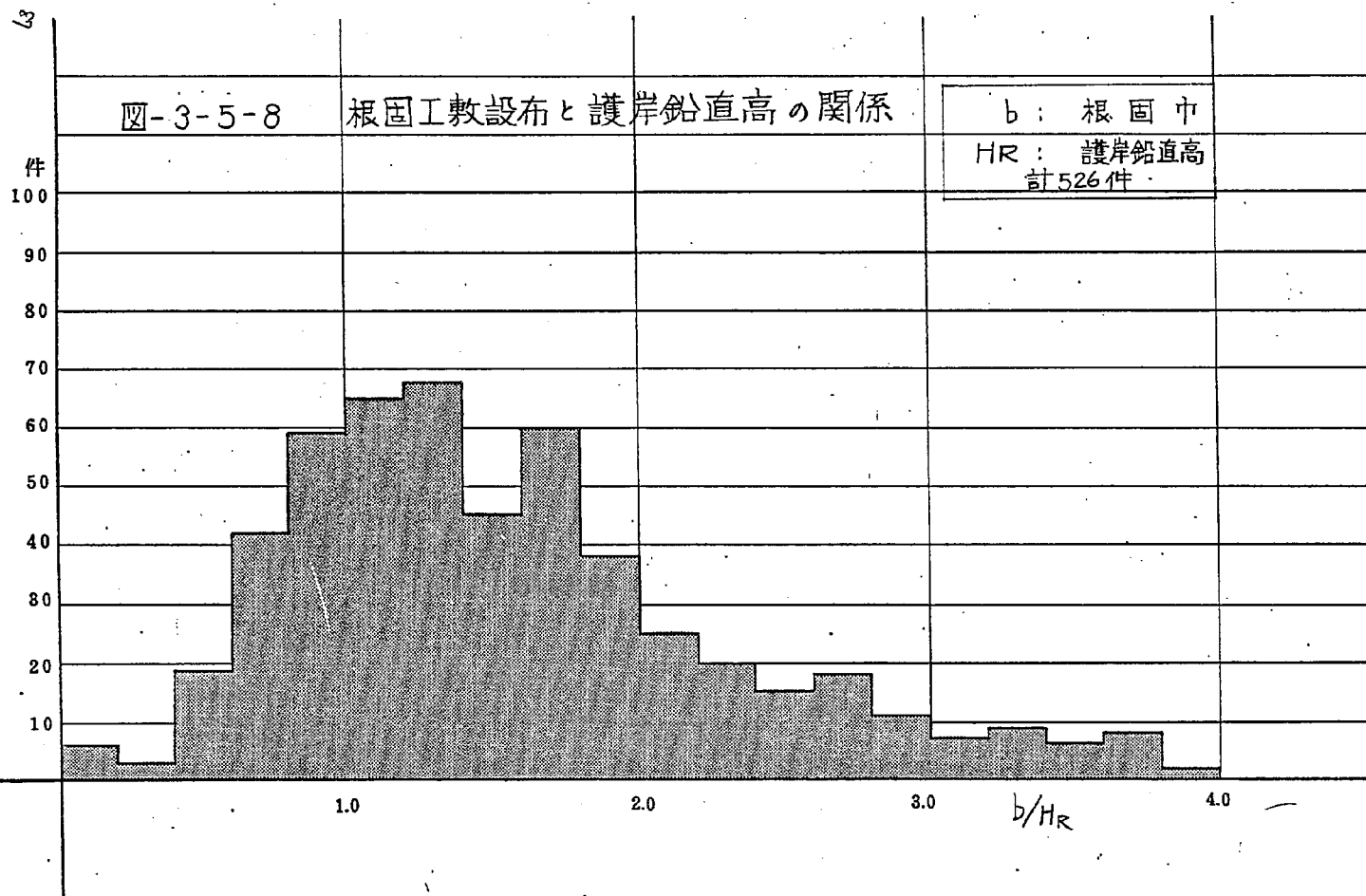


図-3-5-8

根固工敷設布と護岸鉛直高の関係

b : 根固巾

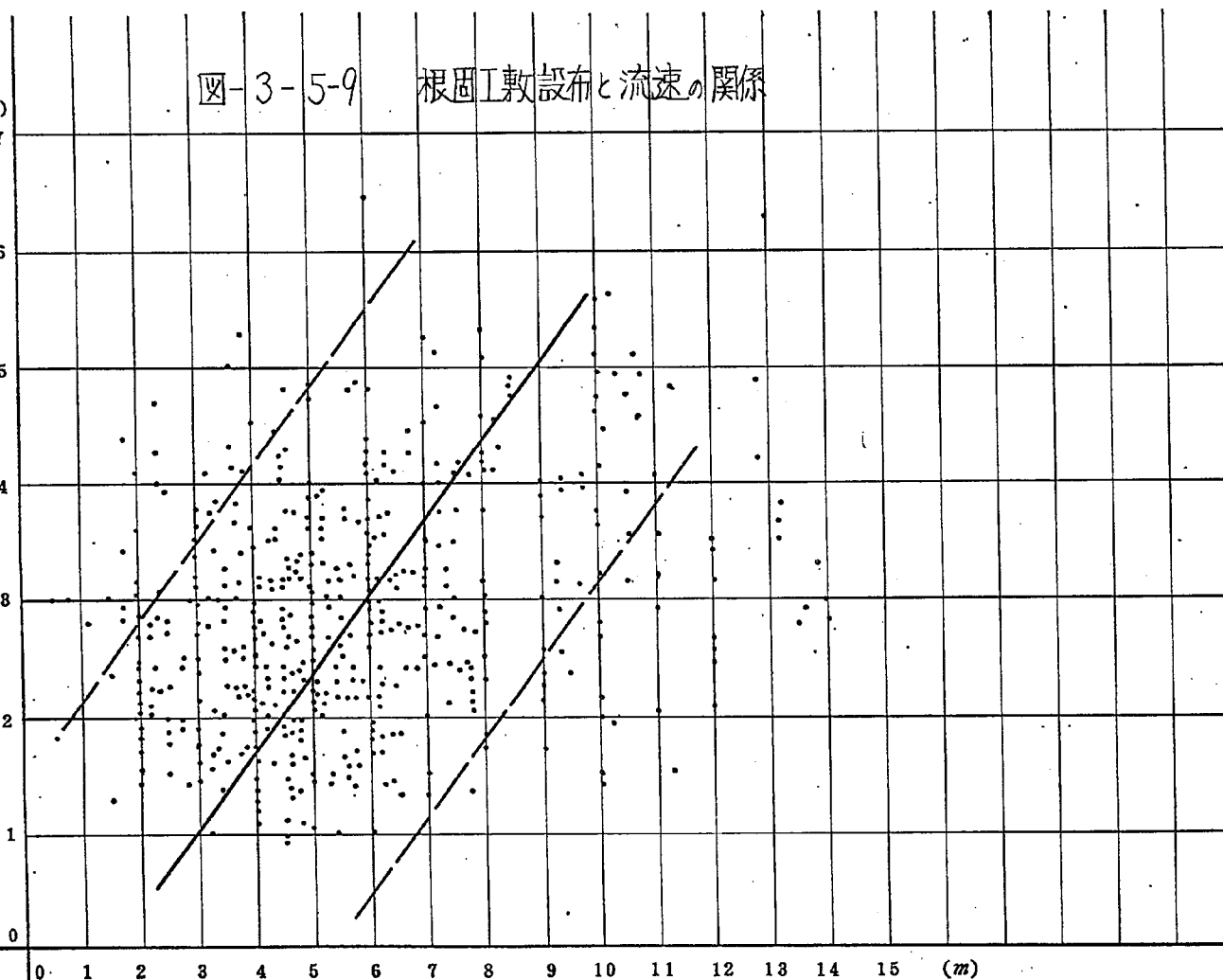
HR : 護岸鉛直高
計526件



(m/sec)

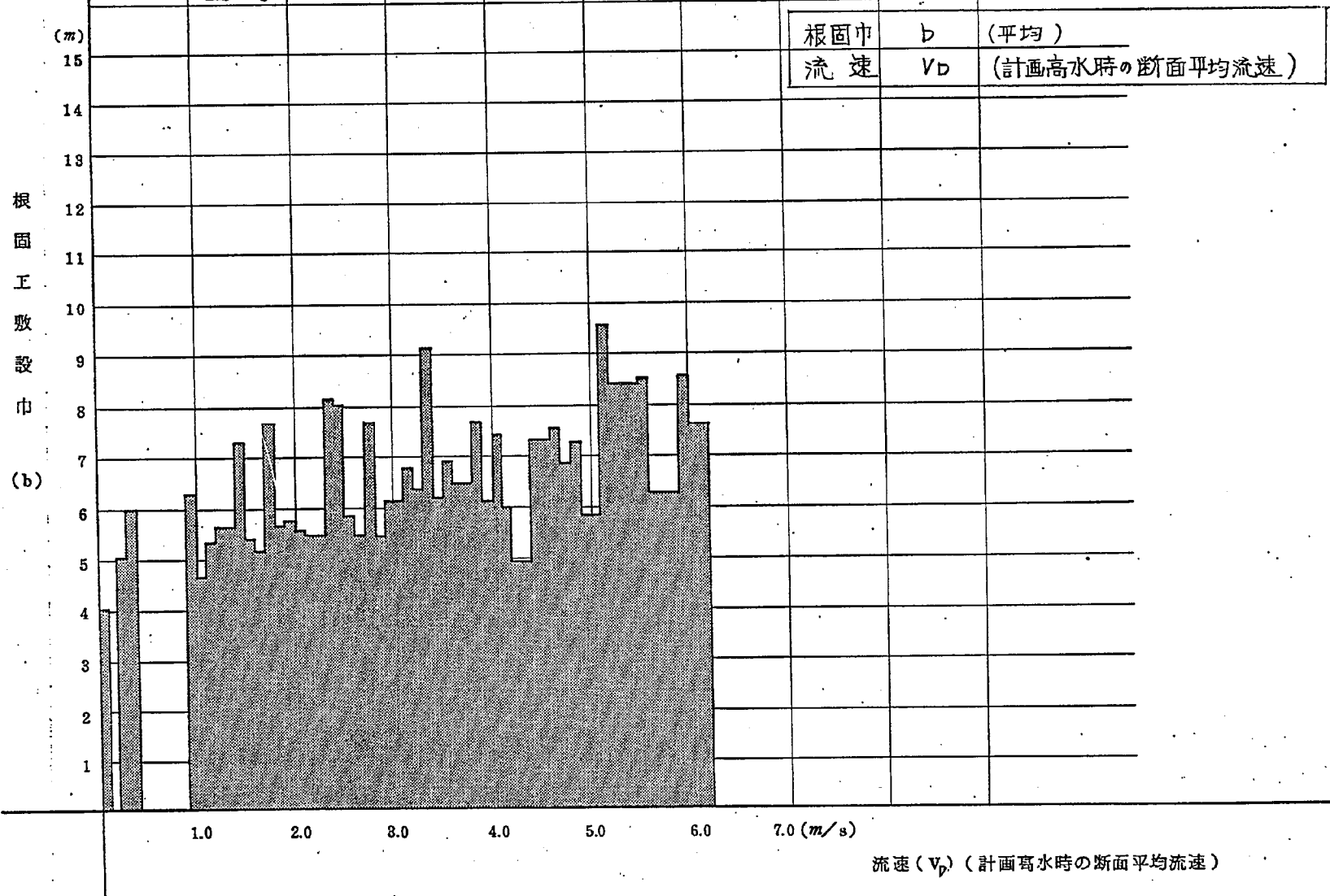
計画高水時の断面平均流速

(VD)



根固工敷設巾 (b)

図-3-5-10 根固工の敷設巾と流速の関係



四-3-5-11

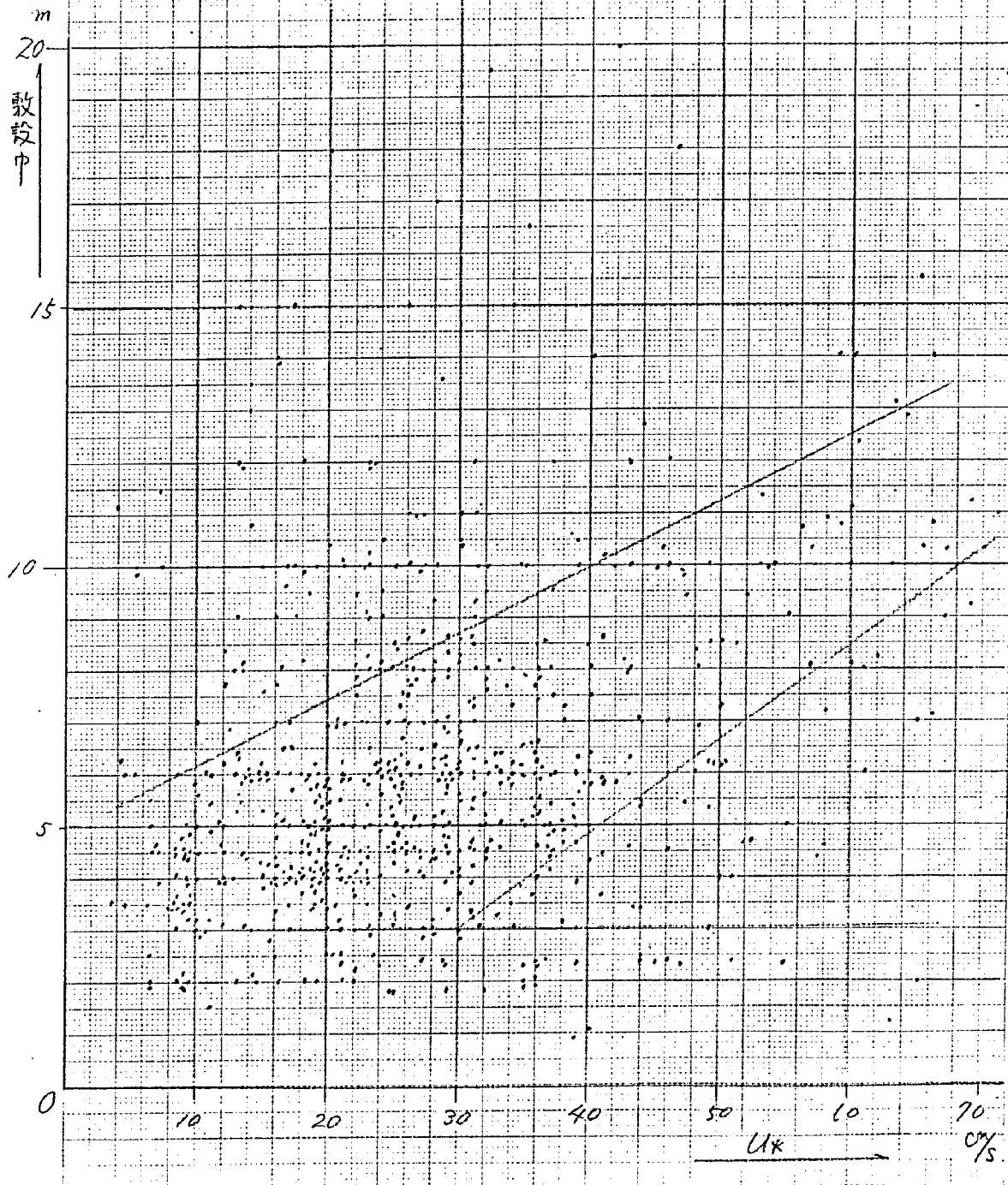


図 - 3 - 5 - 12

1層積みのみ

設計中

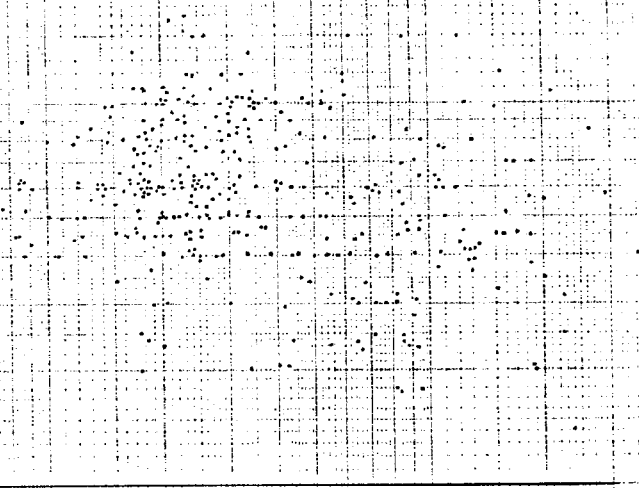
10

0.1

1

u_+/u_{+c}

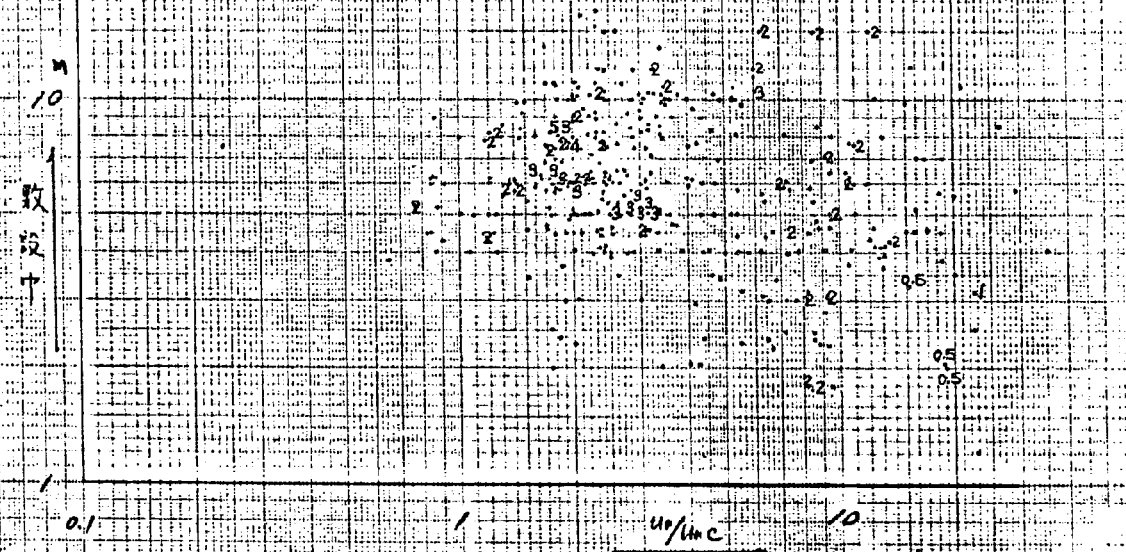
10



92

図-3-5-13

原積みのみ
数字は重量

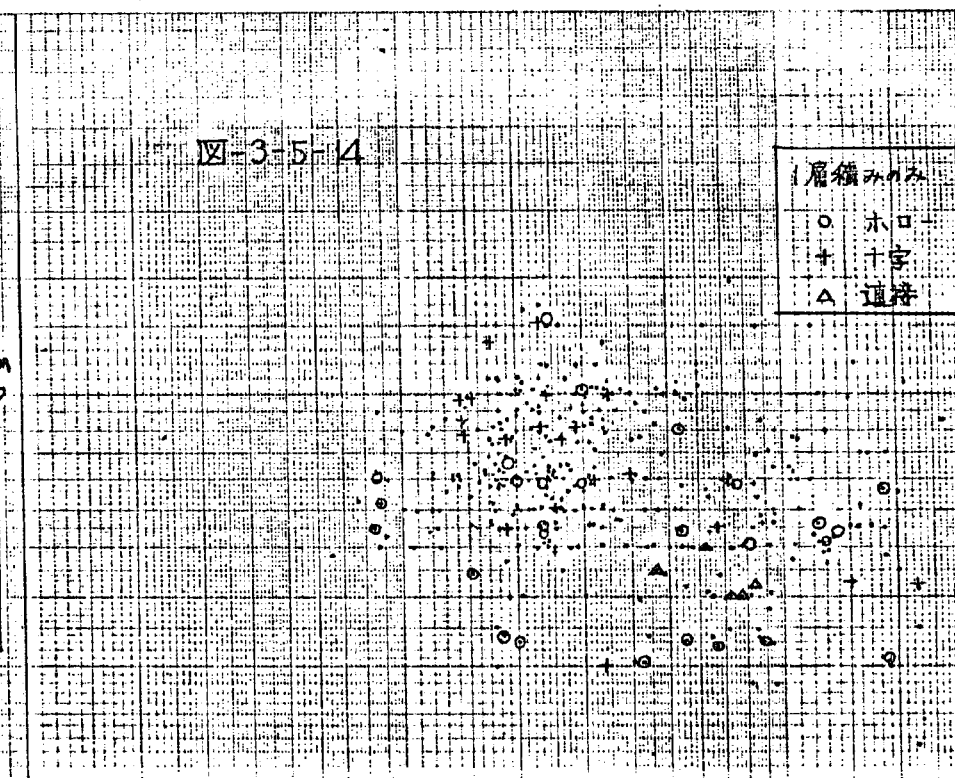


46

图-3-5-4

致
投
中

图例	
○	未口
+	十字
△	连接



0.1 1 10 u_0/u_c

図-3-5-15

一層積みのみ

数
分
中

0.1

1

 U_*/w_*

10

10

10

図-3-5-16

$1/10 \sim b$

6000

5000

4000

3000

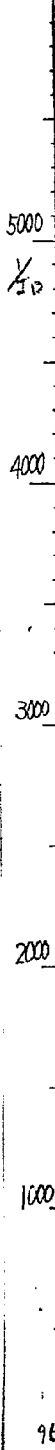
2000

1000

96

10

15^m 敷設中



200

粒徑

mm

150

100

50

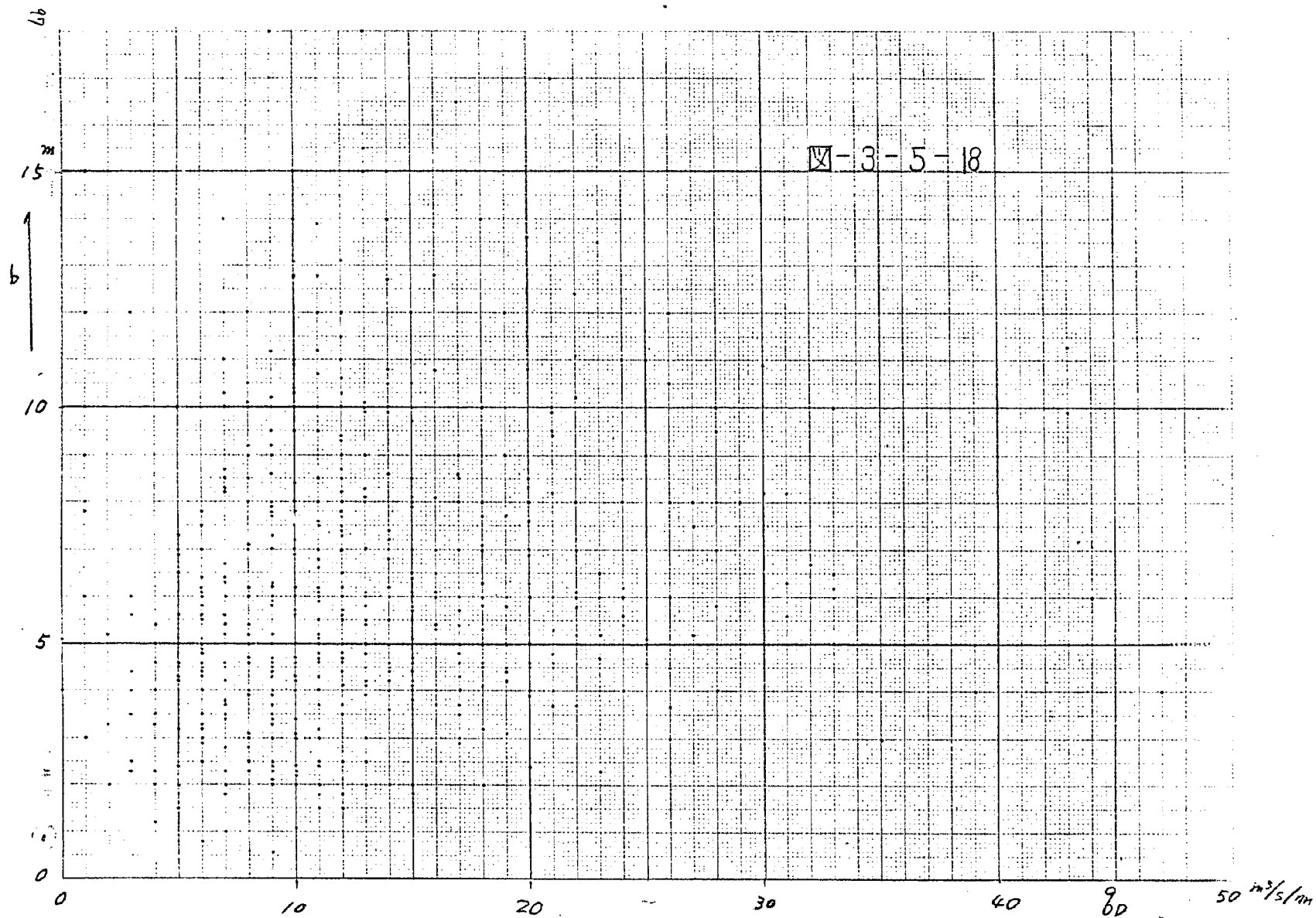
76

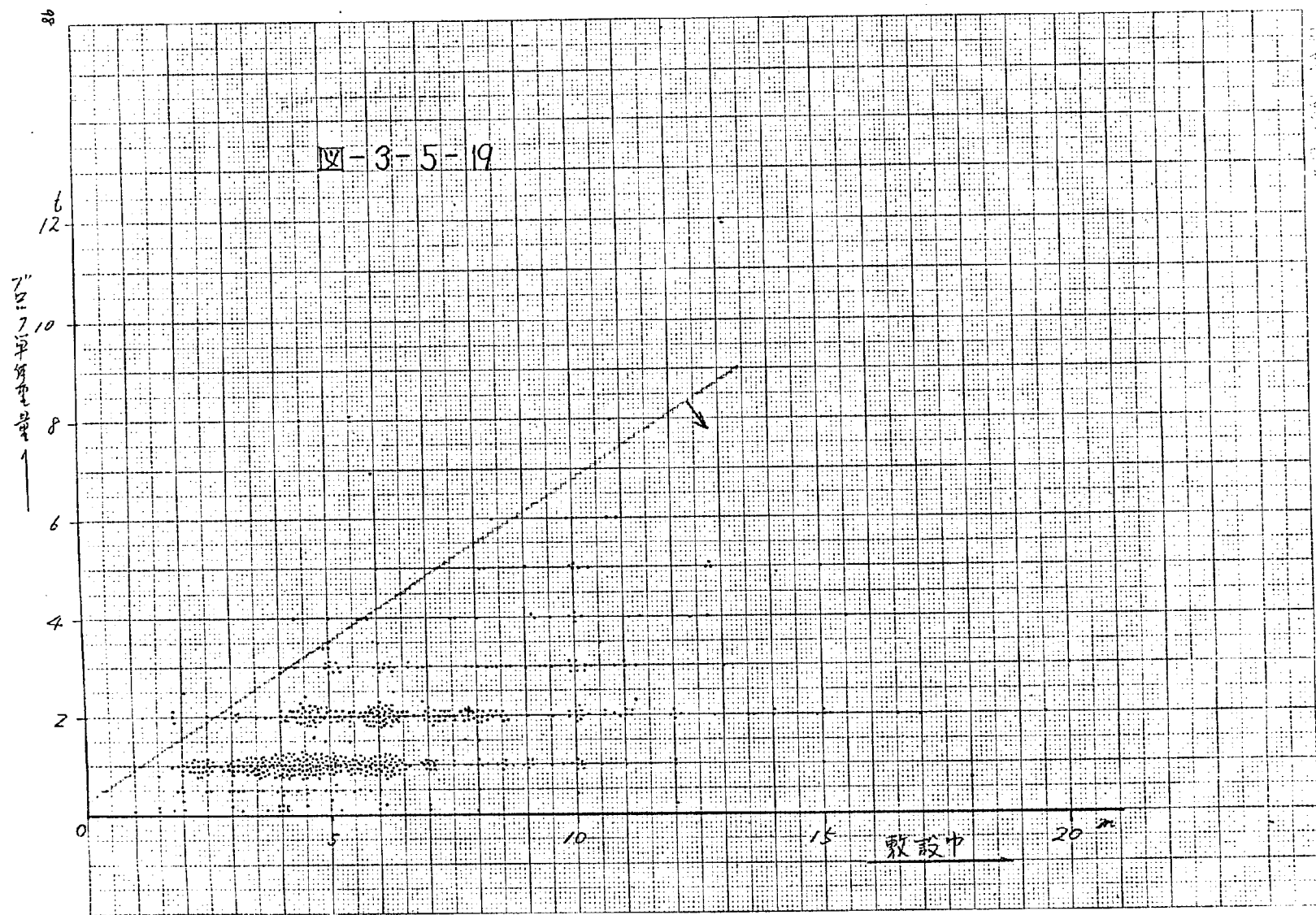
5

10

15^{mm} 粒設中







66

X-3-5-20

t
12↑
プロット平均電圧

10

8

6

4

2

0

5

10

15

敷設中

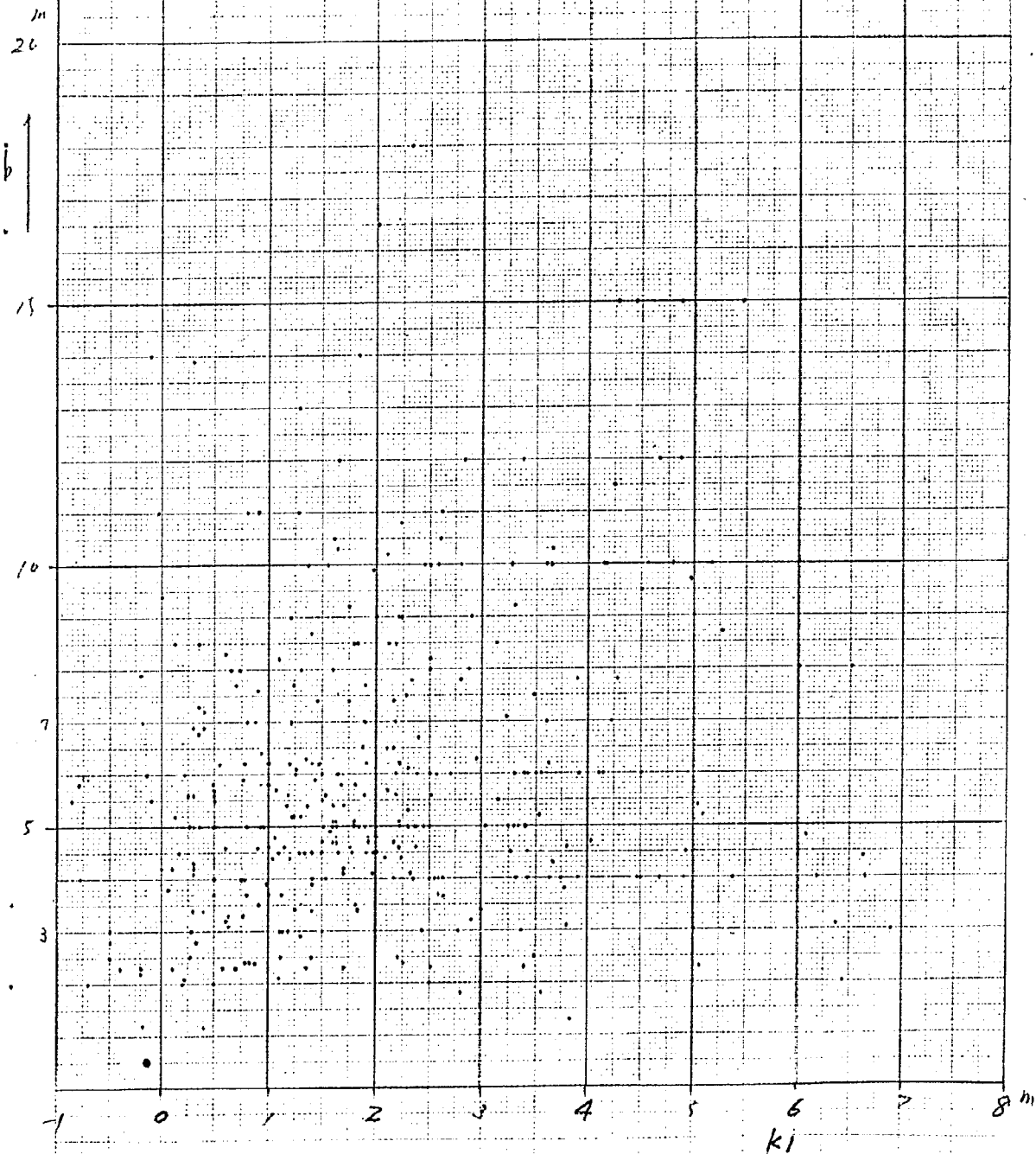
20

+印 十字プロット

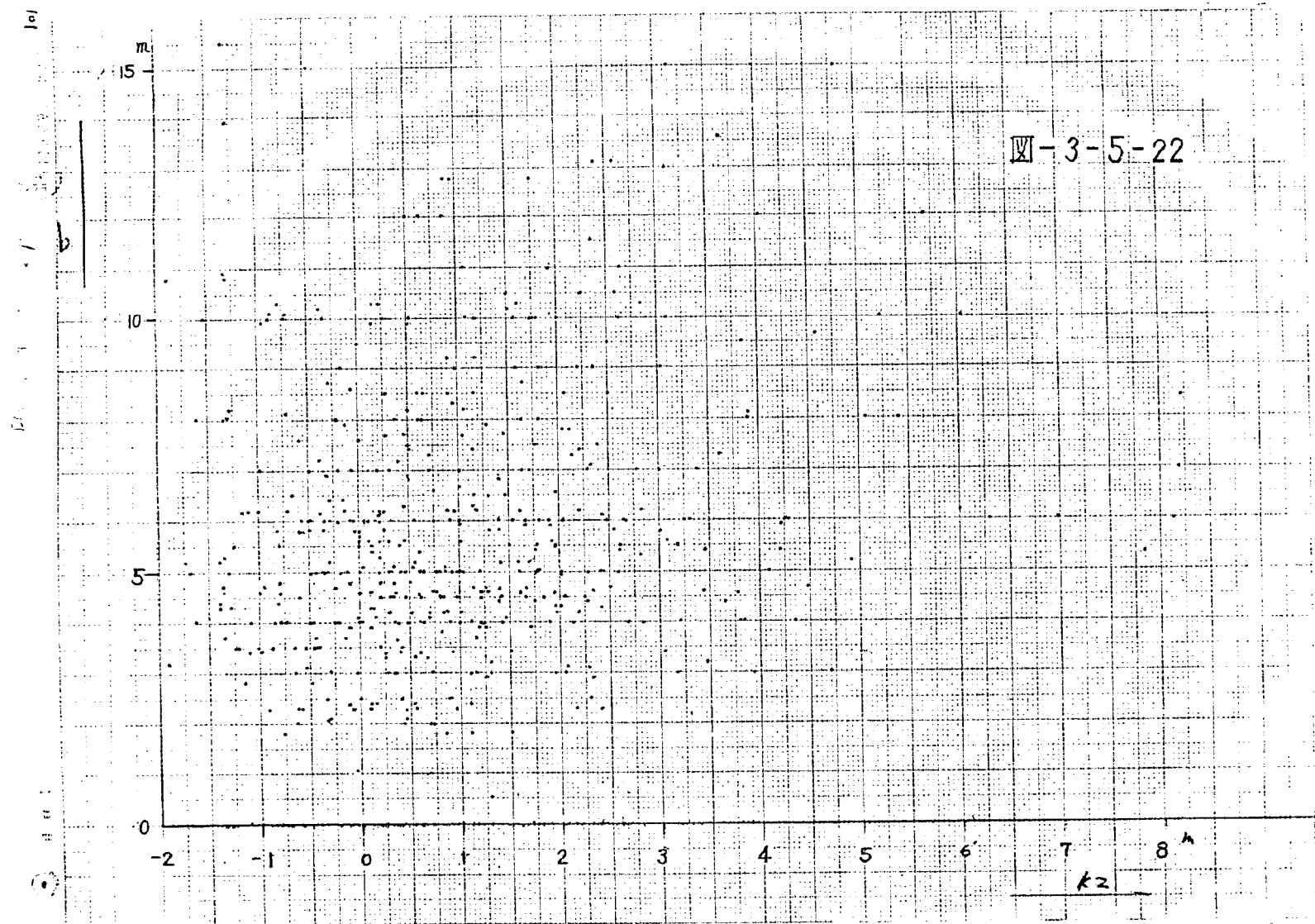
112 44 160 1061 44 210

J M E

图-3-5-21



$K1$ = 平均低水位 - 最深部河床高



K2 = 計画低水路河床高 - 設置前の最深部河床高

101

敷設市

b

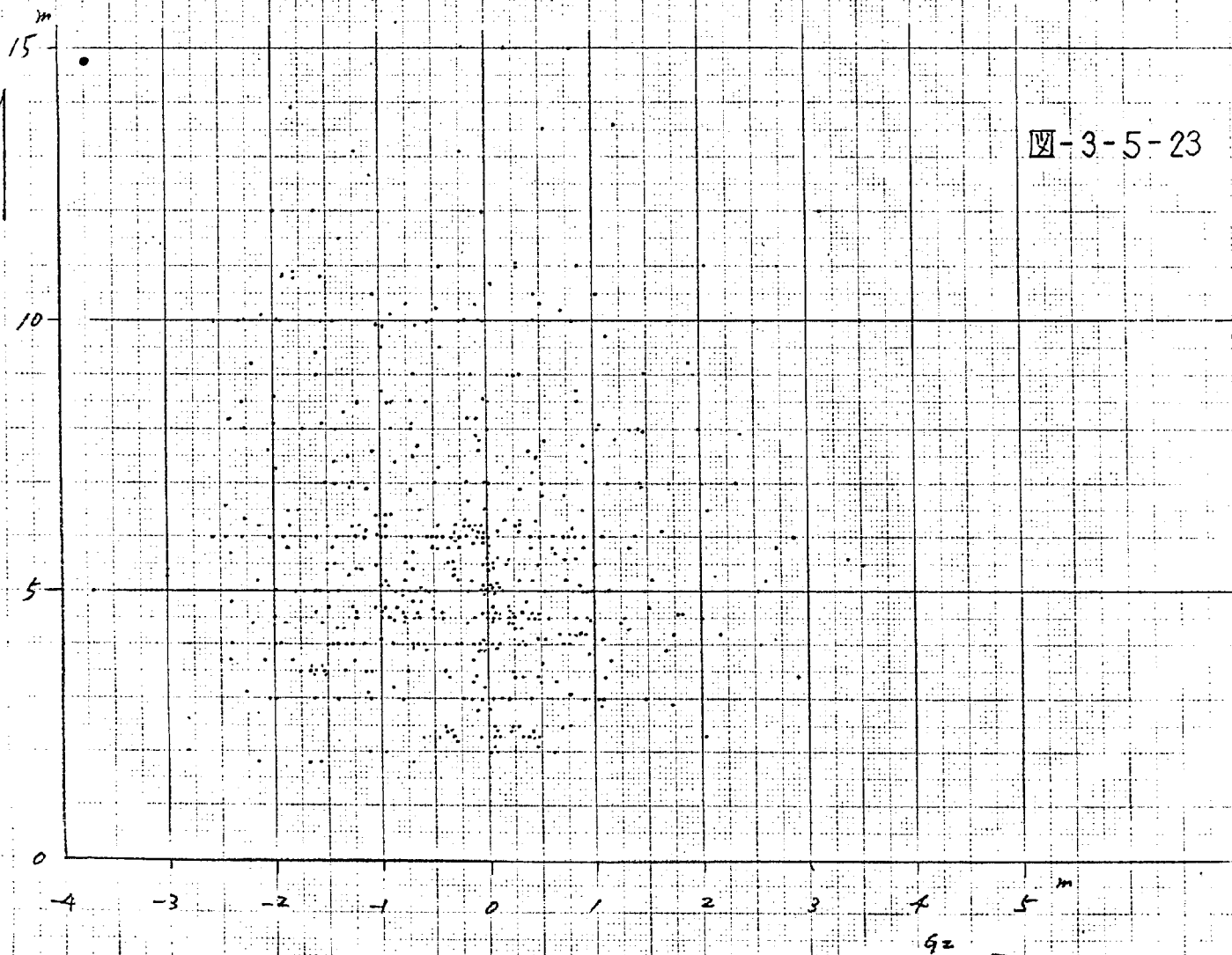
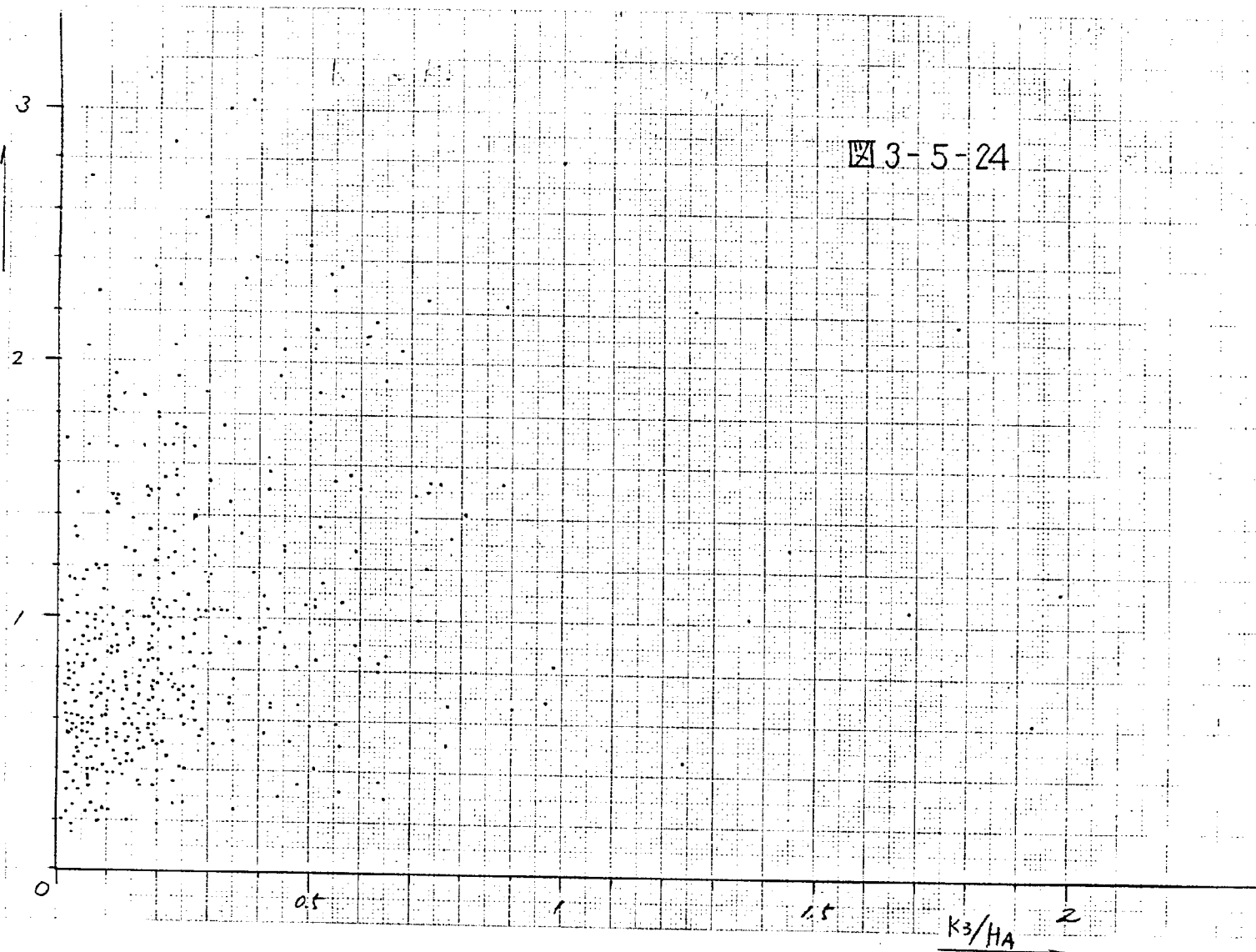


圖-3-5-23

$G2 = \text{計畫低水路河床高} - \text{平均低水路河床高}$

b/H_A



V-3-5-25

 b/H_A

10

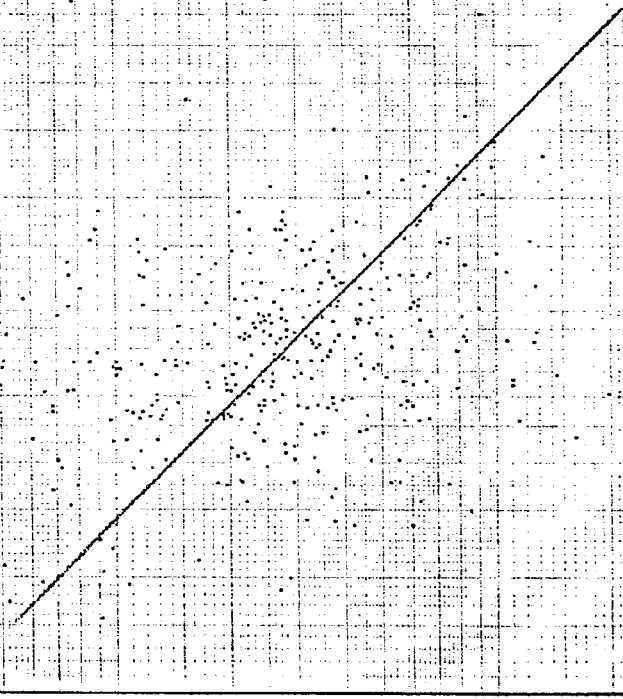
1

0.1

0.01

0.1

1

 R_1 橋脚の $b=2.8$ 尺の断面

X-3-5-26

 $\frac{b}{HA}$

0.1

0.01

0.1

1

R3

10

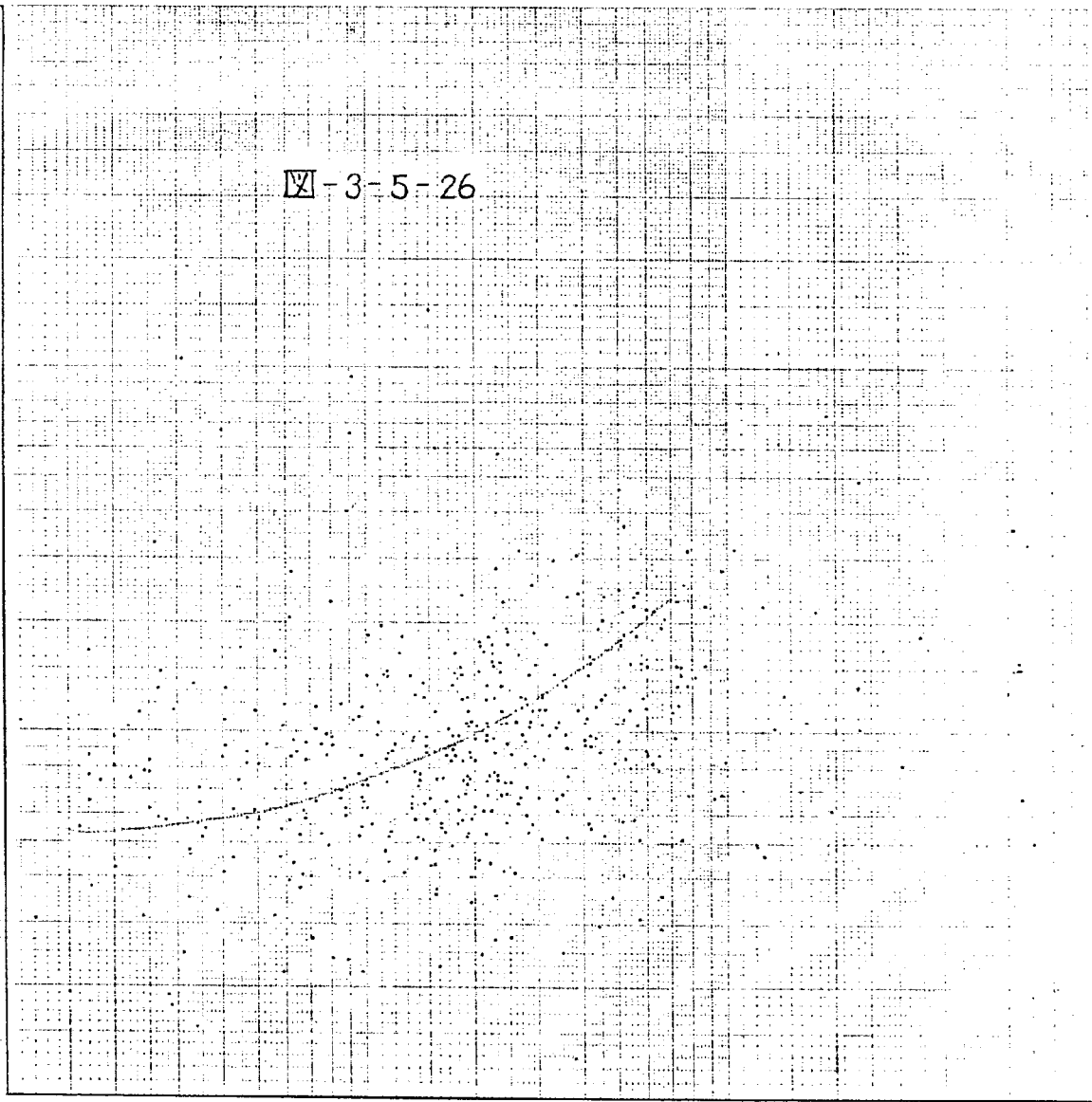
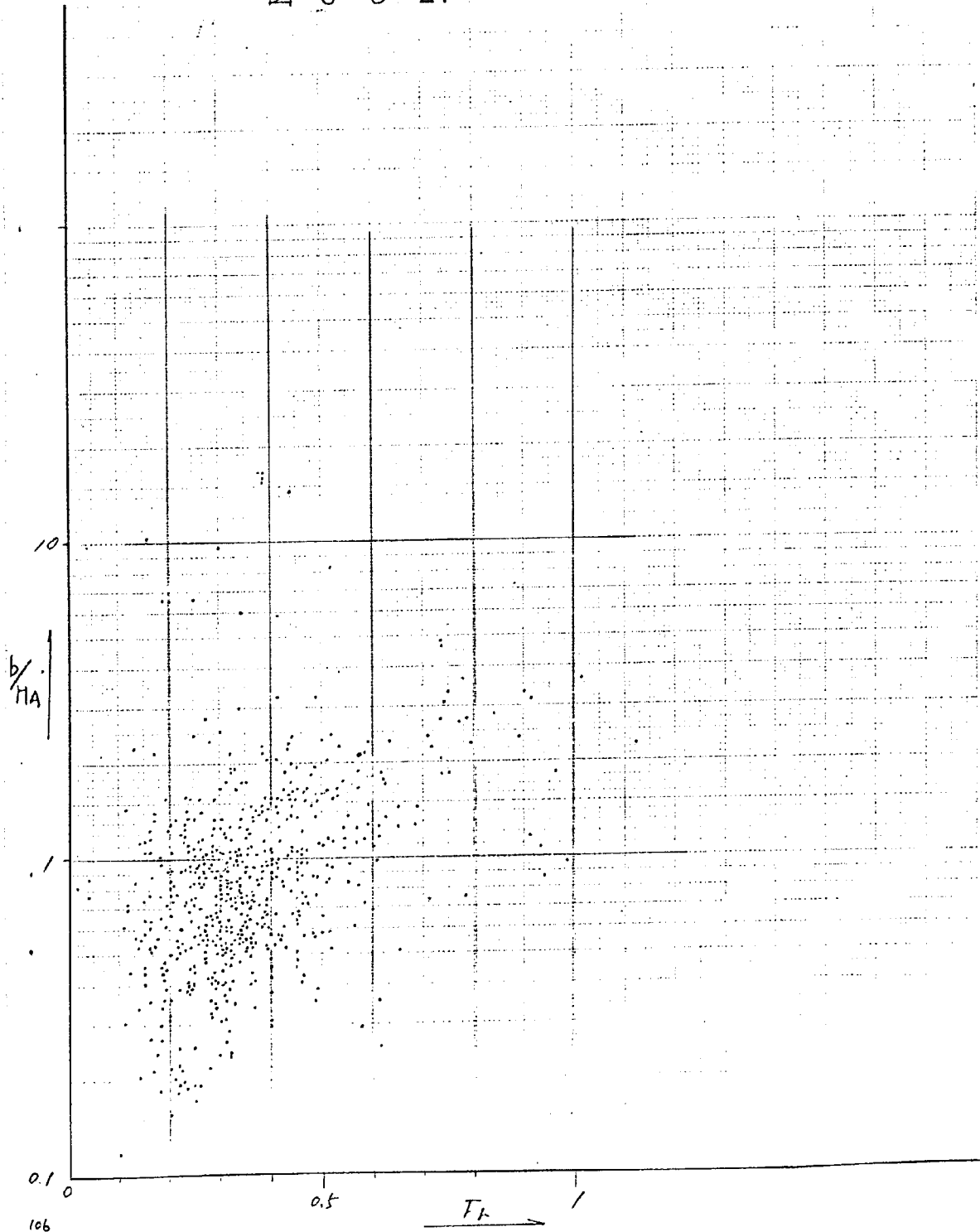
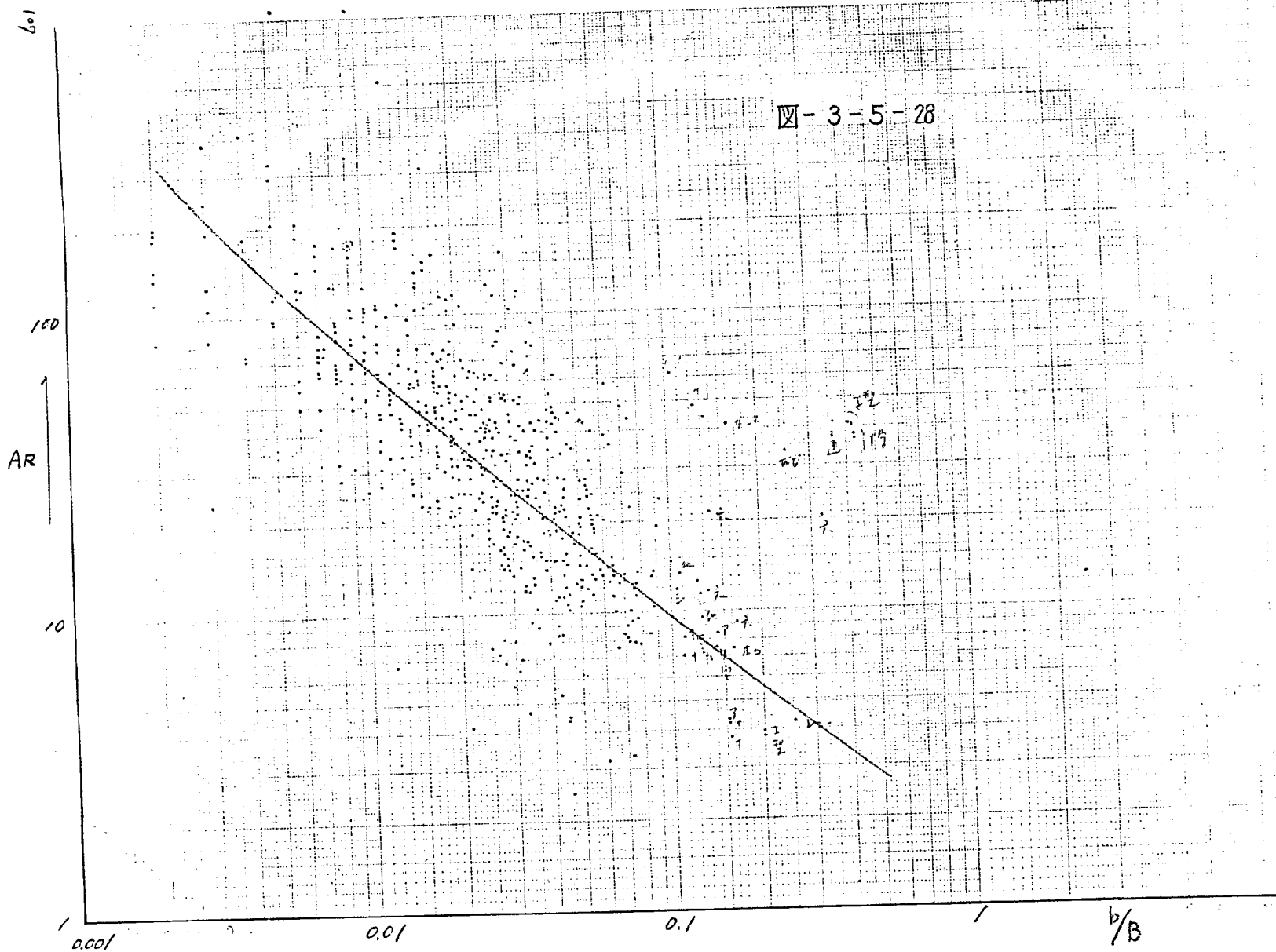


圖-3-5-27





X-3-5-29

 A_R

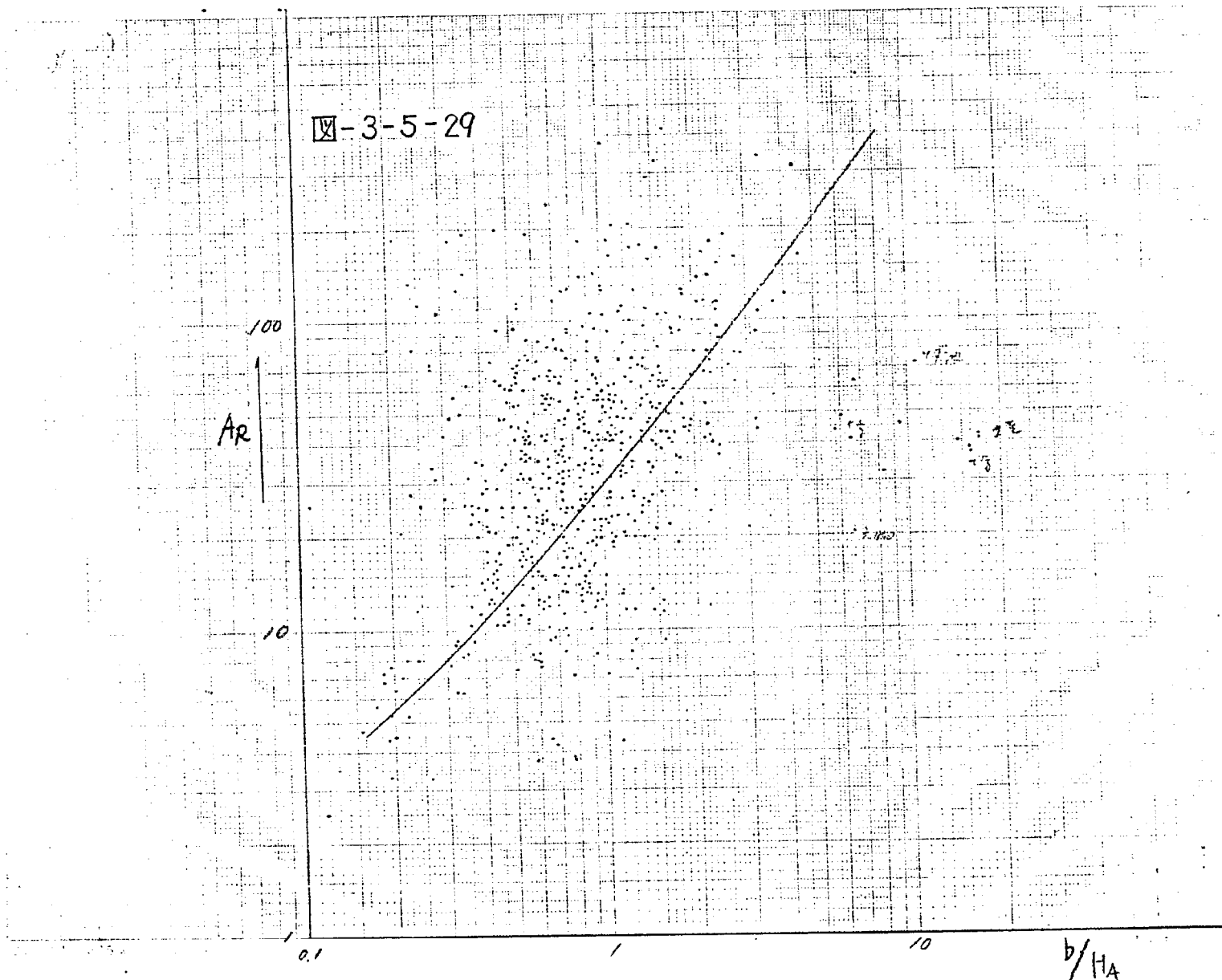
100

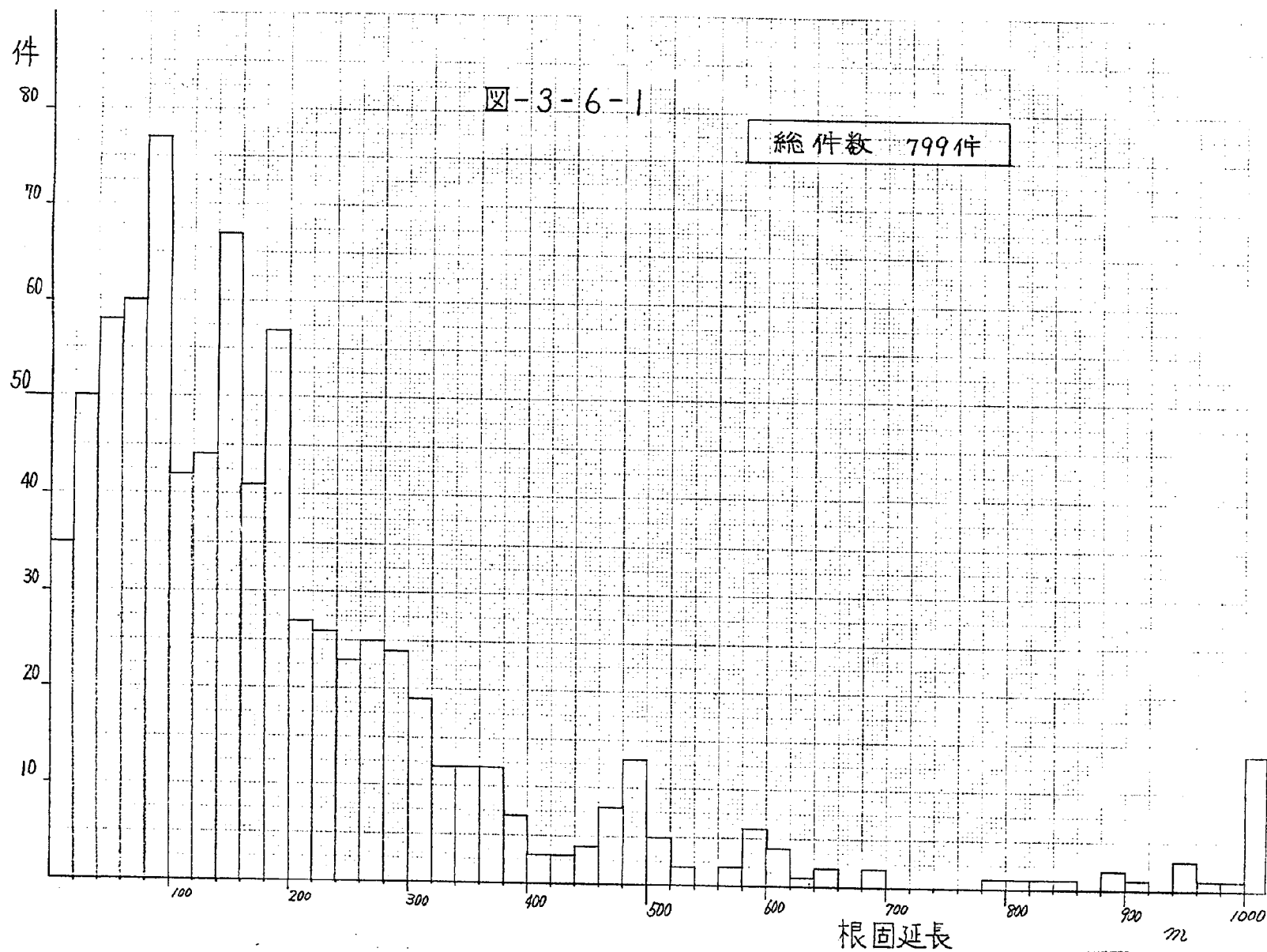
10

0.1

1

10

 b/H_A 



件数
%

12

10

8

6

4

2

0

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

Ⅷ-3-6-2

直線部 (総件数 377件)

弯曲部 (総件数 317件)

敷設延長

1000m

図-3-6-3

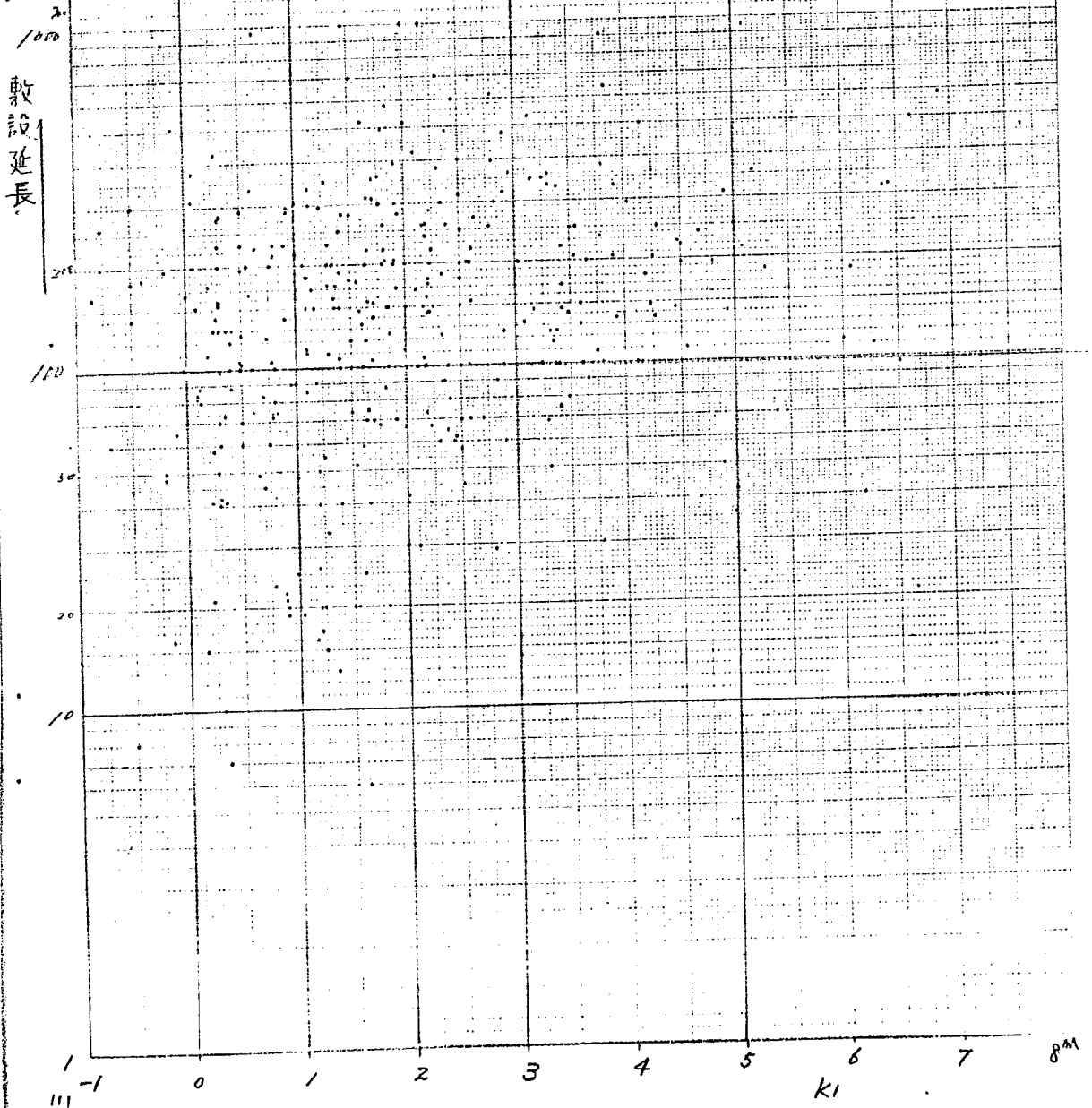


図-3-6-4

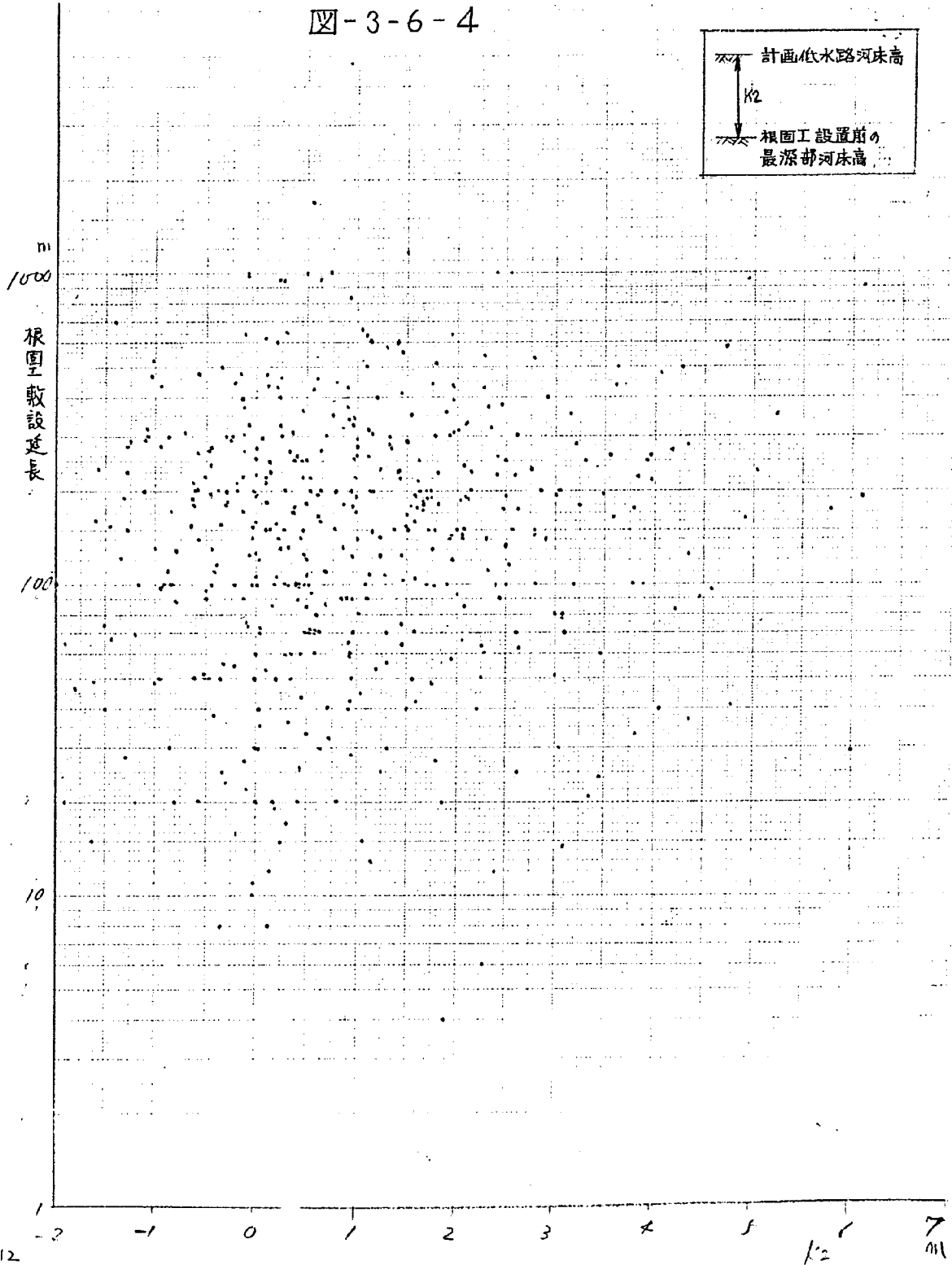


図-3-6-5

敷設延長

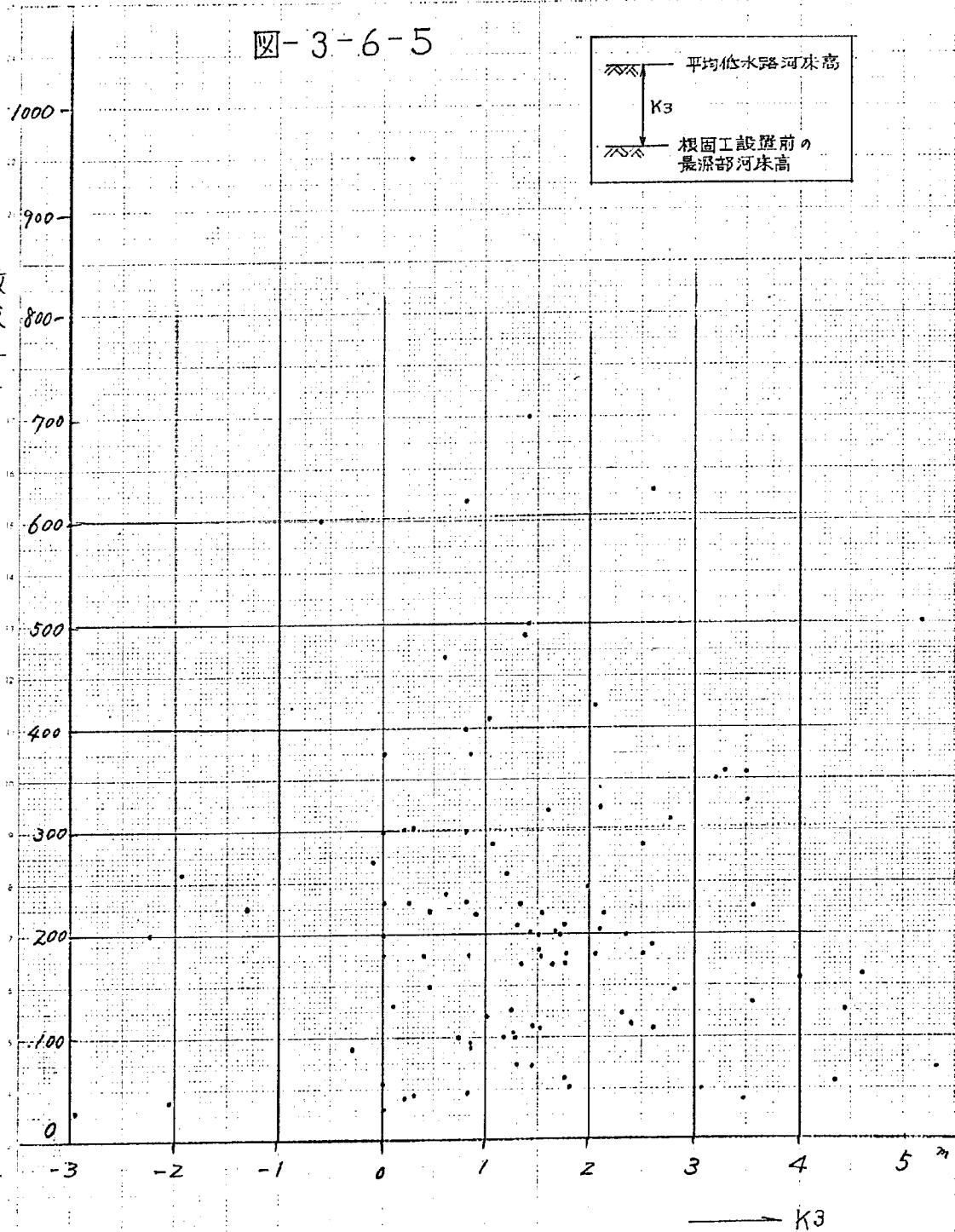


図-3-6-6

根固工敷設延長

1000

100

10

-4

-3

-2

-1

0

1

2

3

4

G2

図-3-6-7

○ 弯曲部設置の根固工

根固工敷設延長
m

1000

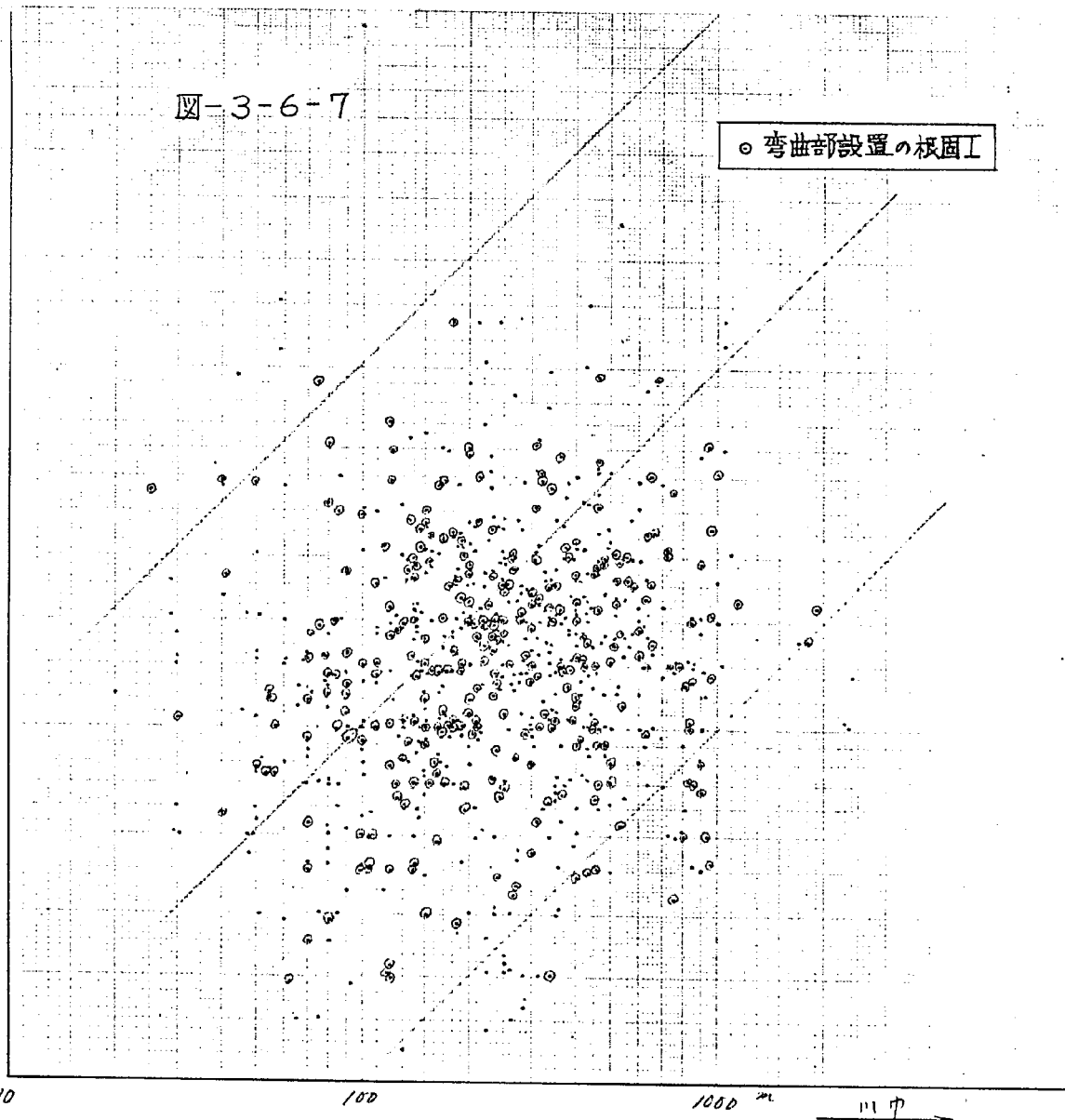
100

10

100

1000 m

川中



Ⅳ-3-6-8

延長

5000
4000
3000
2000
1500
1000
500
100
50
20
10

1 2 5 10 20 30 100

7"

図-3-6-9

AR
アスペクト
レシオ

○ 弯曲部設置の根固工

100

10

1

0.01

0.1

1 根固工段長/川中

10

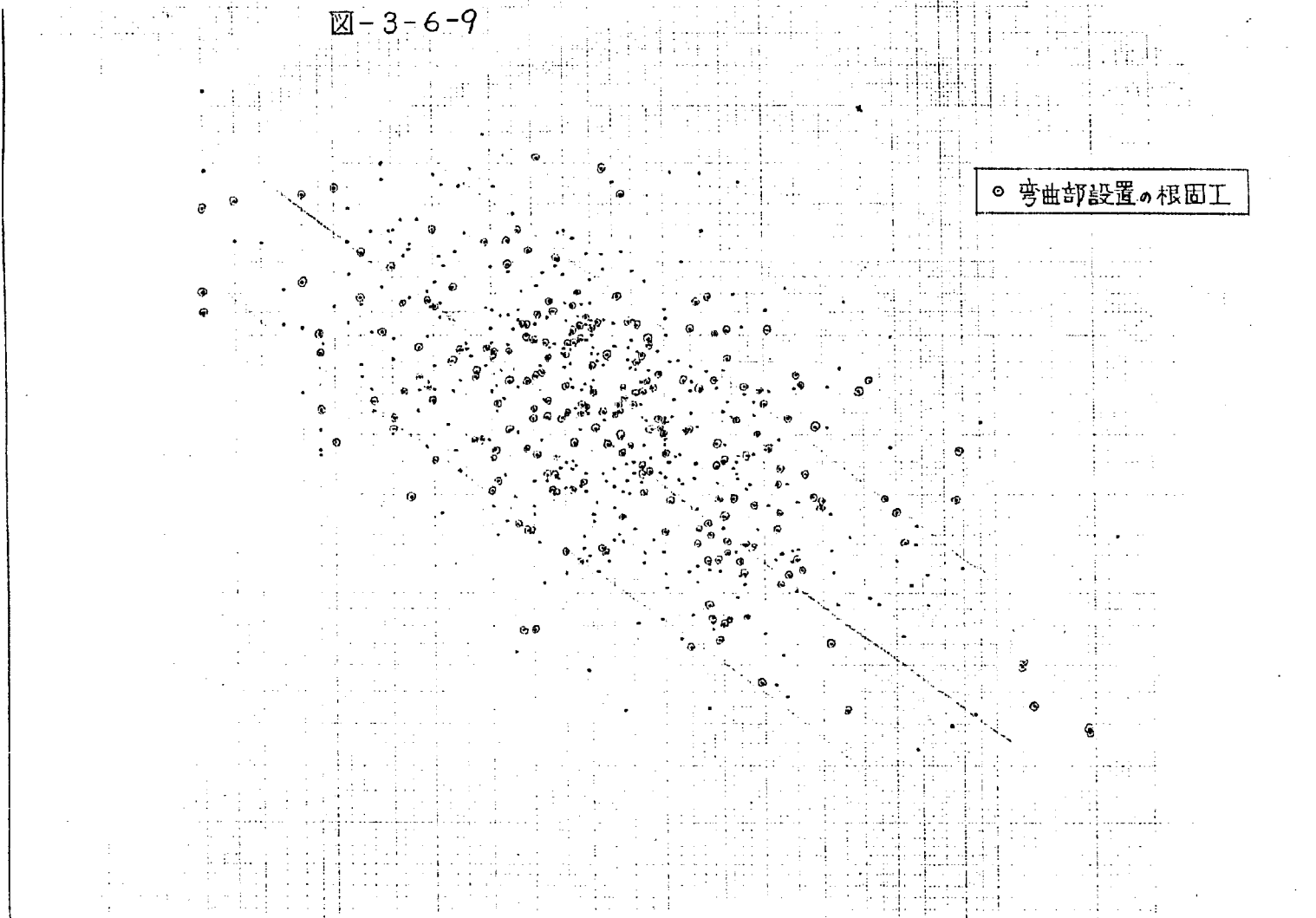
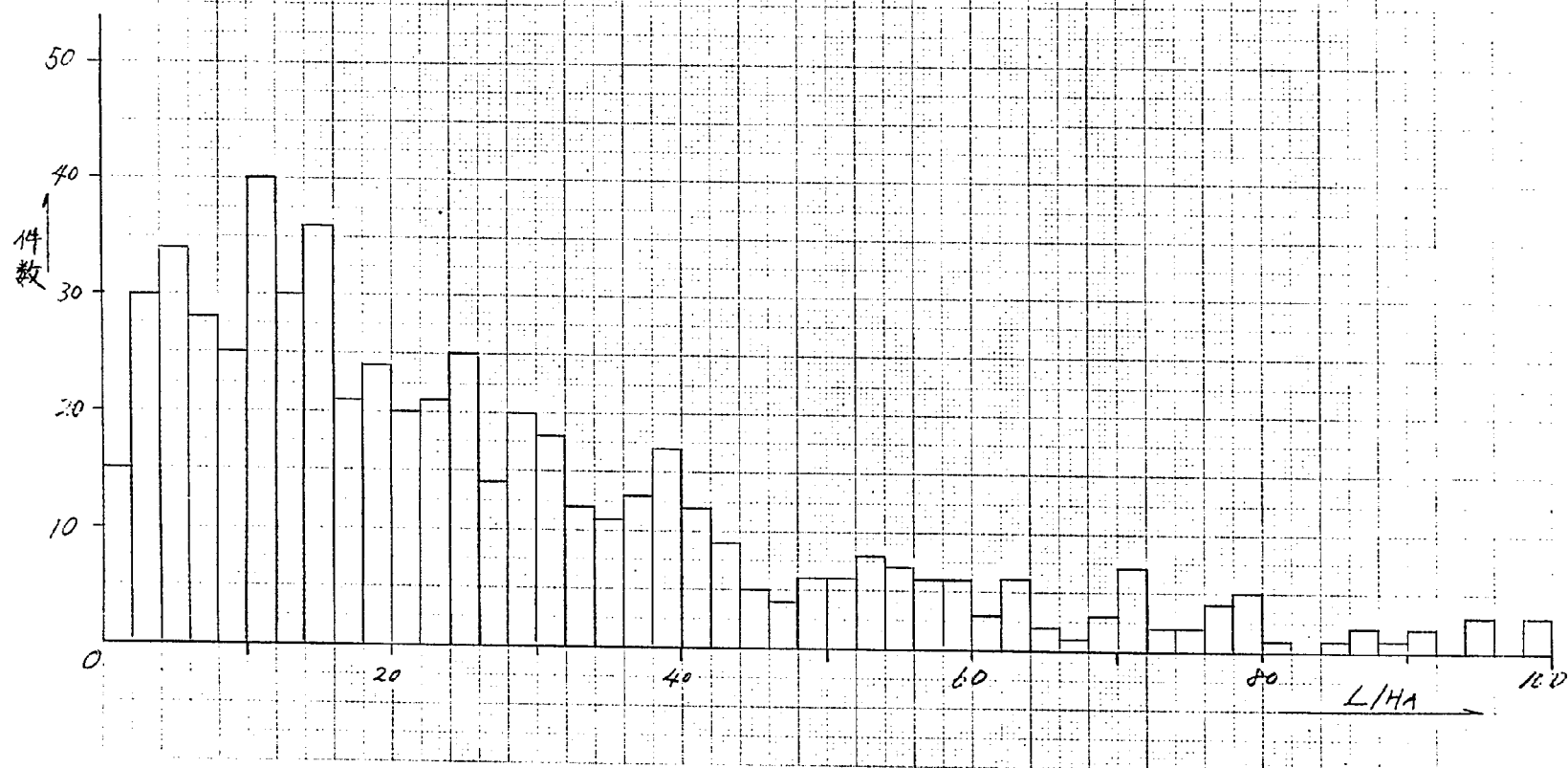


図-3-6-10 延長/水深 ~ 件数



611

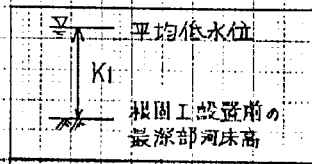


1 11 11

12
10
8
6
4
2
0

120.50

Ⅷ-3-7-1

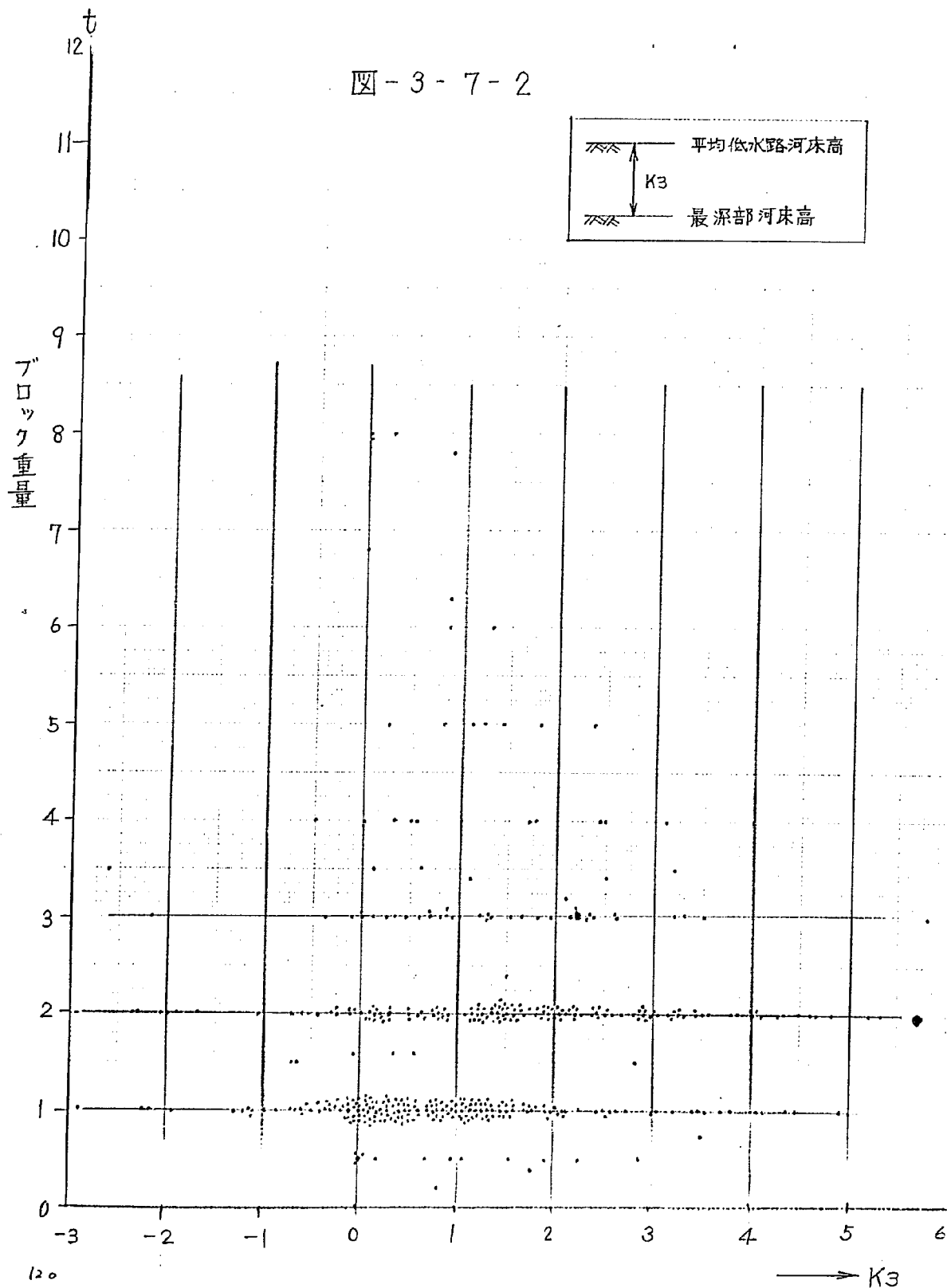


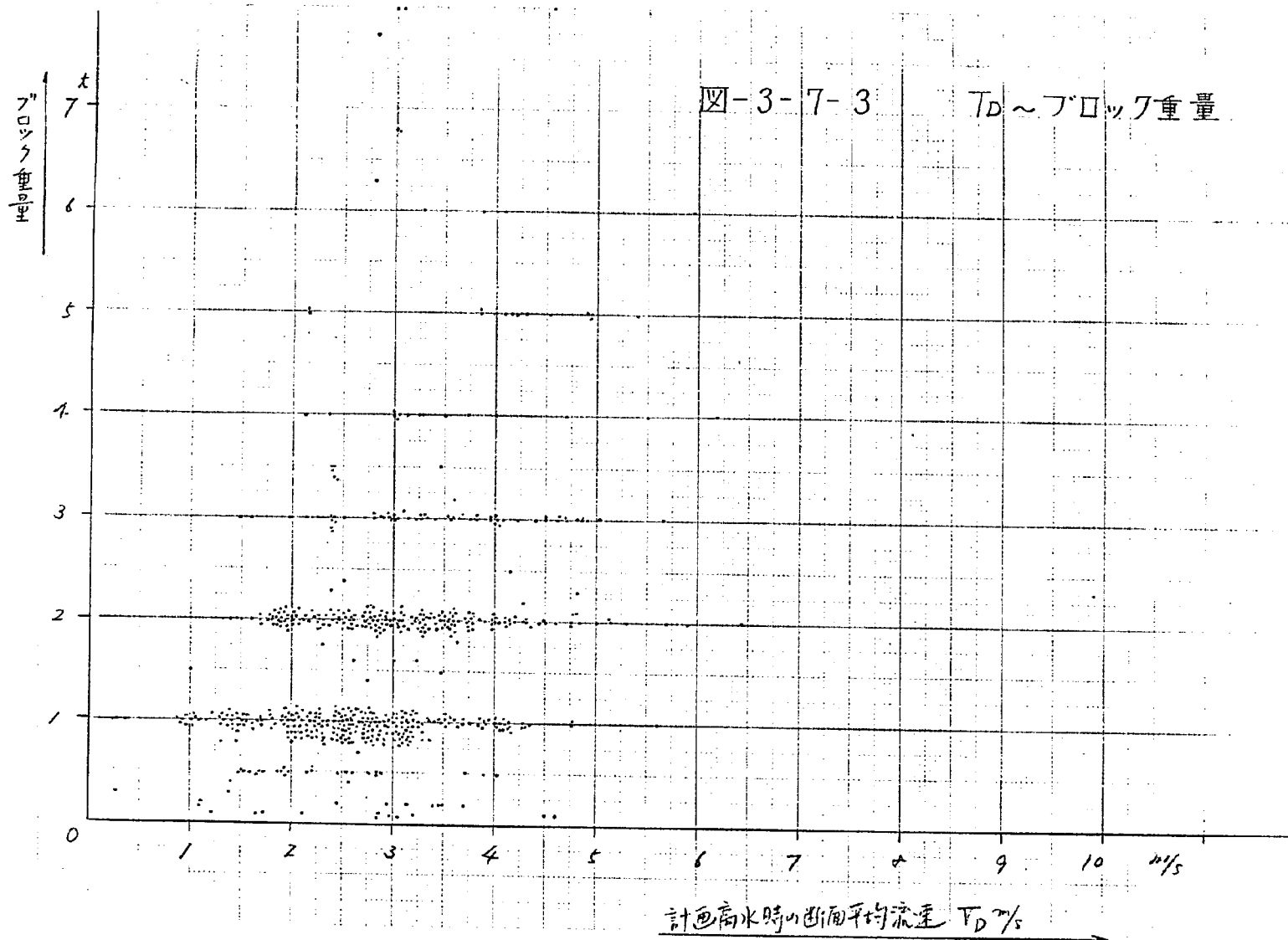
2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

K_1

10m

図-3-7-2





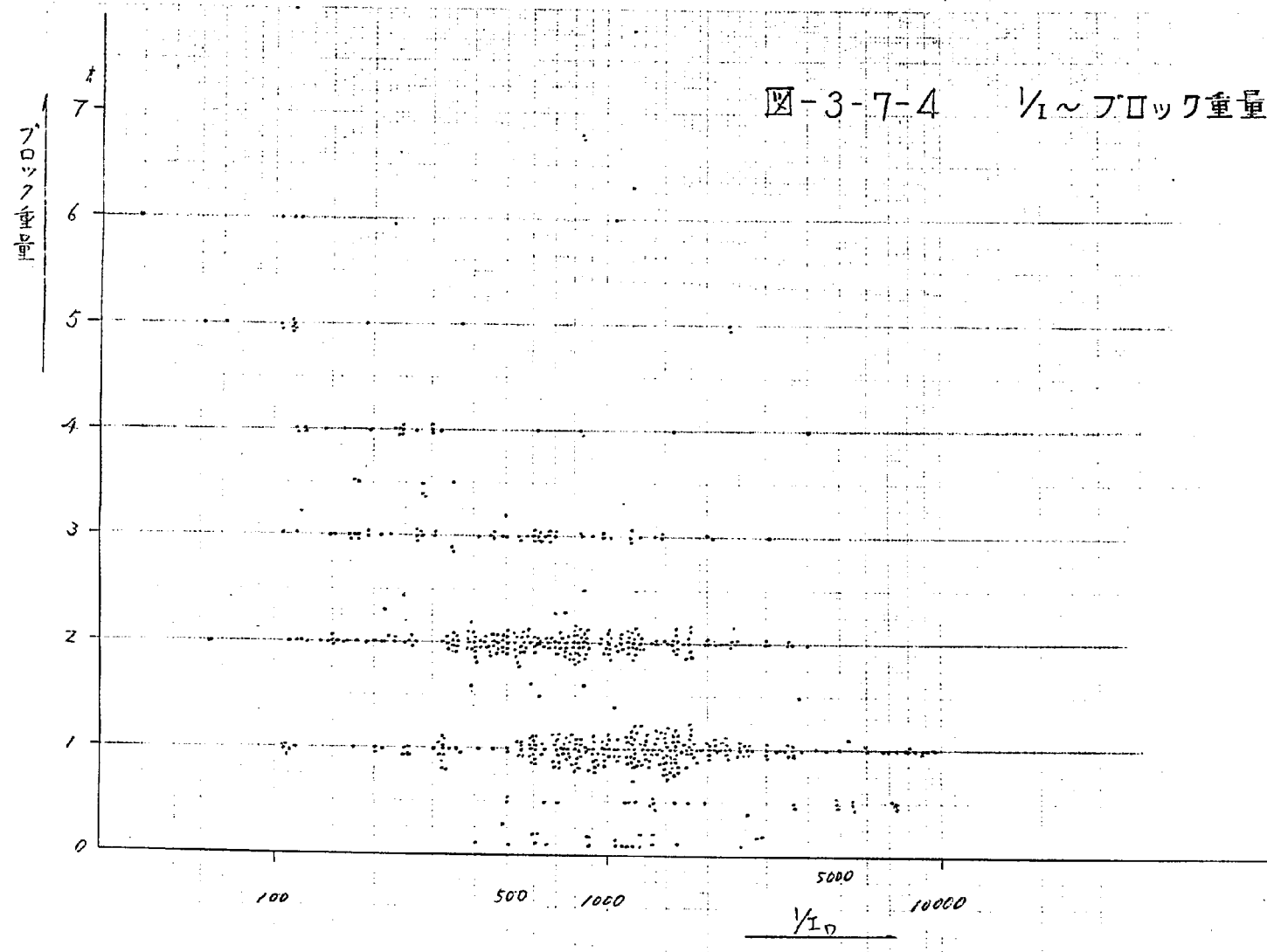
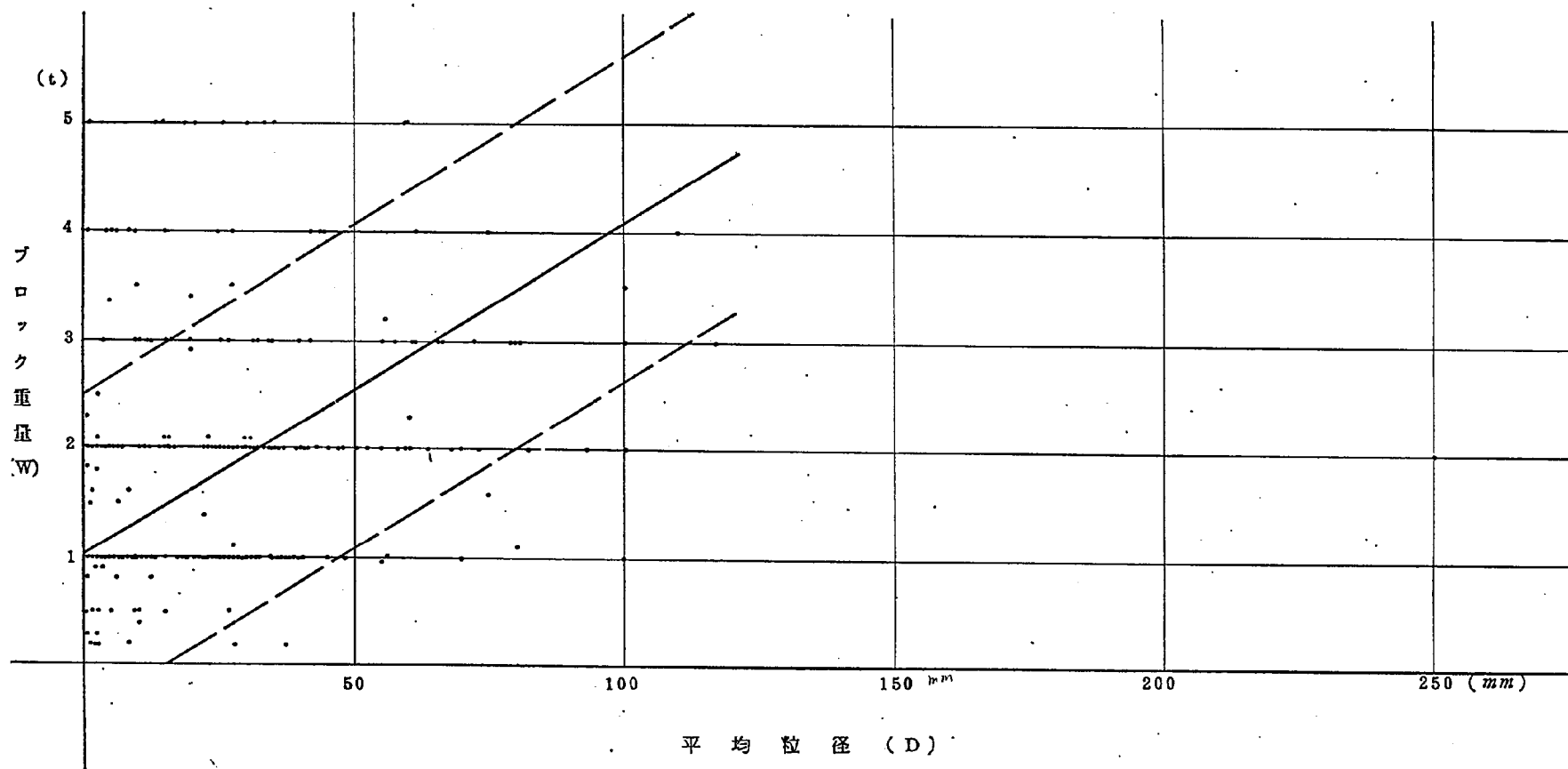


図-3-7-5

W (ブロック重量) - D (平均粒径)



ブロック重量

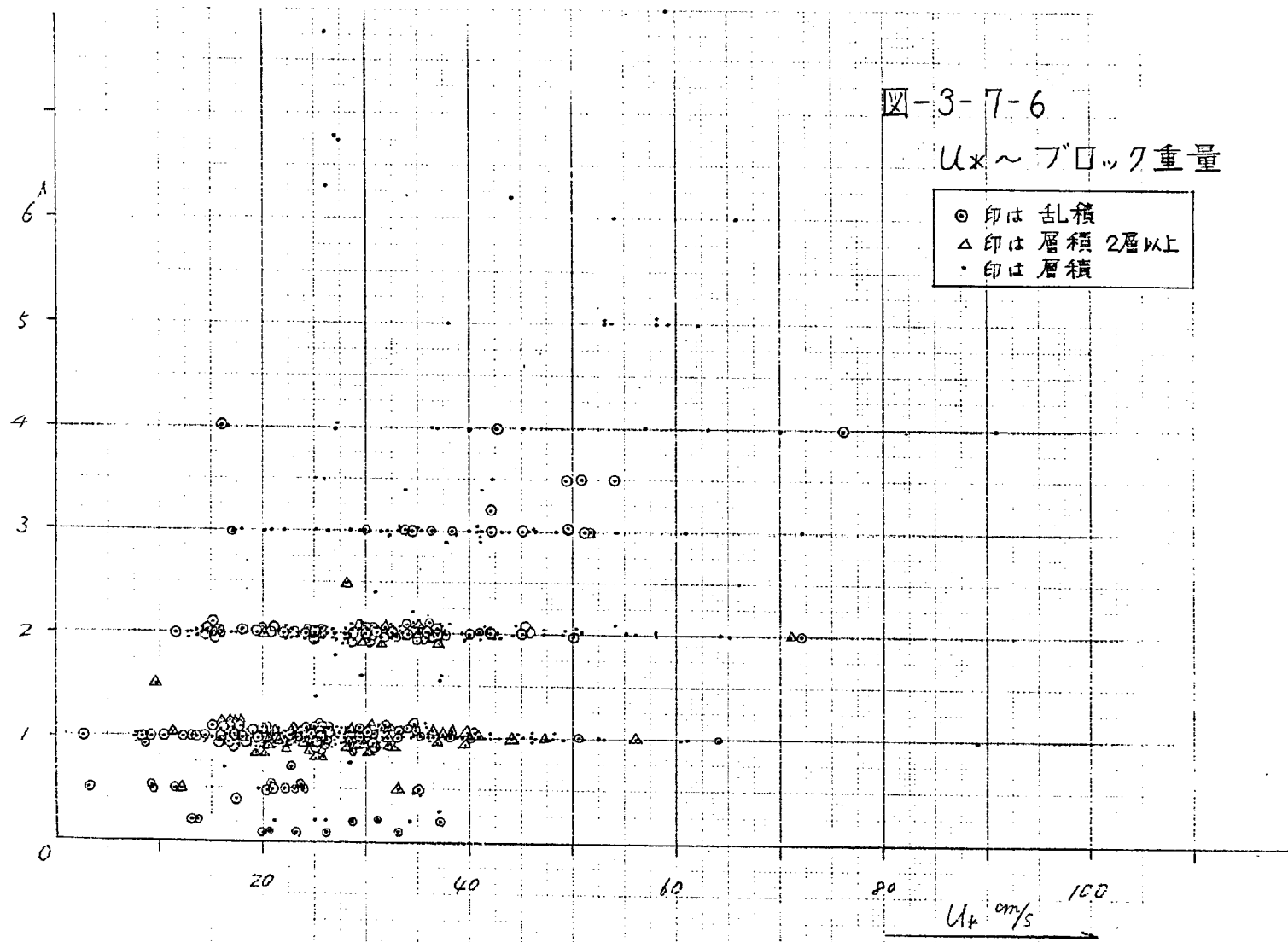
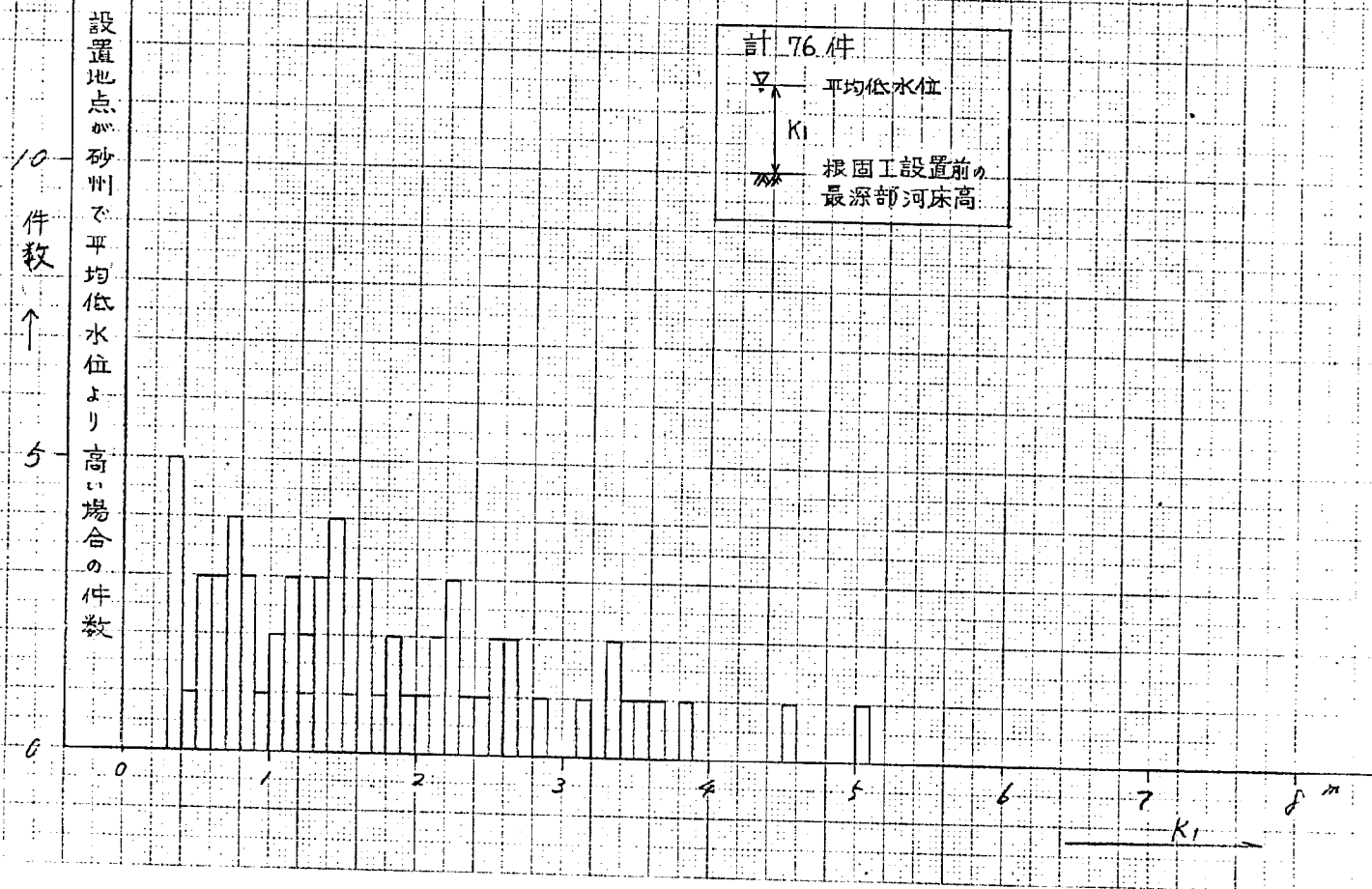


図-3-8-1 結線のある根固工



四-3-8-2

結線のある根固工

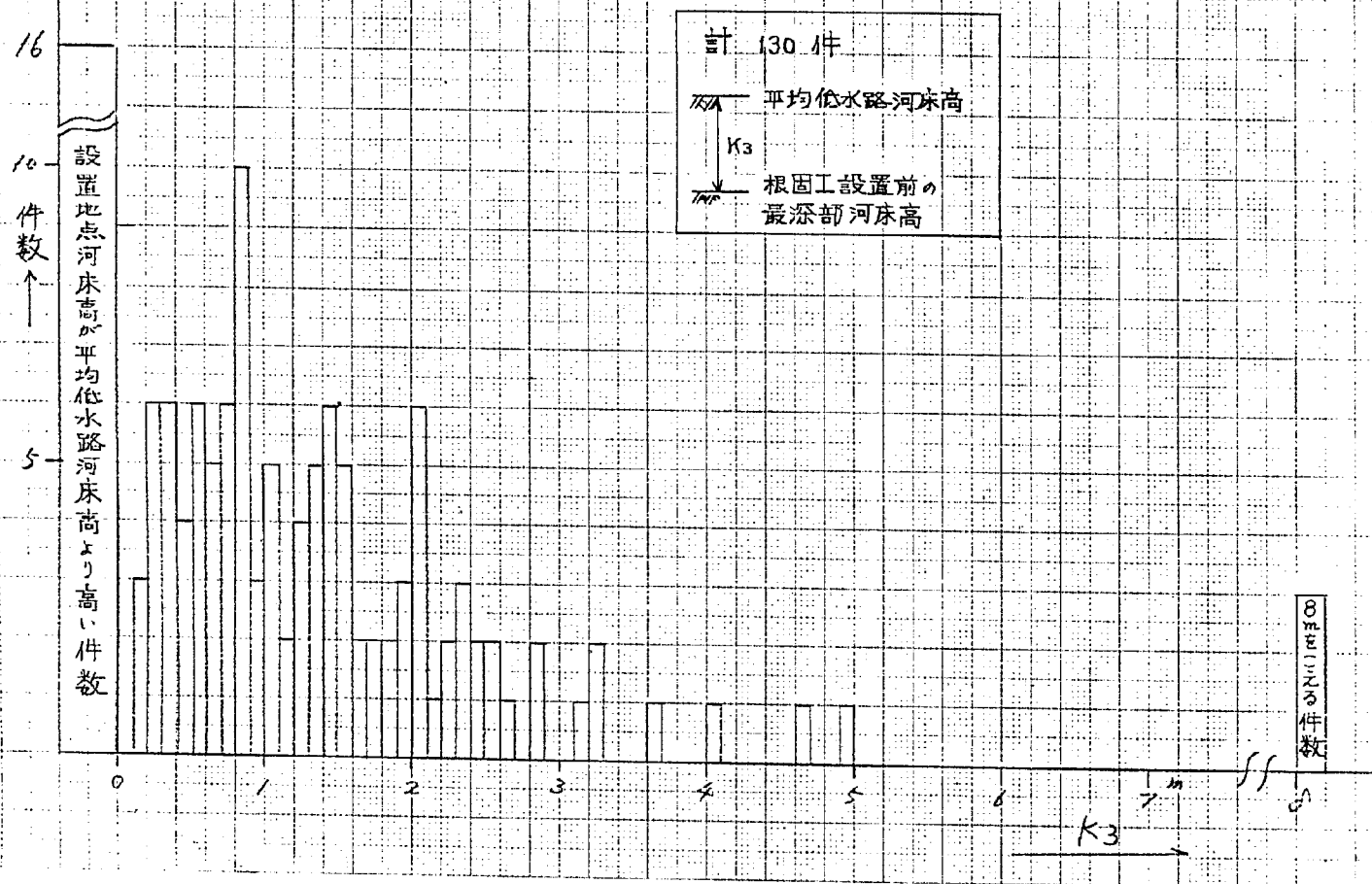


図-3-8-3

結線のあるブロック工の重量分布

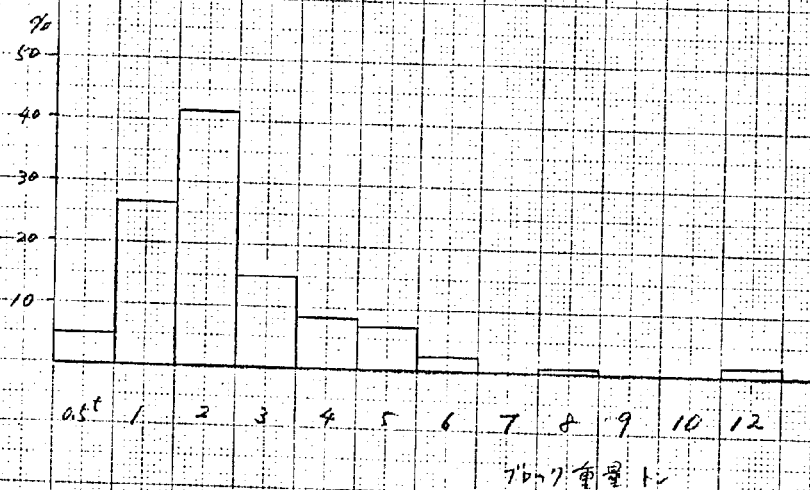


図-3-8-4 結線のあるブロック根固工の敷設巾

層積	176件
乱積	1件

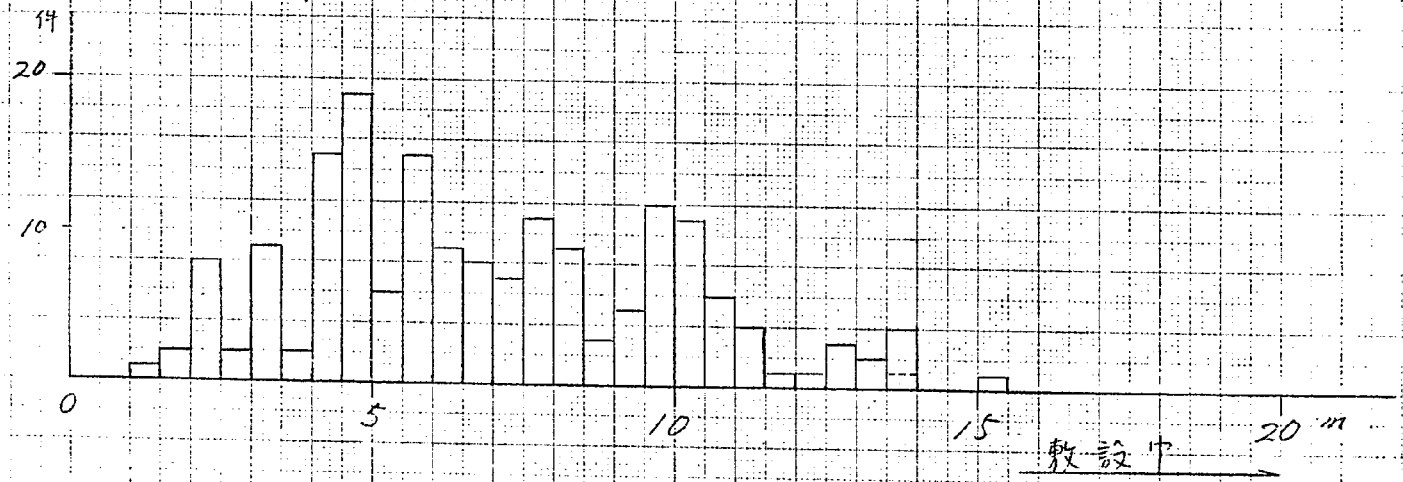


図-3-9-1 マットを敷いたブロック根固工

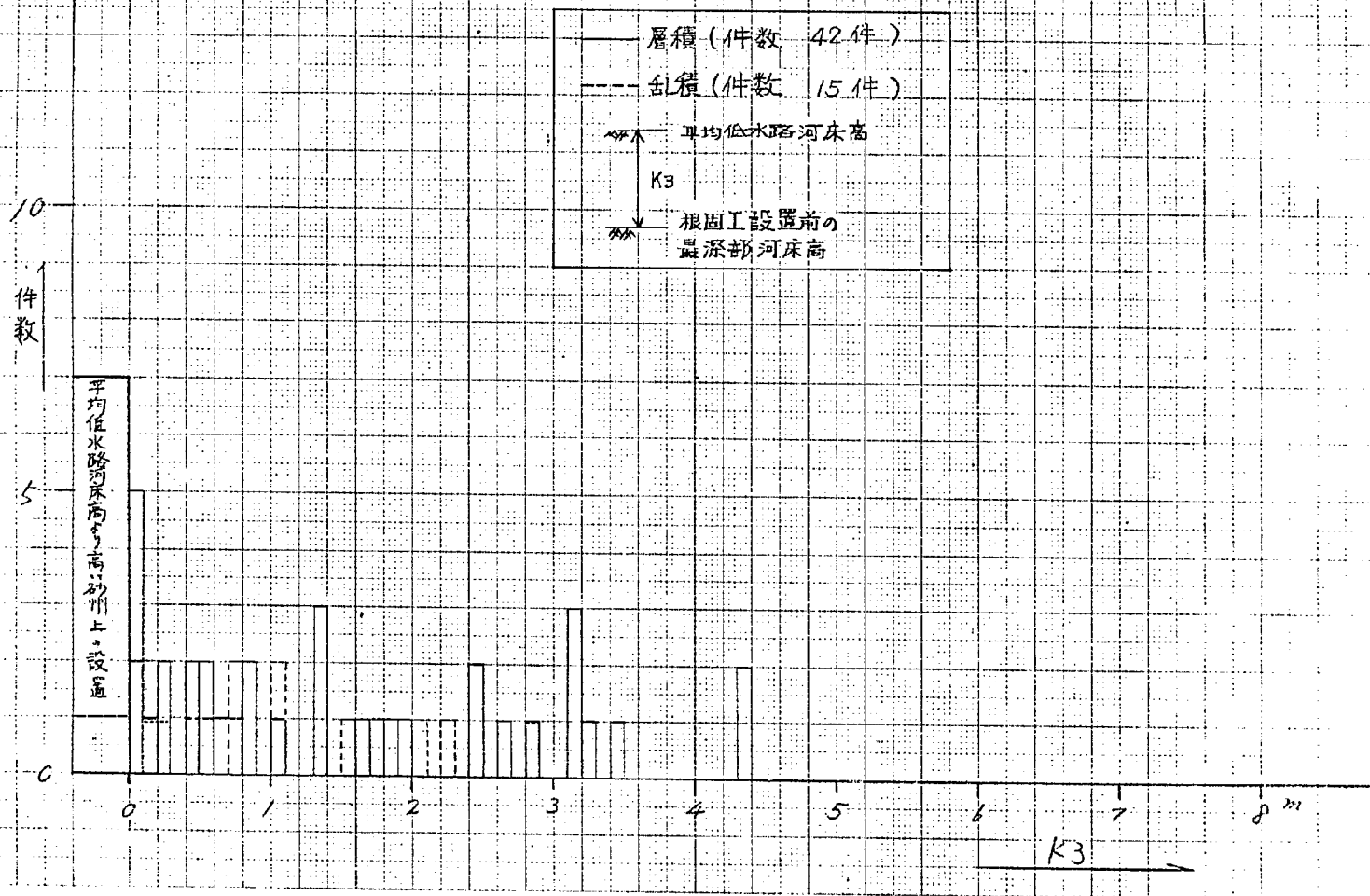


図-3-9-2 マットの 使用されたブロック重量の使用軽度分布

総件数	32	291	217	63	23	13	6	1	3	0	0	0	3	652
マット有りの件数	11	19	14	0	2	0	3	1	0	0	0	0	0	50

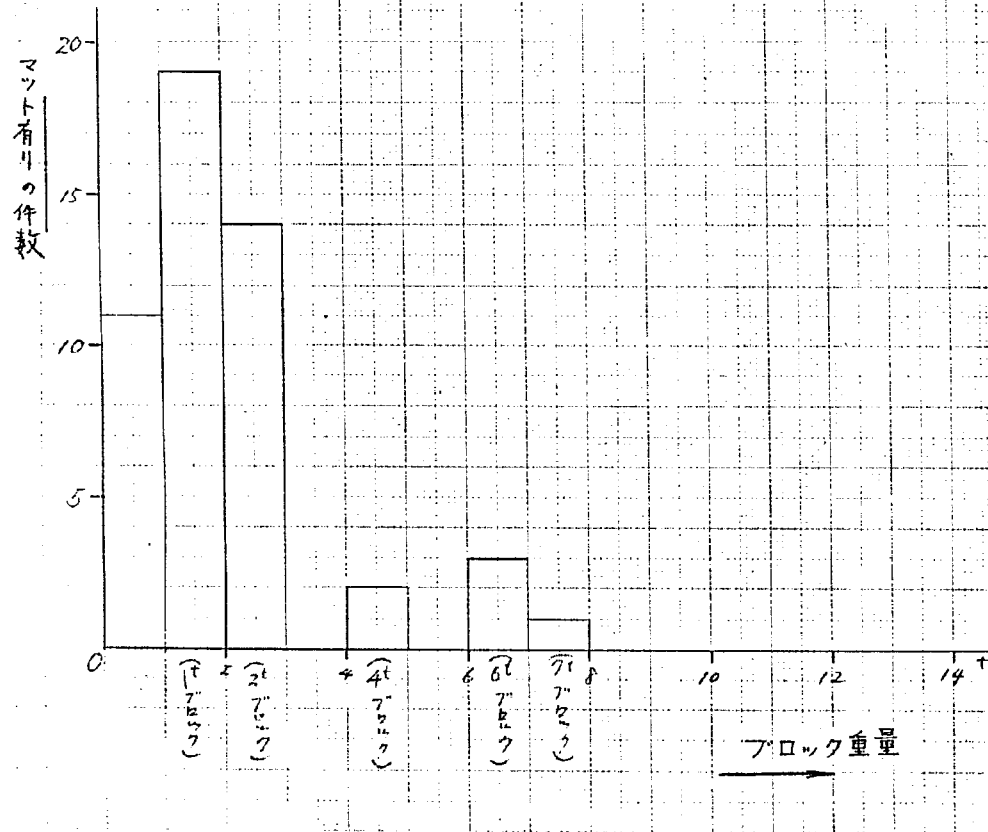


図-3-9-3

マット使用のブロック根固工の敷設巾分布

総件数 67件

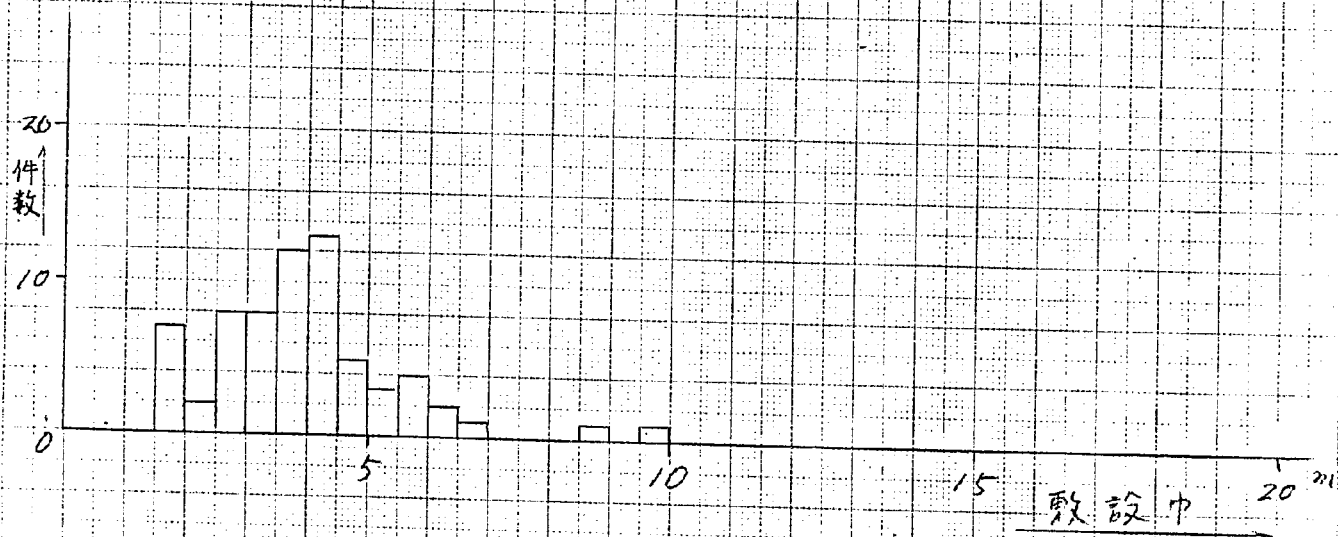


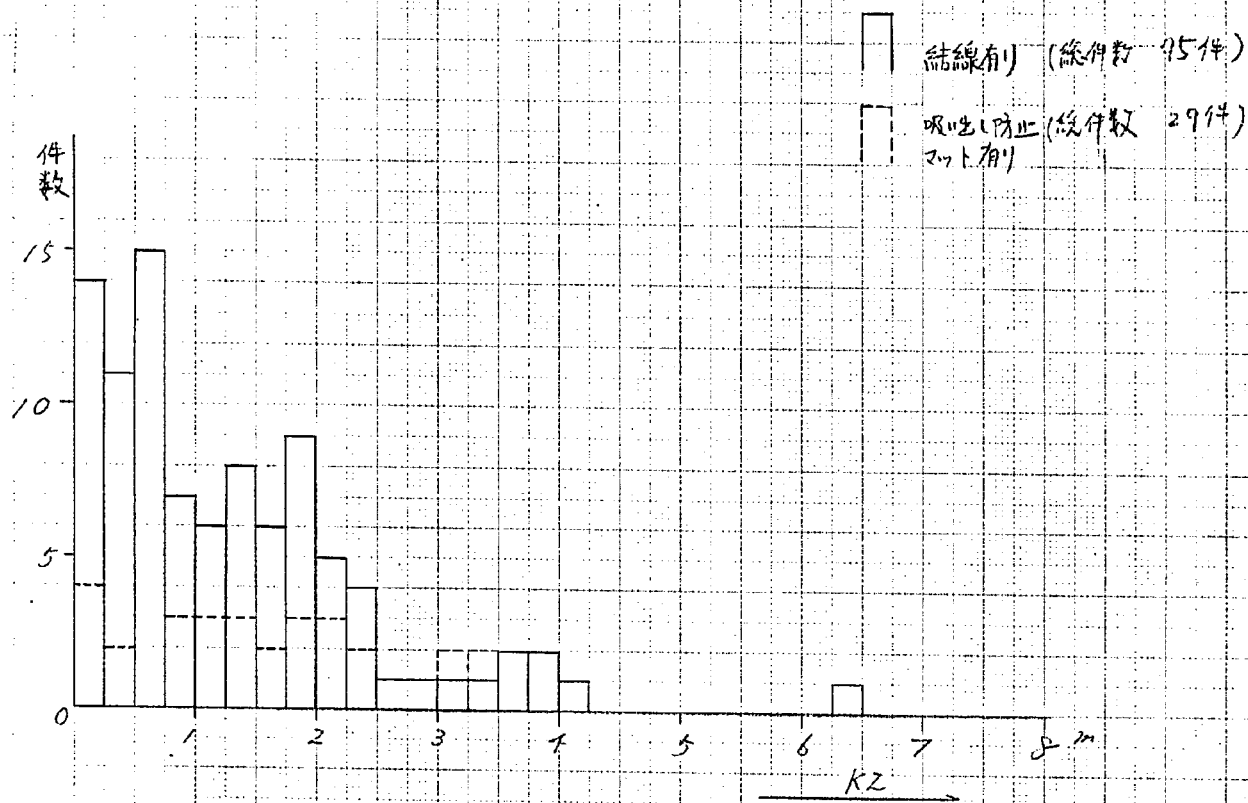
表-3-10-1

結 線	砂吸出し防止 マット	件 数	パーセント
有	有	23	3.3
有	無	167	24
無	有	33	4.7
無	無	478	68
計		701	100

表-3-10-2

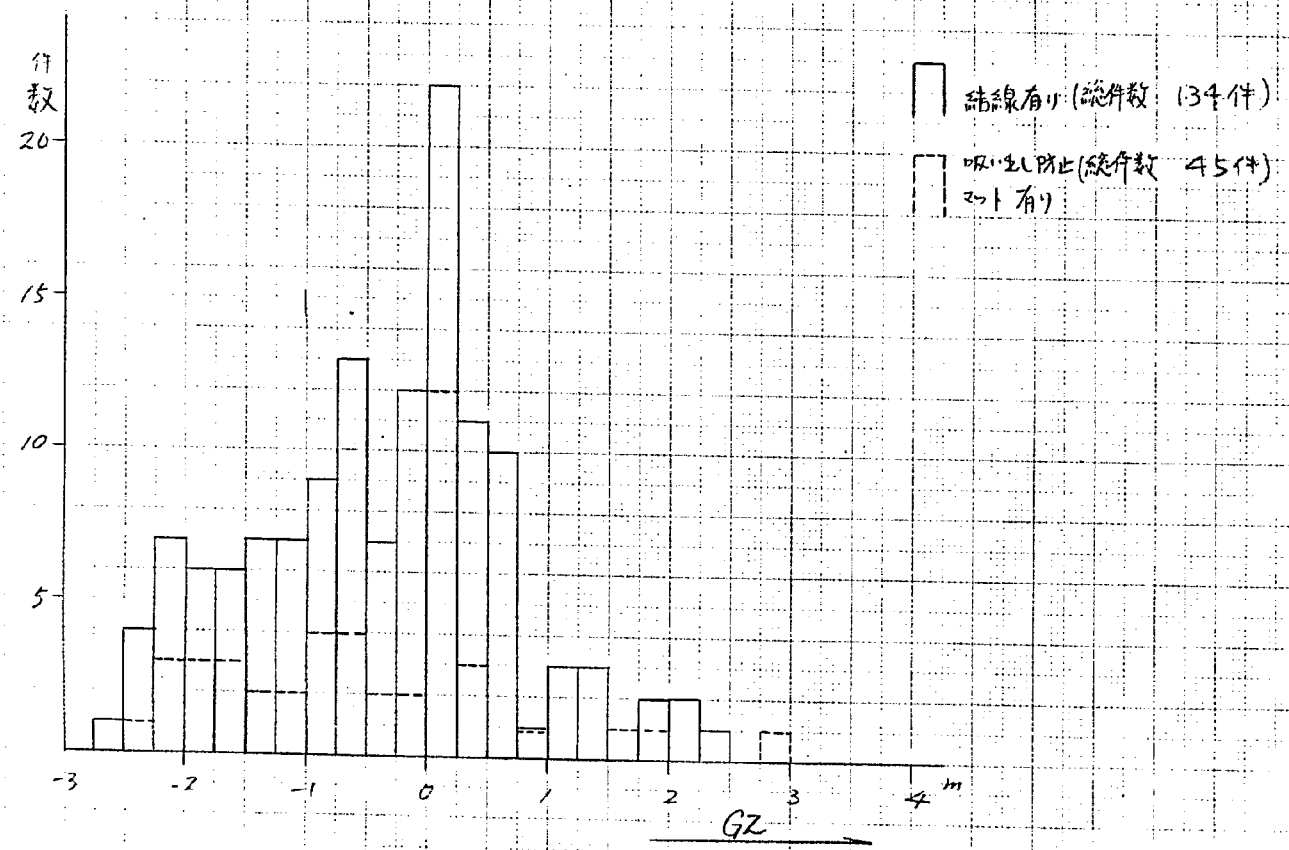
	結 線			結線有 マット有	砂吸出し防止マット			結線無 マット無
	有	無	不明		有	無	不明	
直 線 部	107	253	18	11	31	323	24	225
彎 曲 部	82	229	7	10	25	292	1	215
計	189	482	25	21	56	615	25	440

図-3-10-1

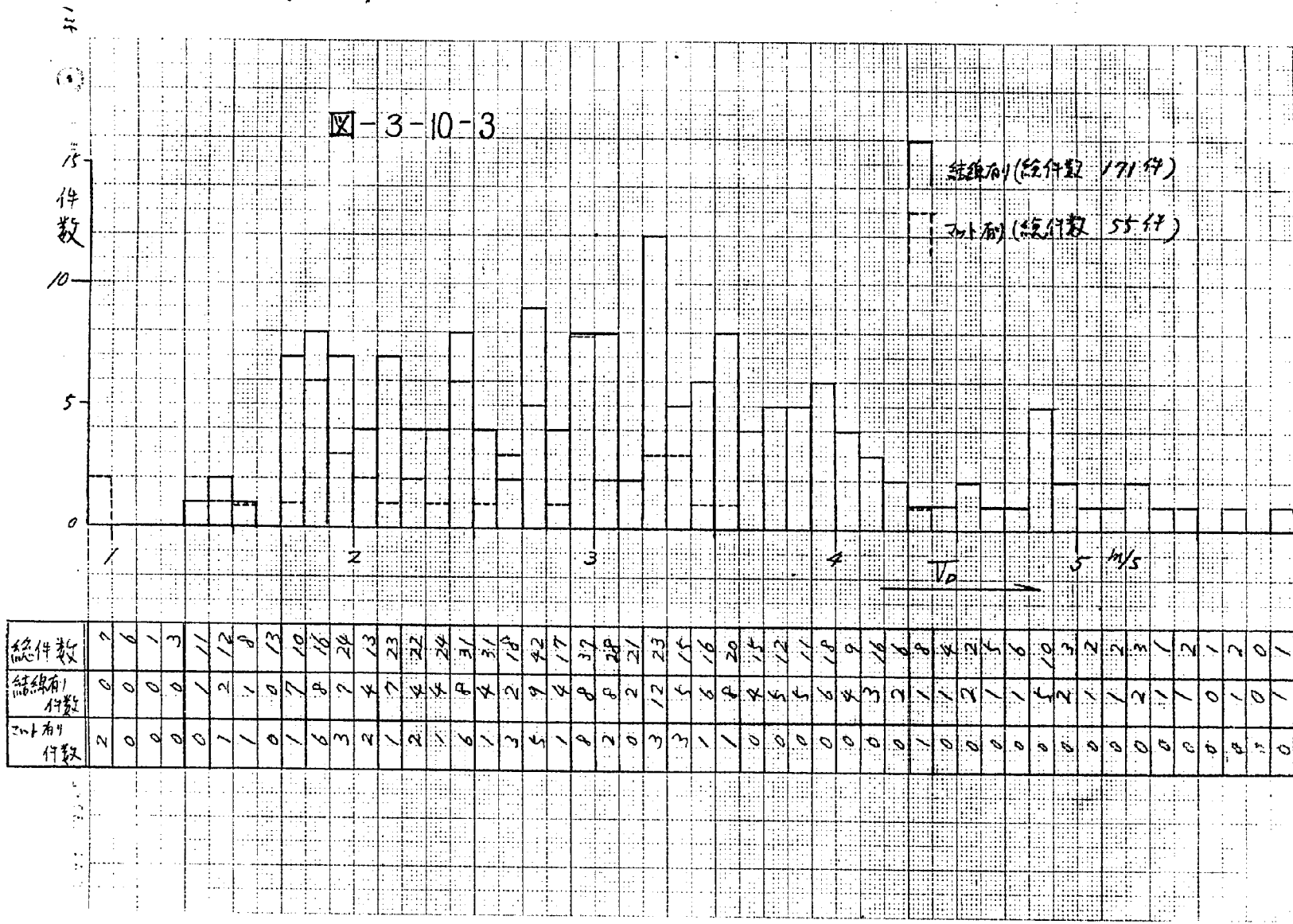


K2 = 計画低水路河床高 - 設置前の最深部河床高

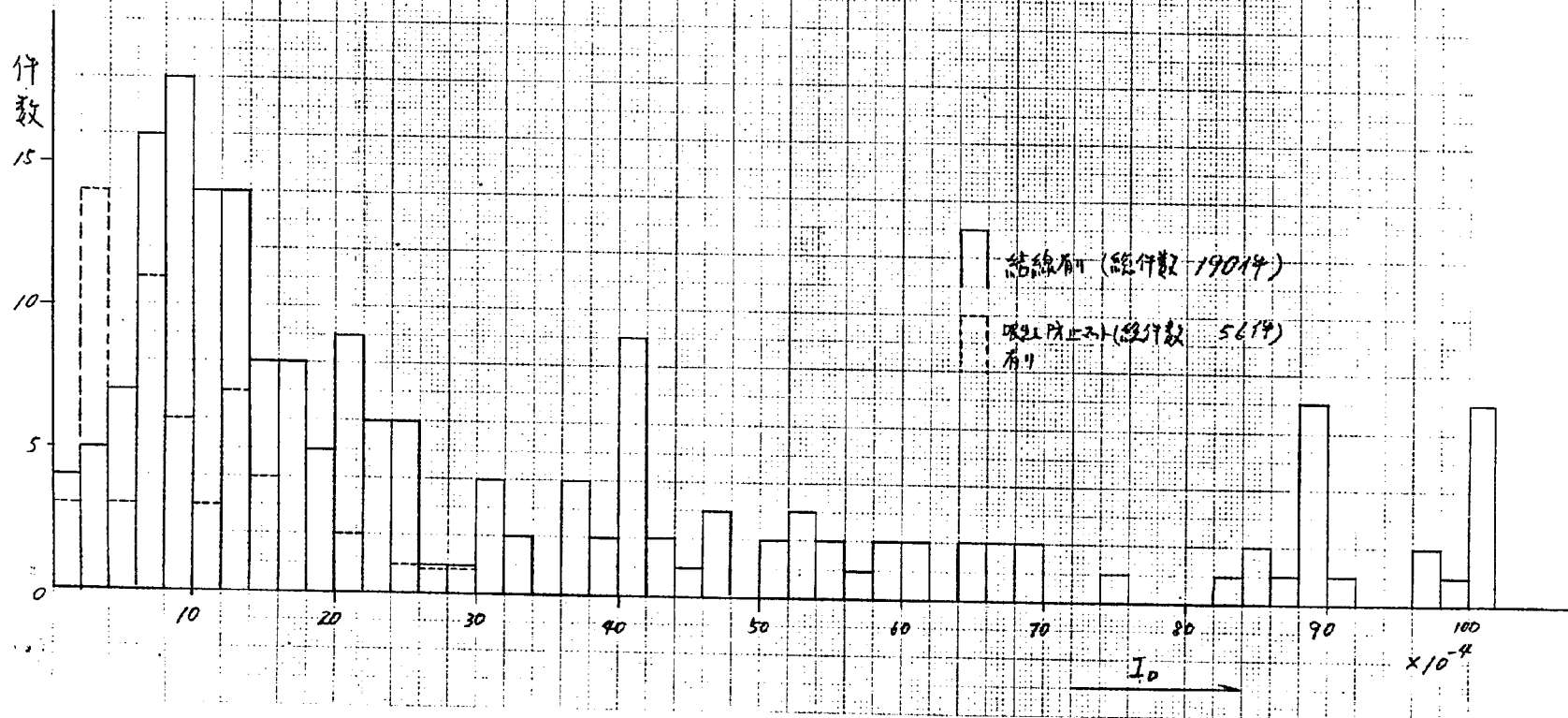
図-3-10-2



GZ = 計画値水路河床高 - 平均値水路河床高



☒-3-10-4

[illegible]

101

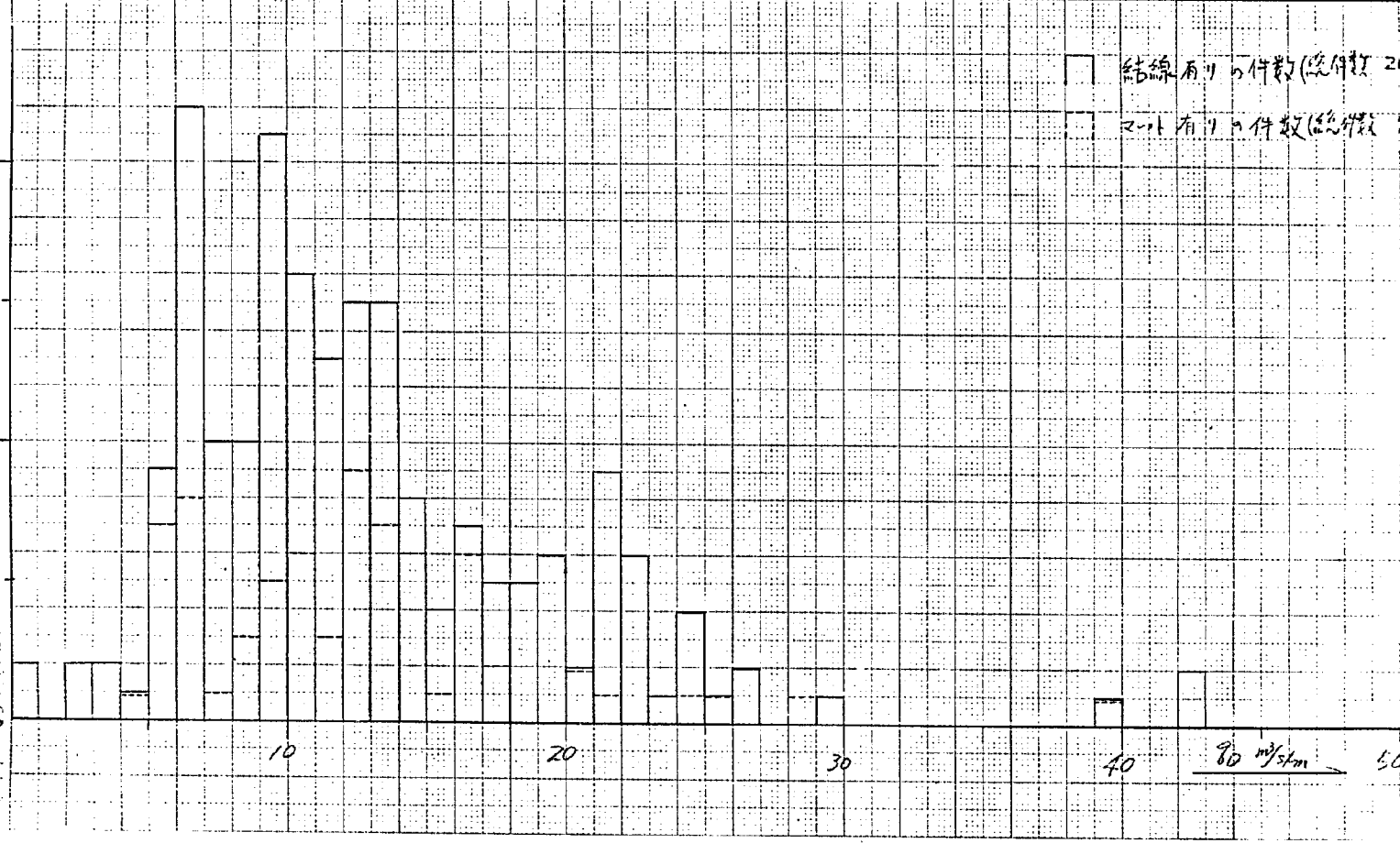
☒ - 3 - 10 - 5

各区分内総件数

7	9	5	10	15	22	53	35	43	64	52	47	46	34	35	27	24	18	21	18	23	16	12	8	11	6	6	6	3	2	1	3	5	2	0	0	2	0	1	2	0	1	2	1	1	0	1	0	0	0
---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

件数
20
10
0

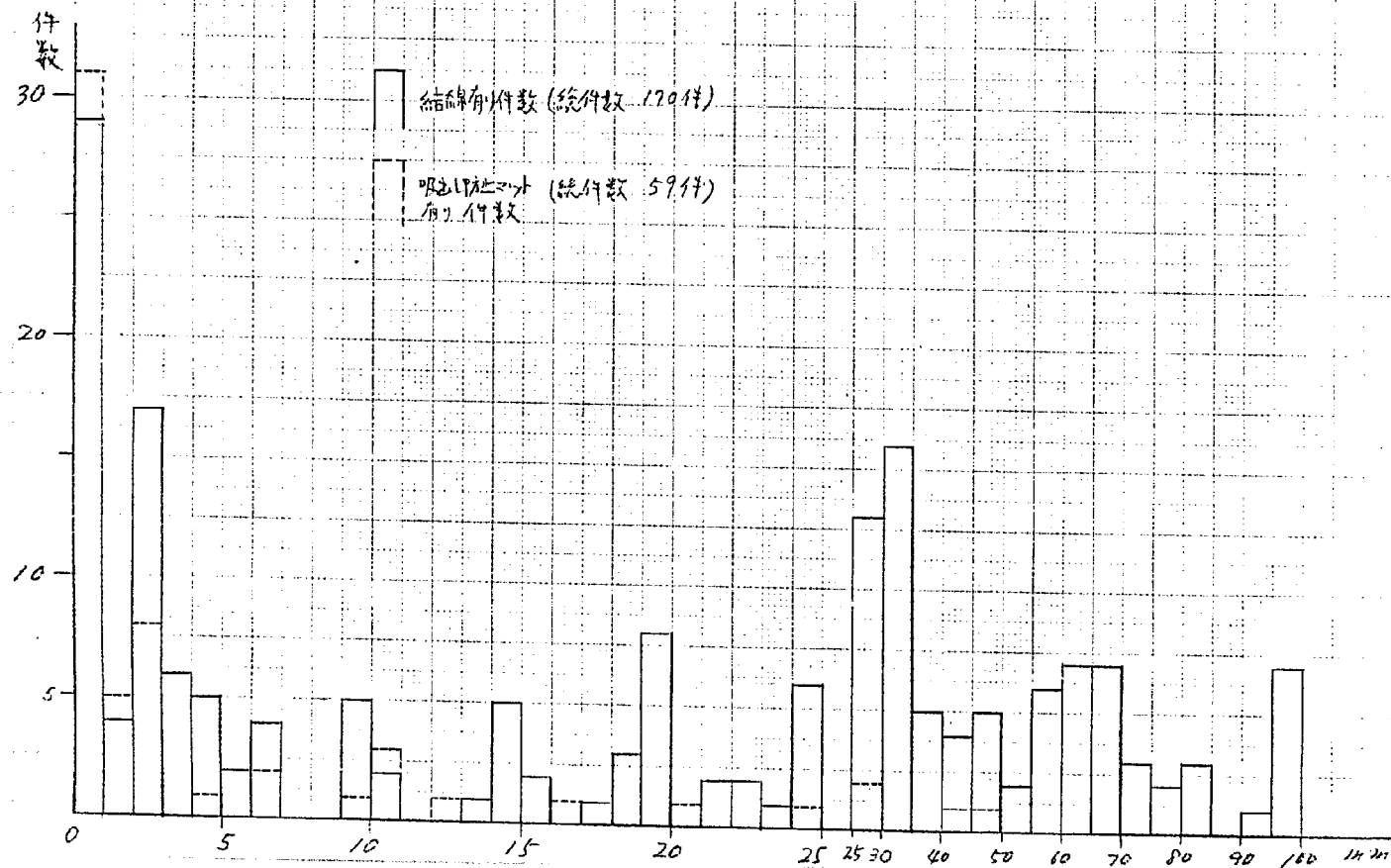
☐ 結線有り件数(総件数 202件)
 ☐ 201 有り件数(総件数 92件)



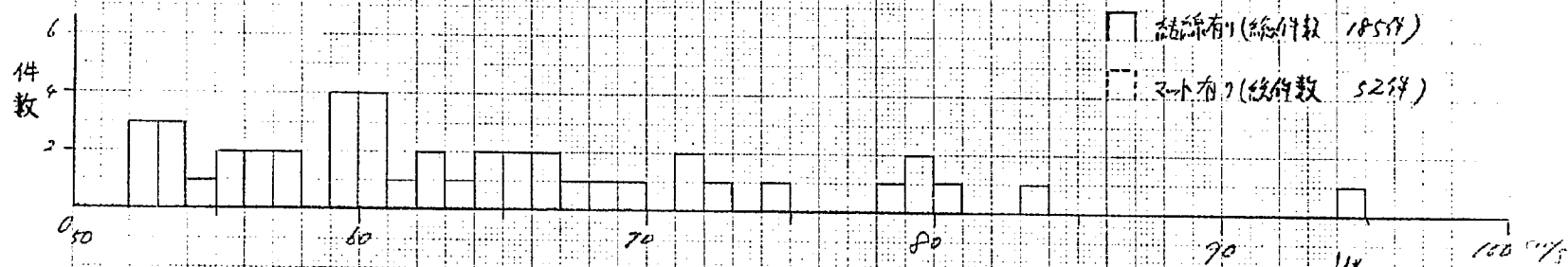
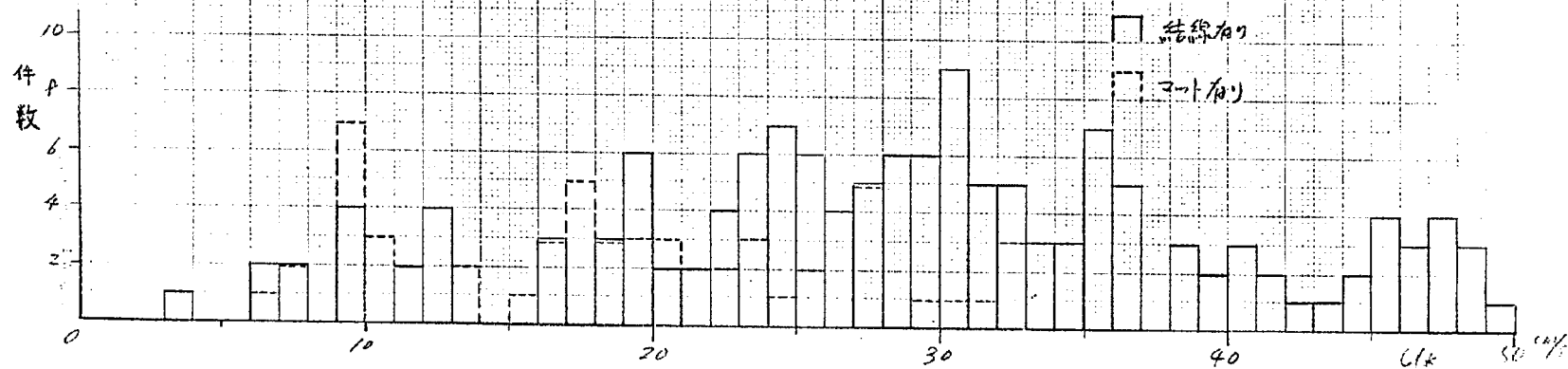
80 m/s/m

図-3-10-6

総件数	31	5	8	0	1	6	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--



159

[illegible][illegible]

0%

10%

件数

25

20

15

10

5

0

図-3-10-8

結線有り (統計数 168件)

吸出し停止 (統計数 42件)
また有り

10

15

20

25

$U_H/U+C$

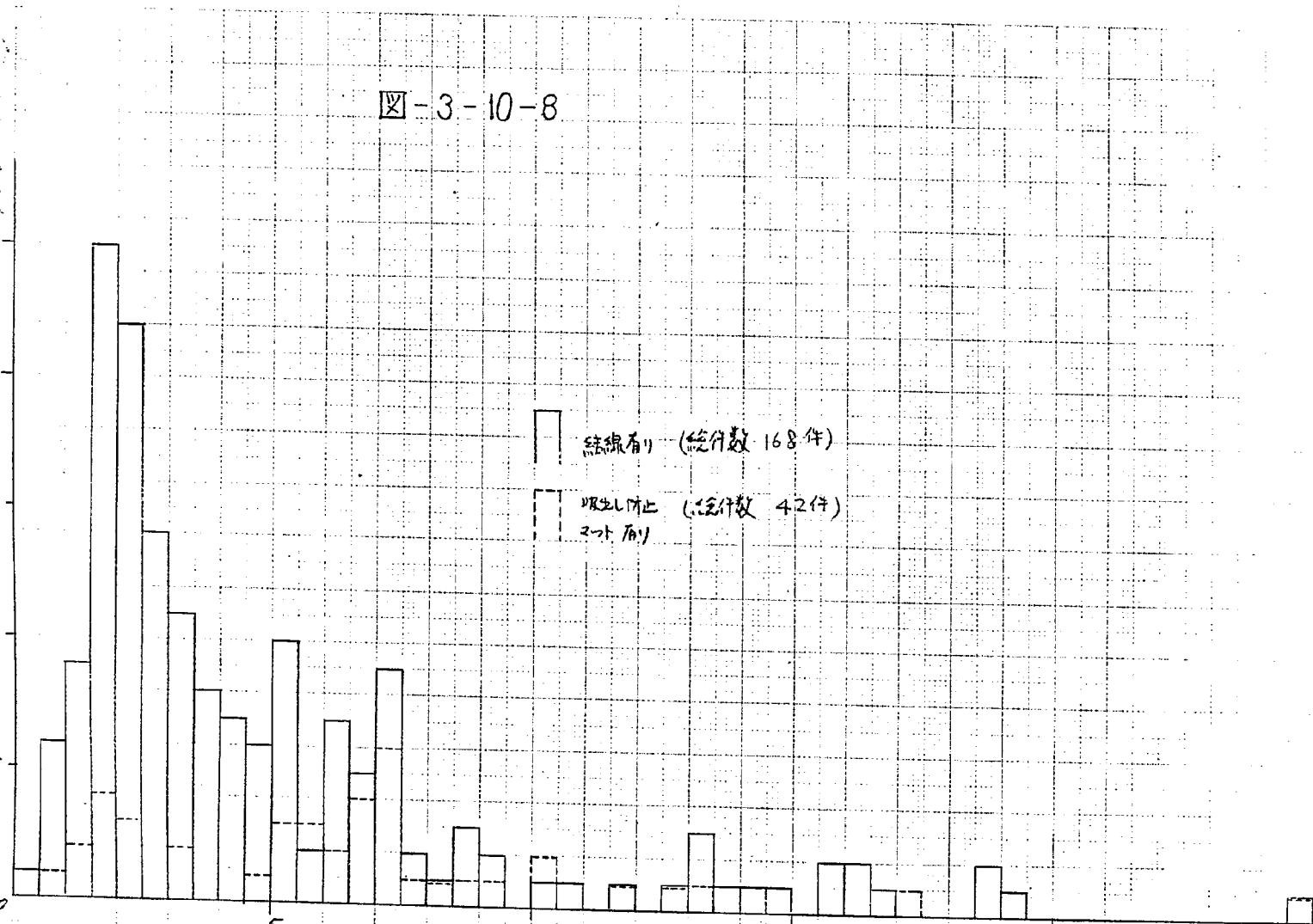


图-3-10-9

乱積多層

乱積一層

層積多層

層積一層

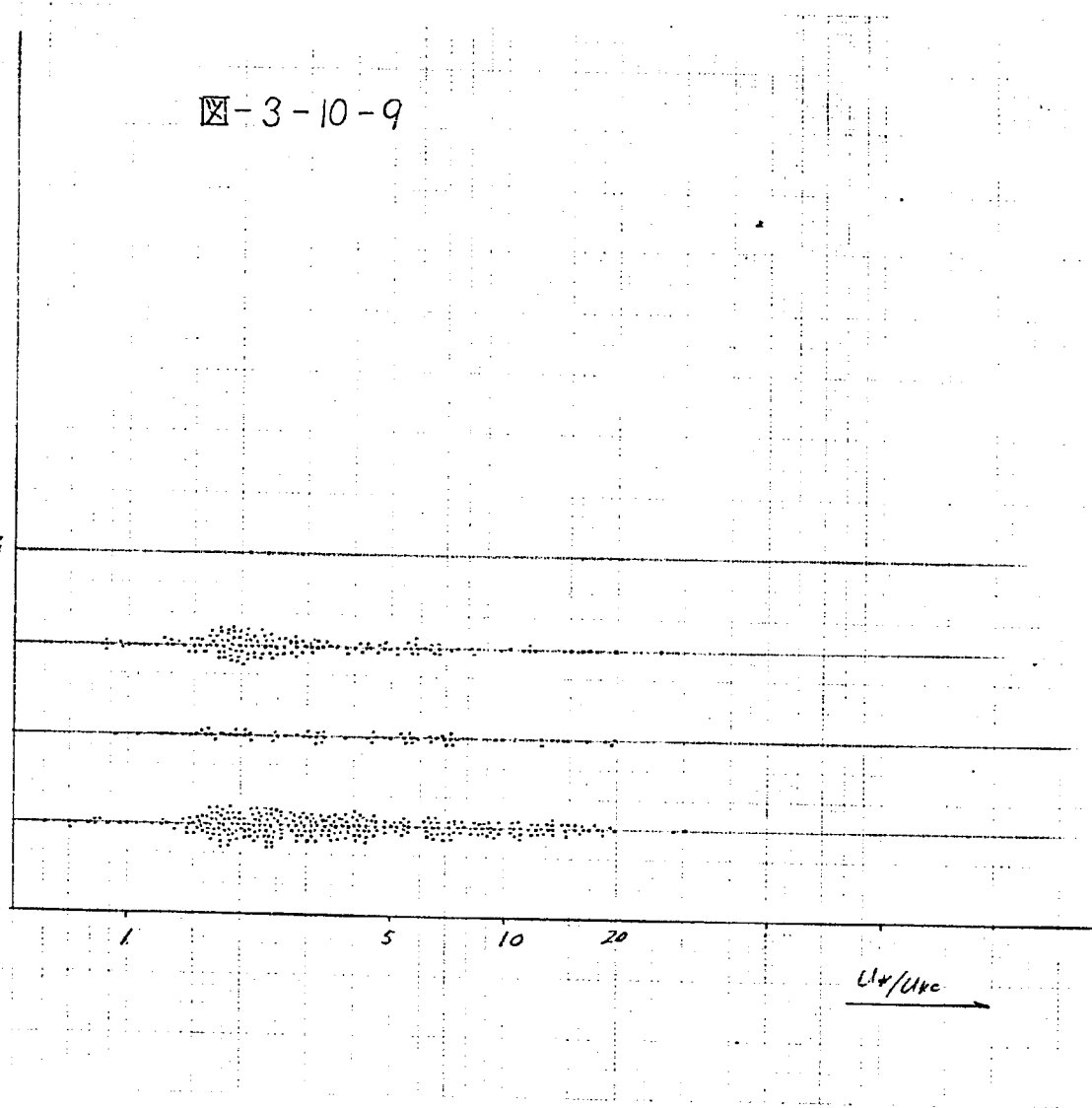


図-3-10-10

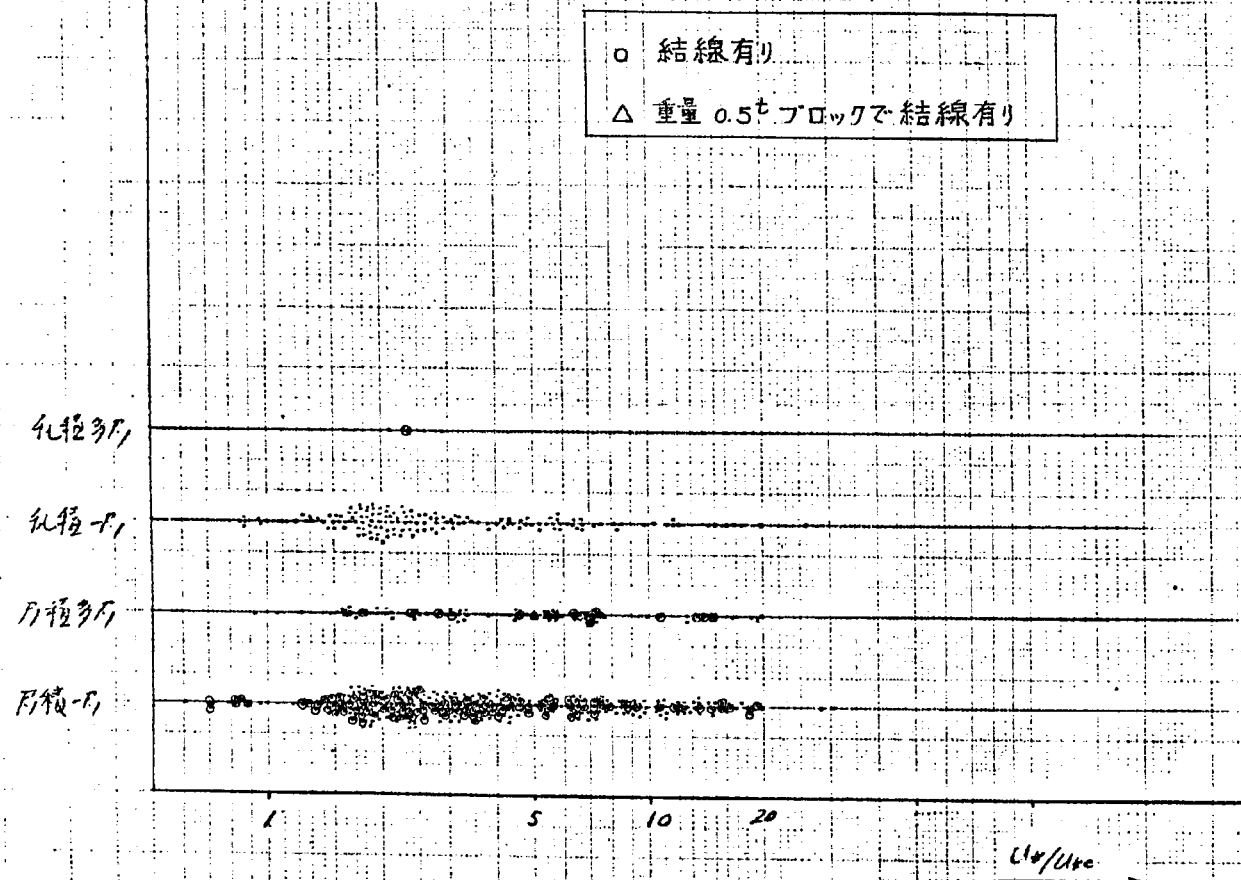


図-3-10-11

○ マット有り

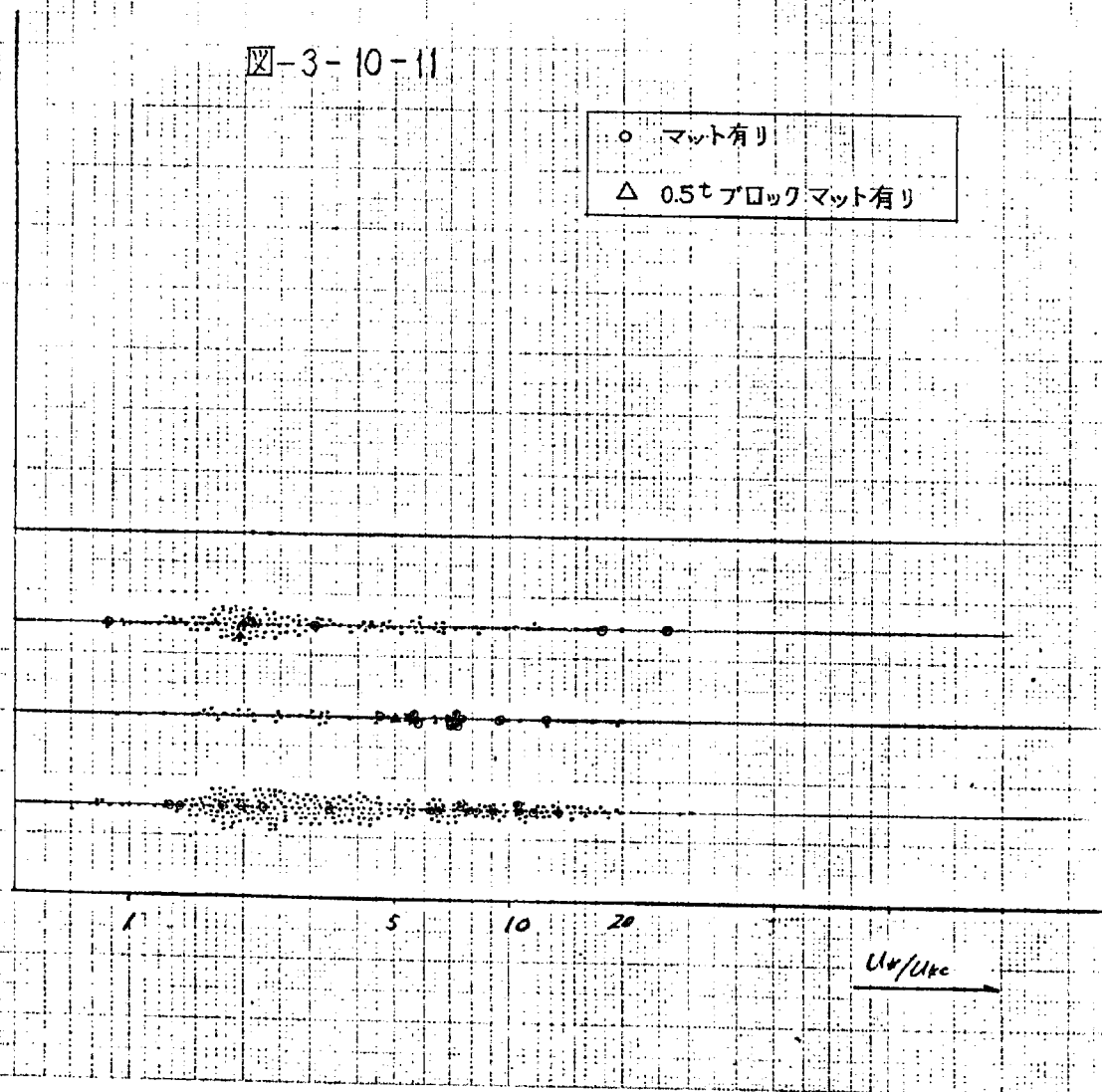
△ 0.5tブロックマット有り

乱雑多F₁

乱雑-F₁

乱雑多F₁

F₁雑-F₁



147

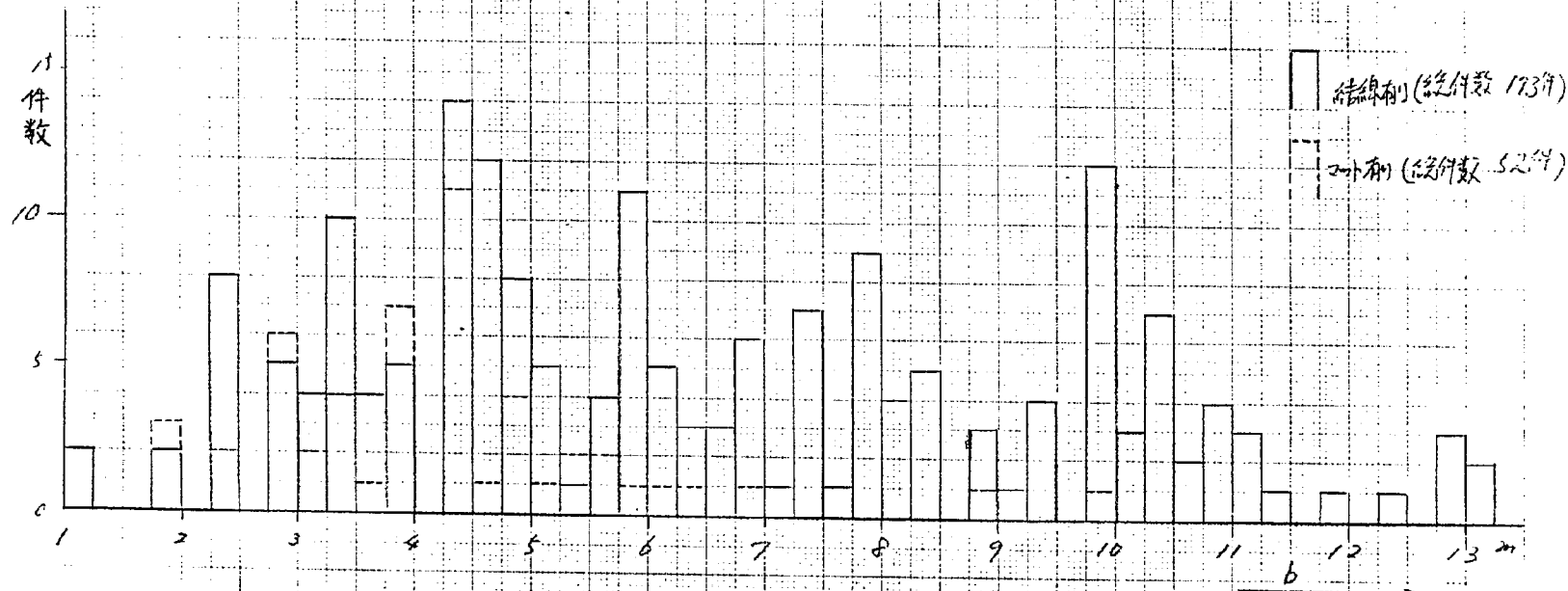
[illegible]

図-3-10-13

1層積みのみ
○ 結線有り

10
1
敷設中

0.1

u_1/u_{1c}

10

971

図-3-10-14

1層積みのみ

○ 2層積み以上のもの

— マット使用のもの

数
設
中

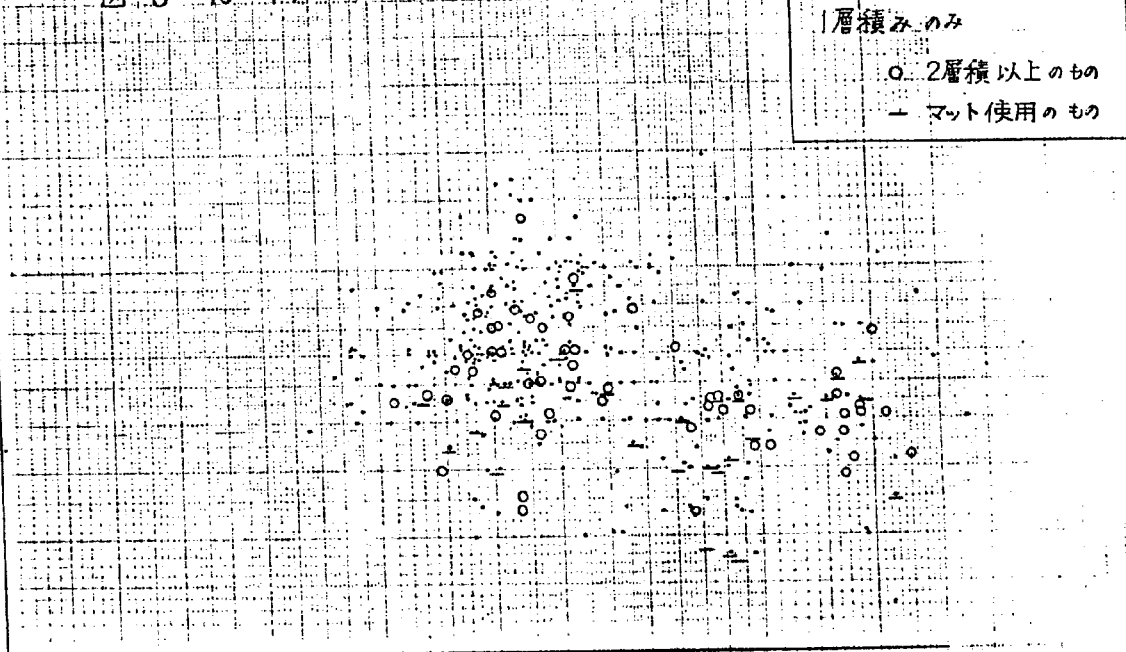
10

0.1

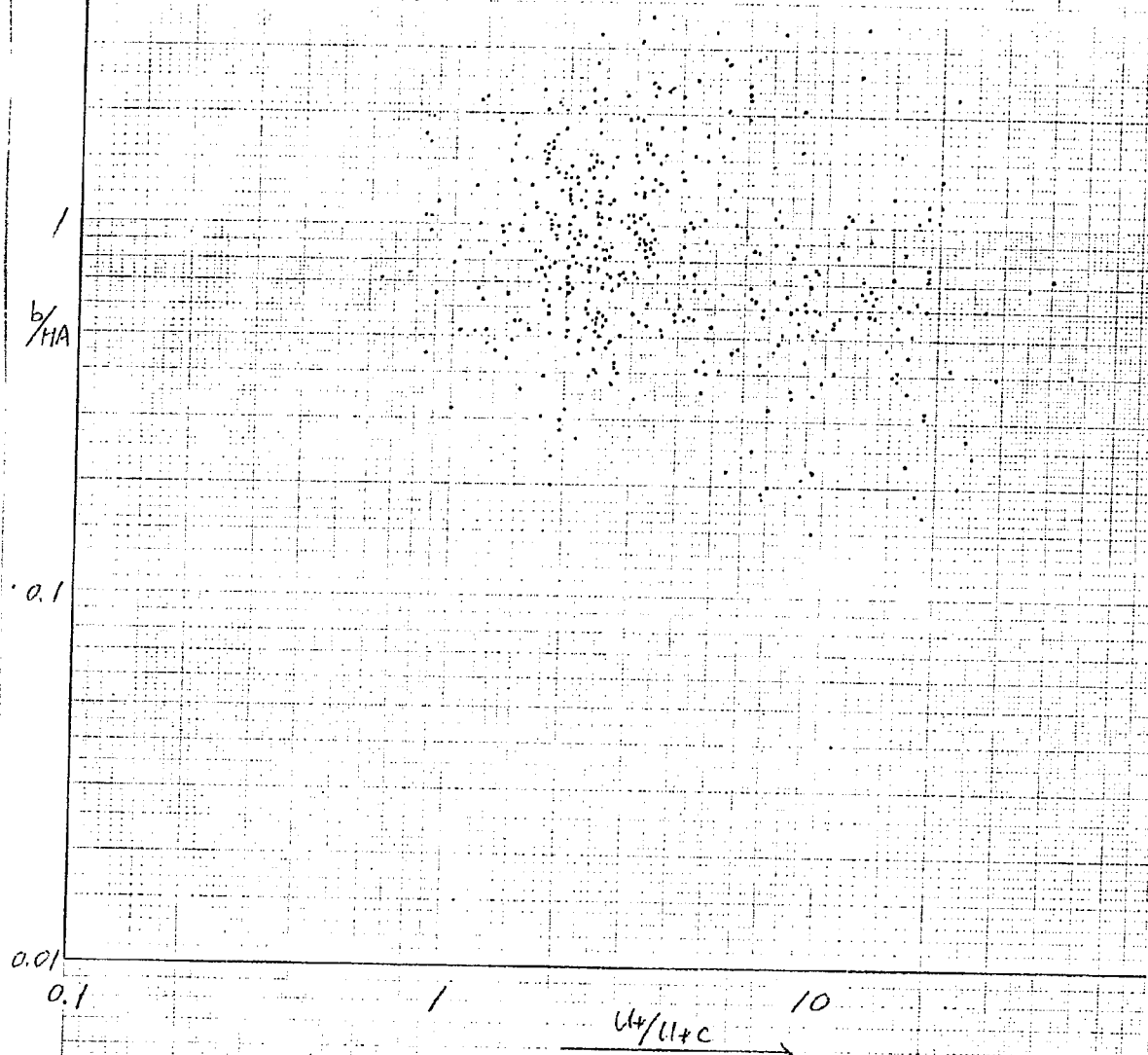
1

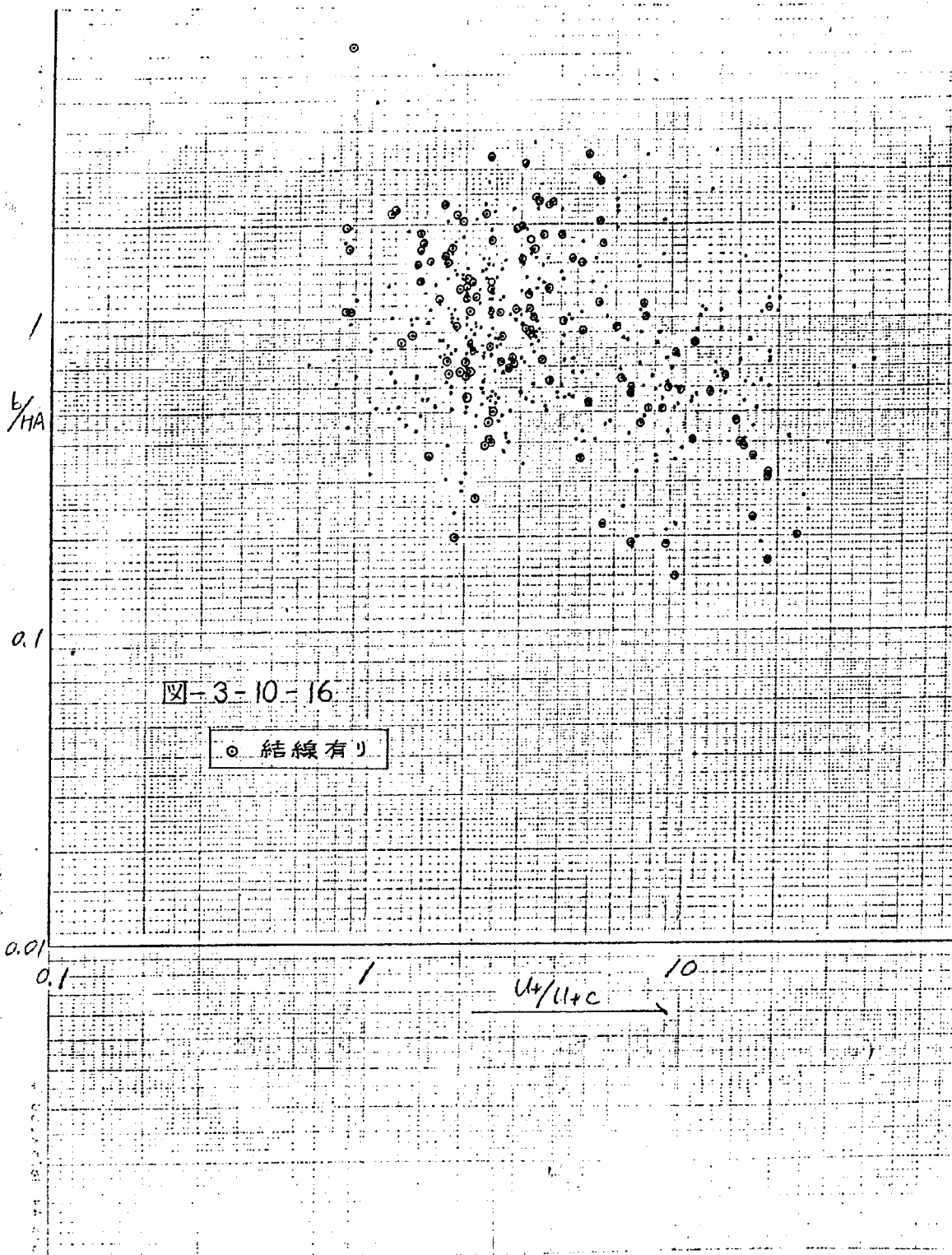
u_0/u_{mc}

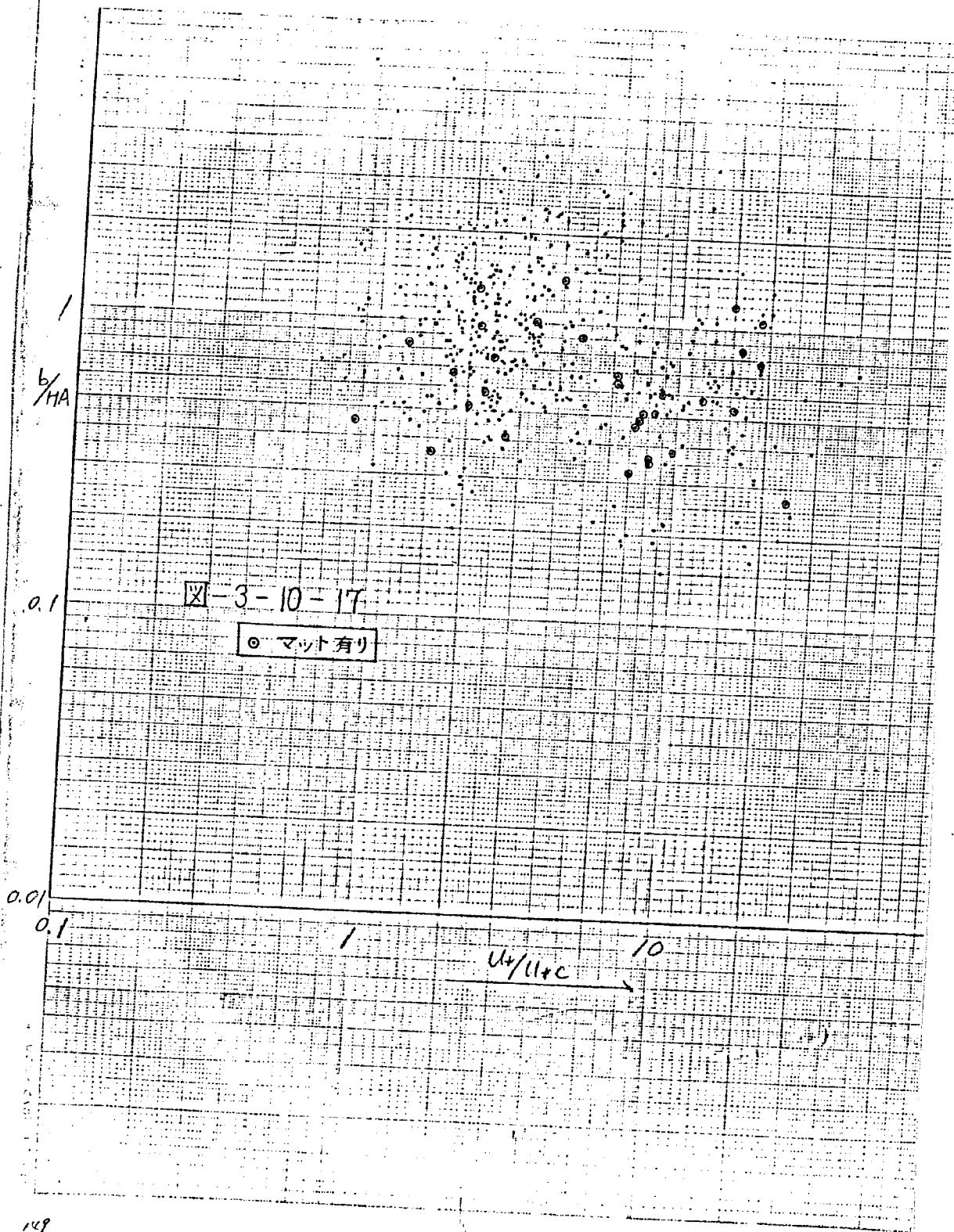
10

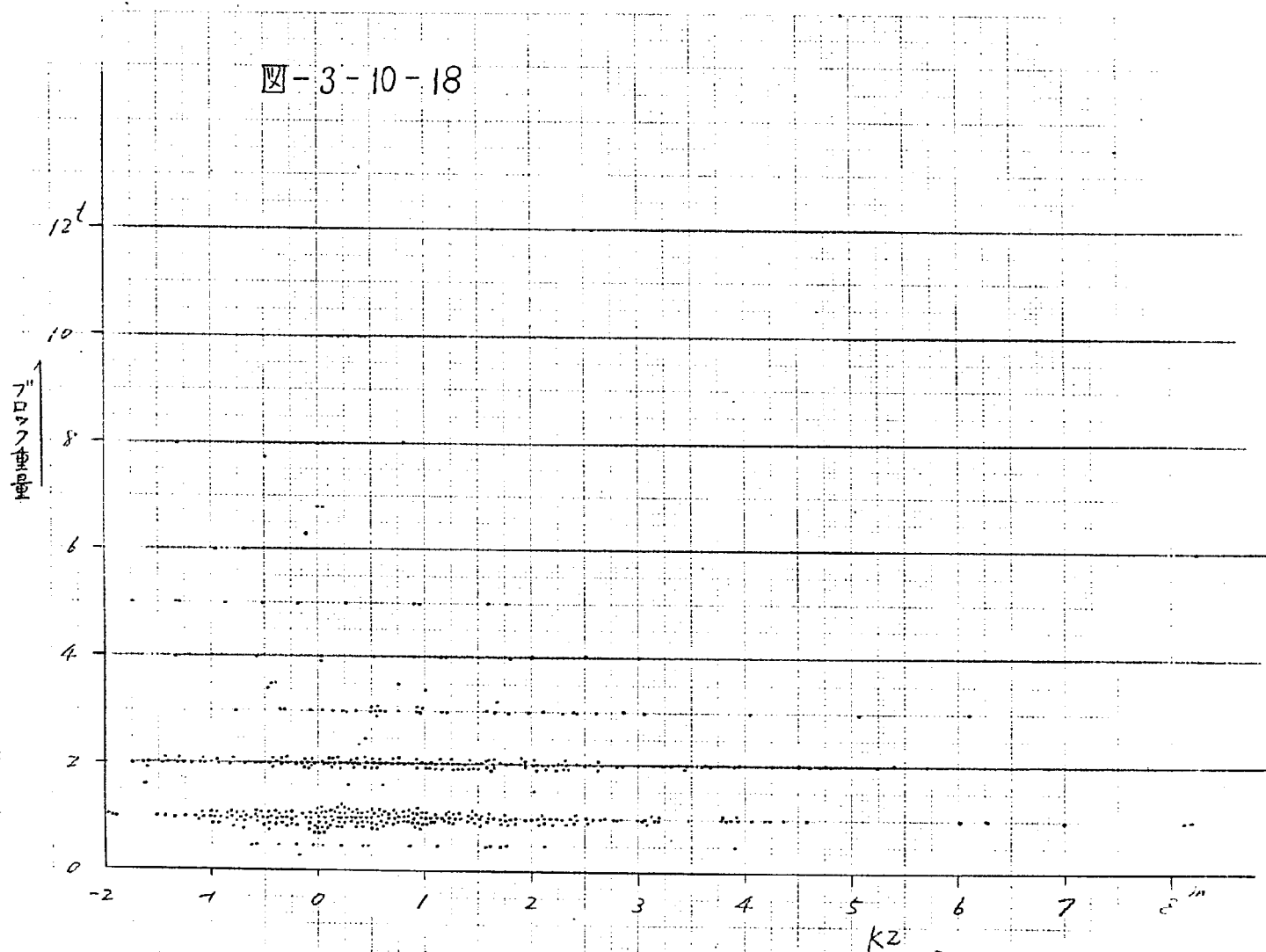


VI-3-10-15

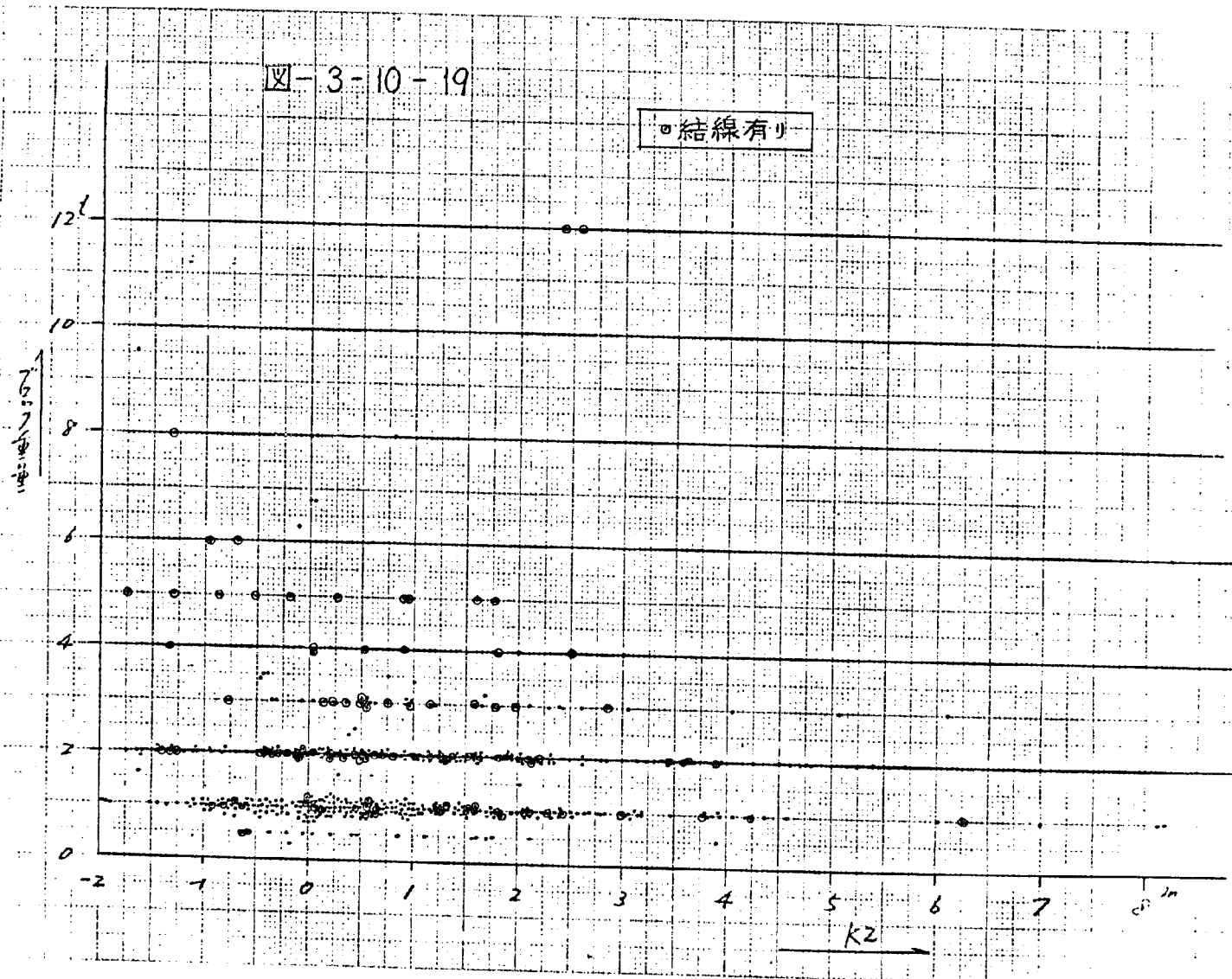




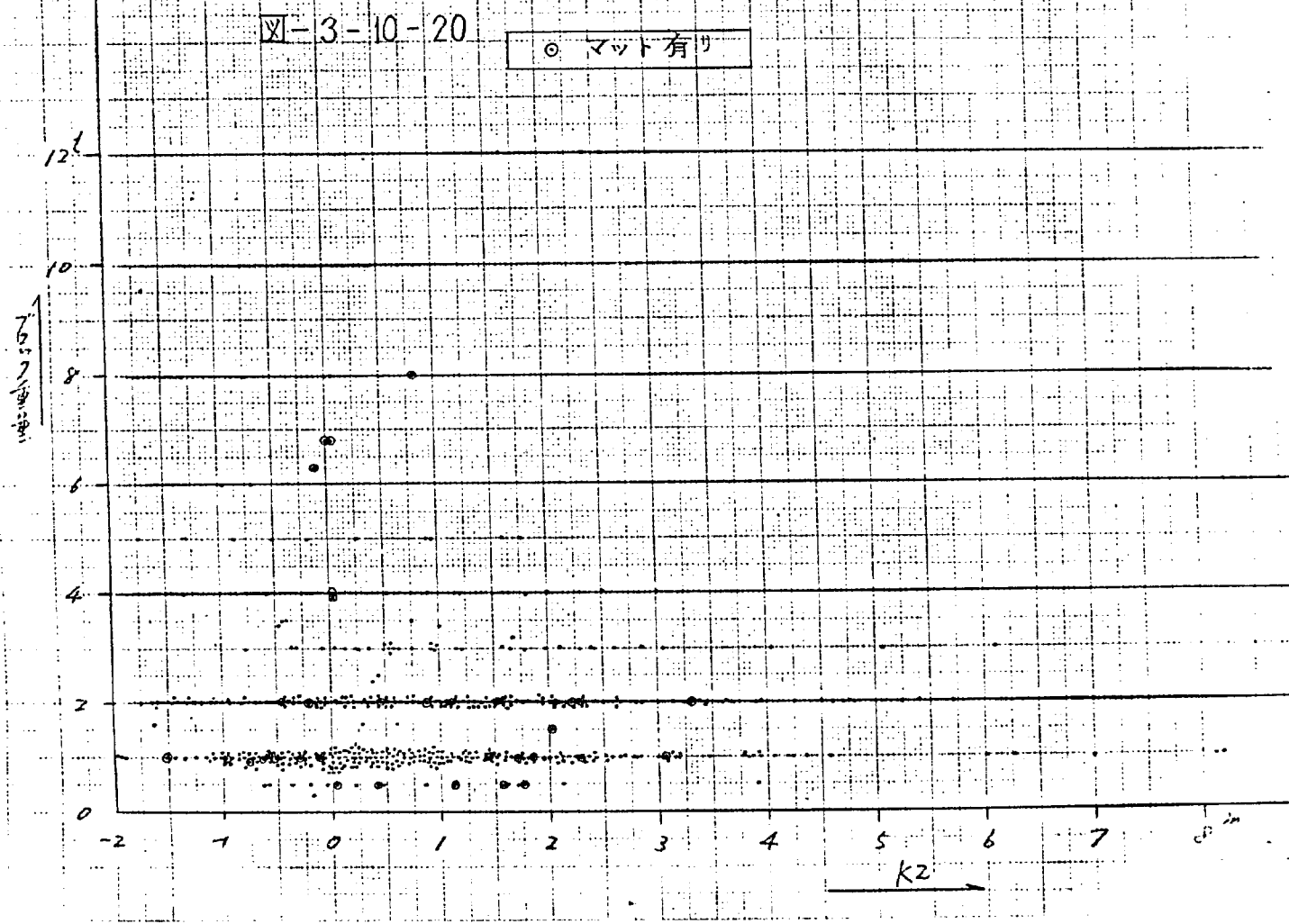




K2 = 計画水位河床高 - 根拠設置前最深部河床高

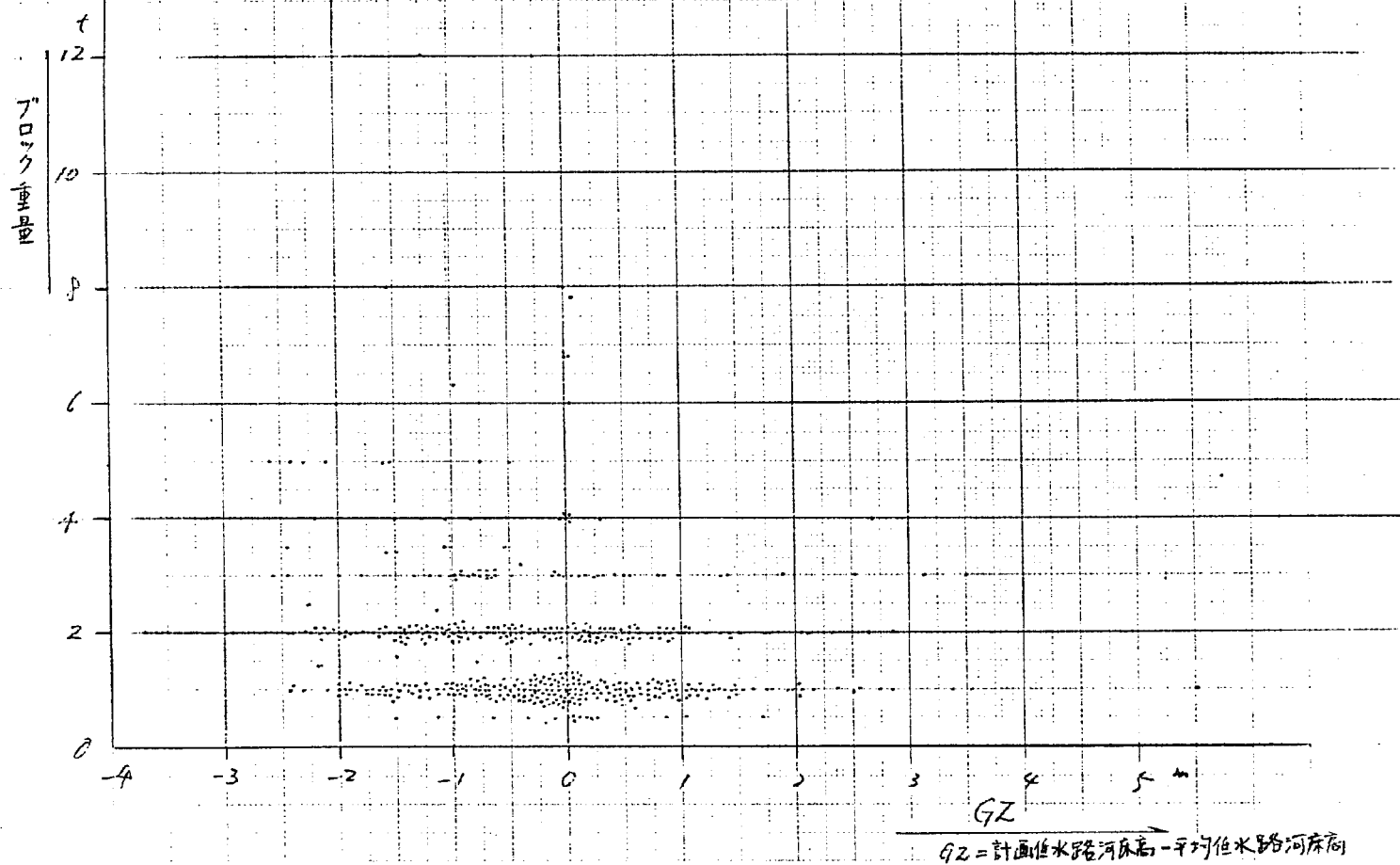


$K2 = \frac{\text{計画斜路所着点一設置の最深点(着点)}}{\text{計画斜路の長さ}}$



K2 = 1面斜路所高第一歩道の敷地内所高

Ⅳ-3-10-21



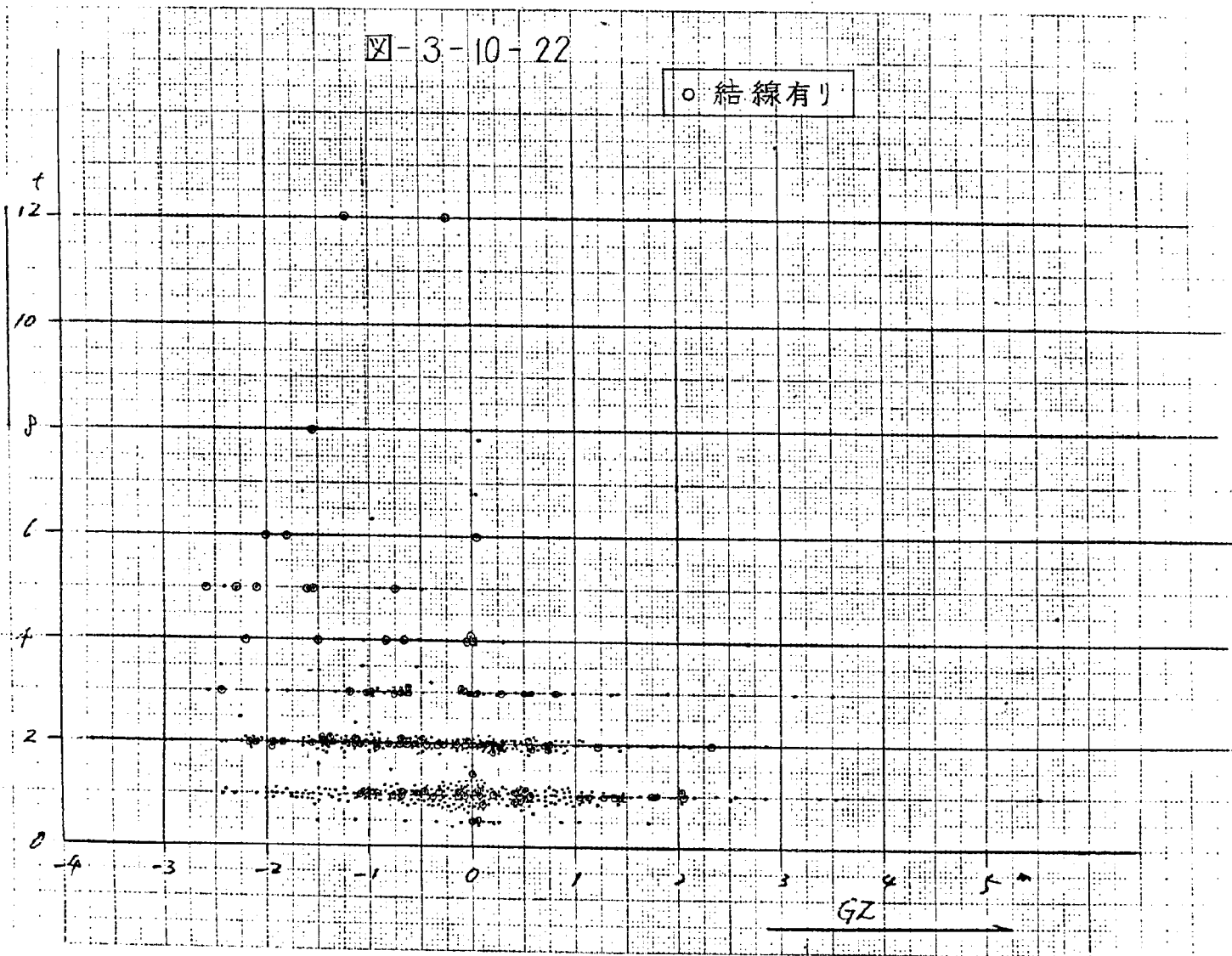
1.17

1.17

プロット

☒-3-10-22

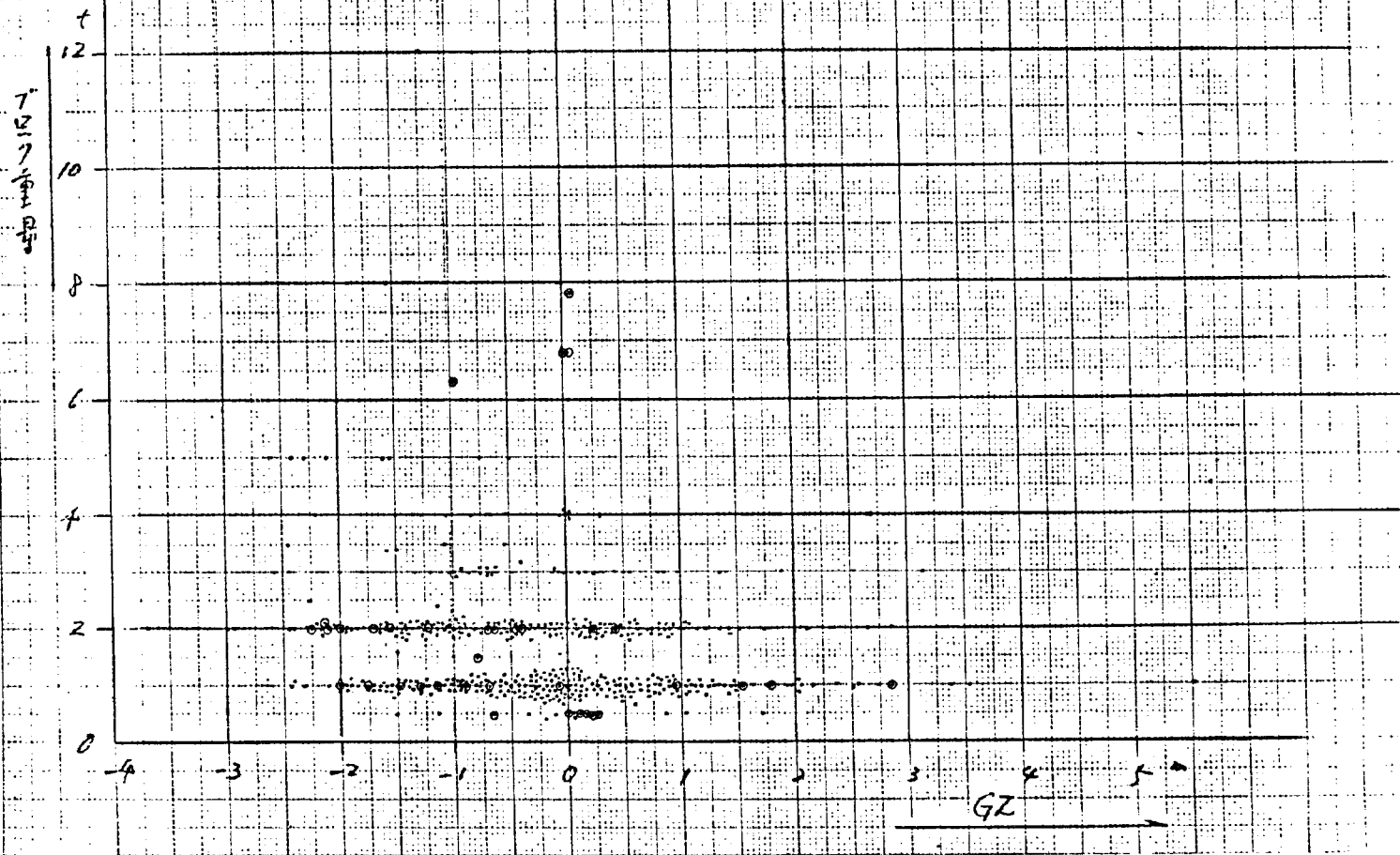
○ 結線有り



GZ = 4 反位水素置換 - 平均値水素置換

四-3-10-23

○ マット有り



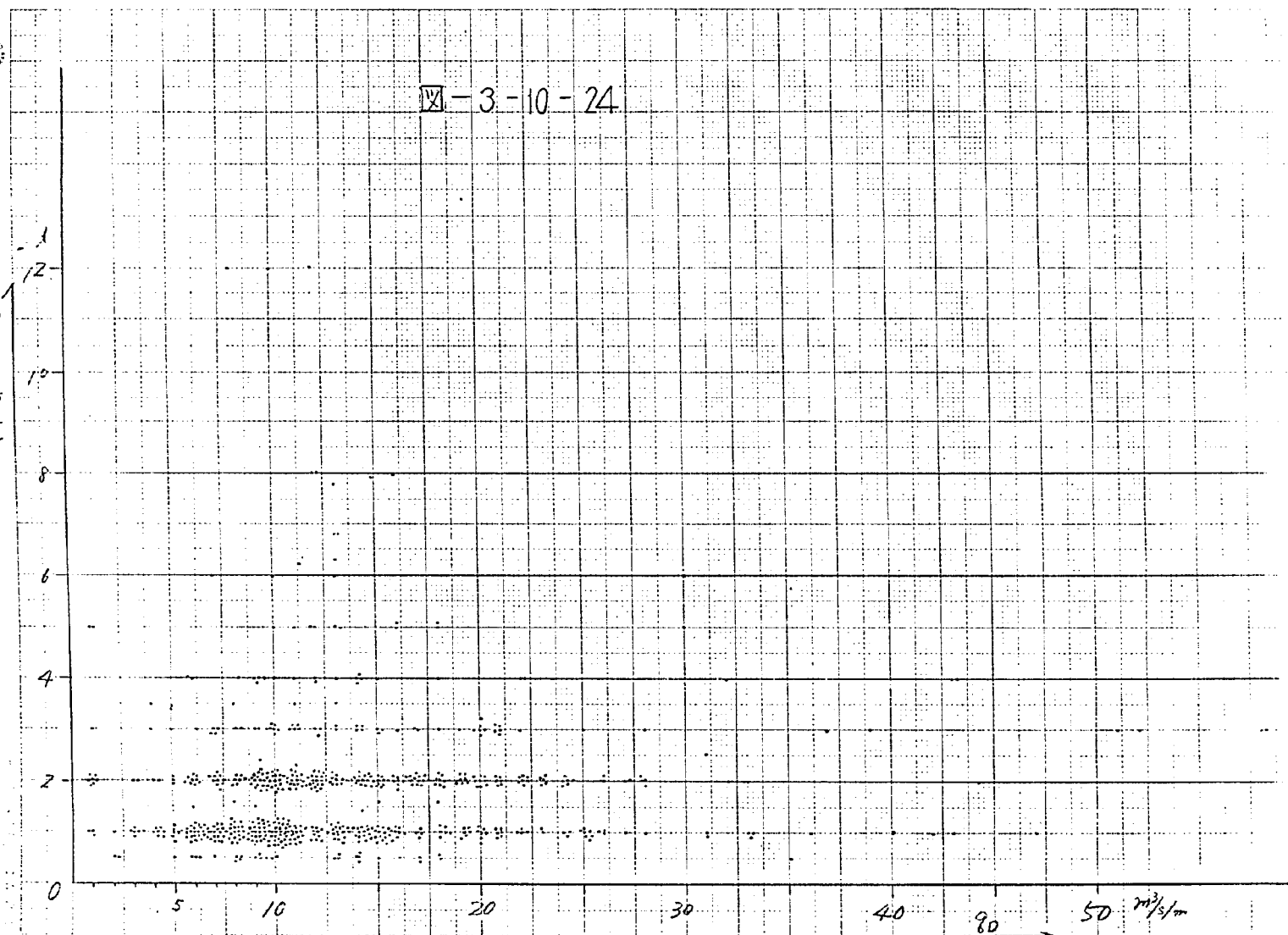
GZ = 4 反側は多少可航 - 平均値は多少可航



11月

ブロック重量

Ⅷ-3-10-24

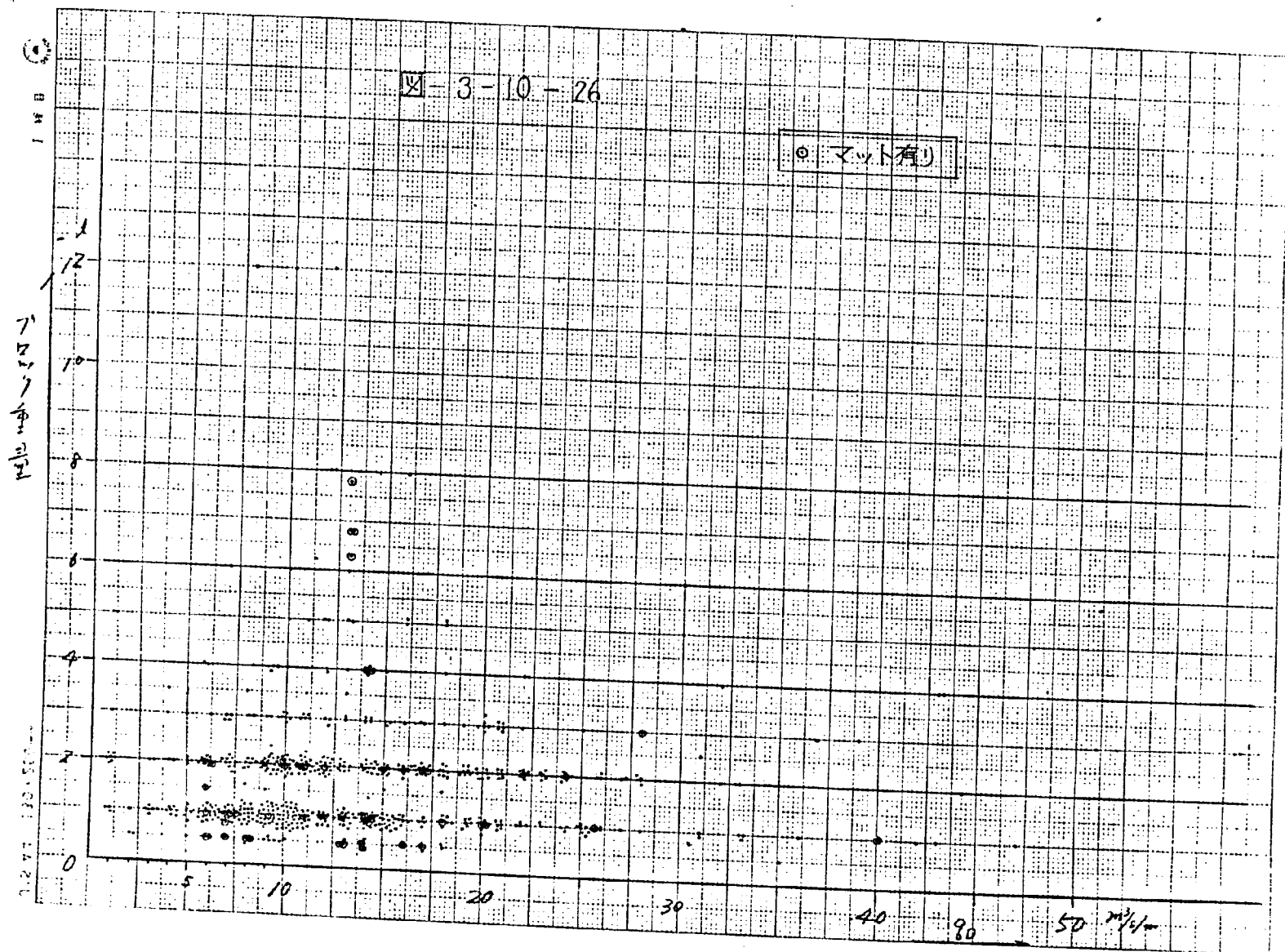


○ 結線有り

○ 結線有り

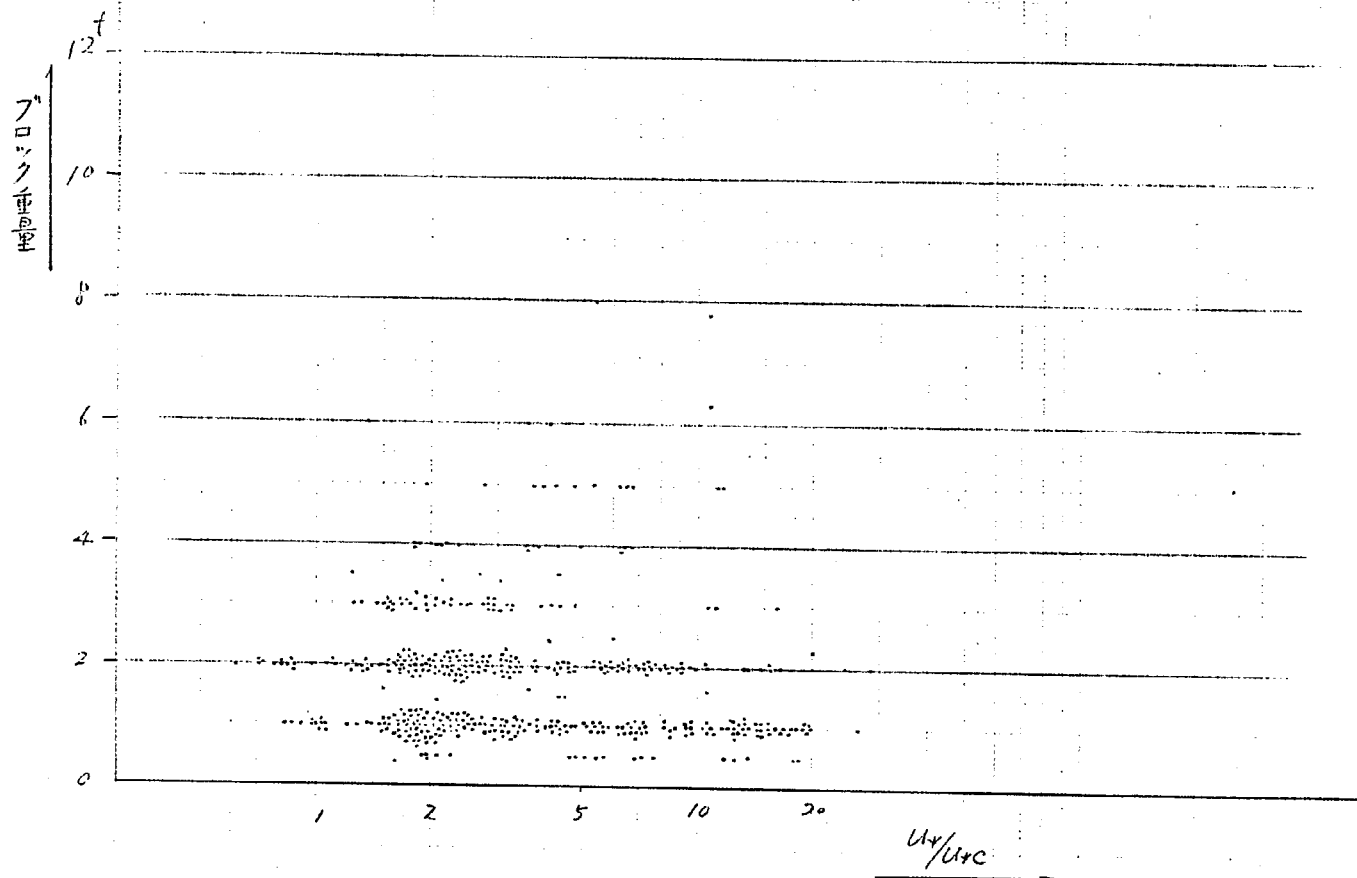
フクロノ重子量

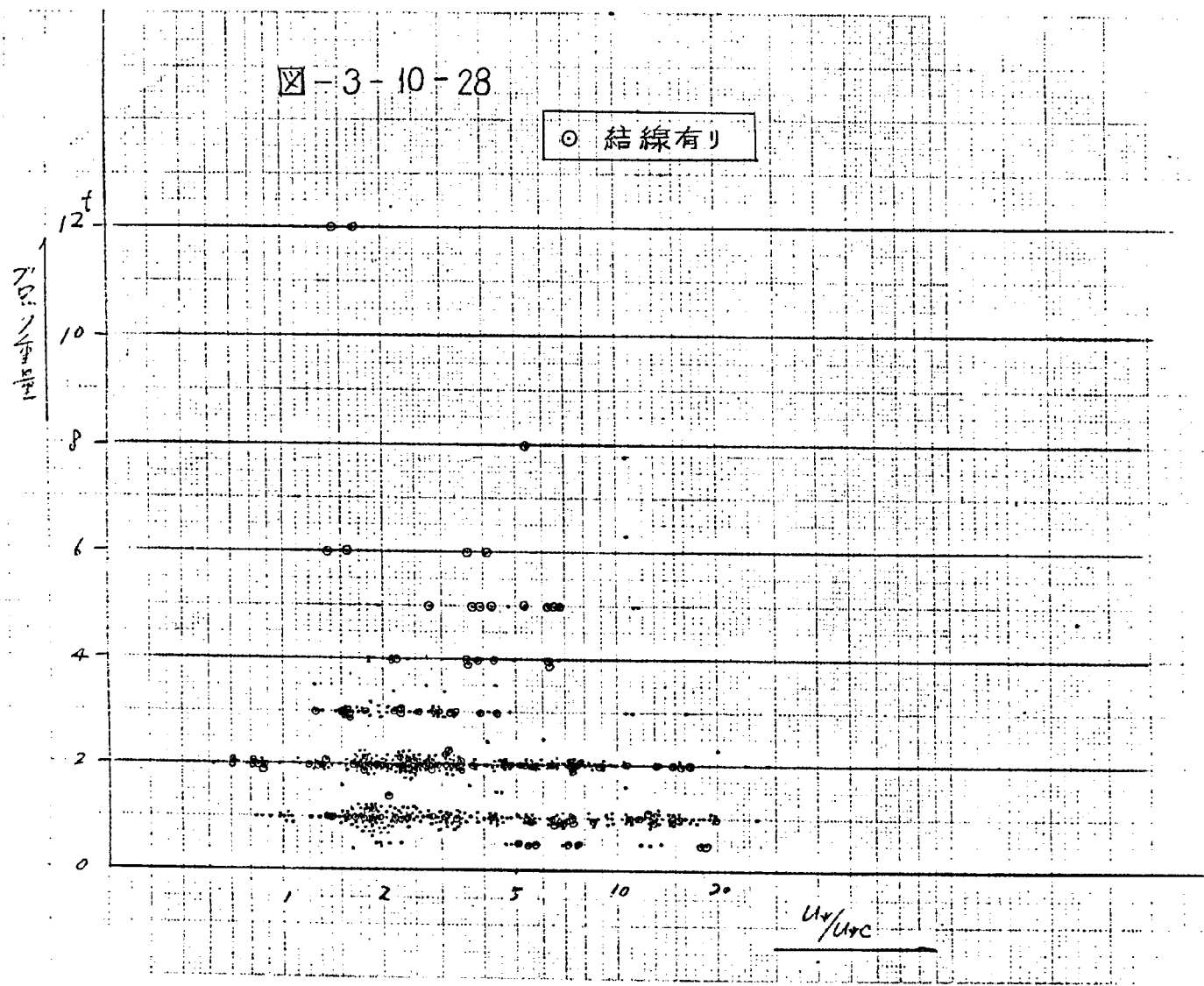
112-1130450-3

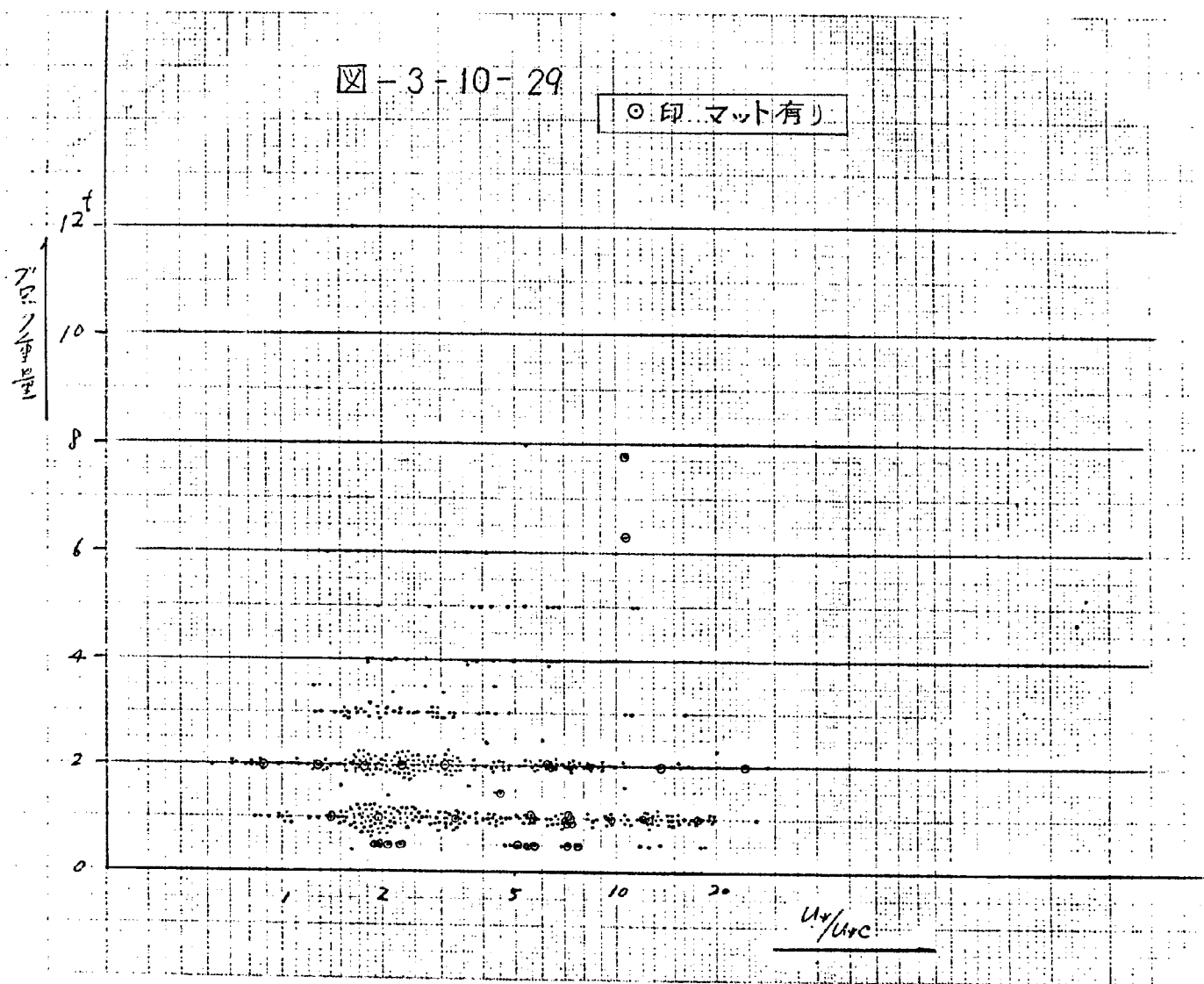


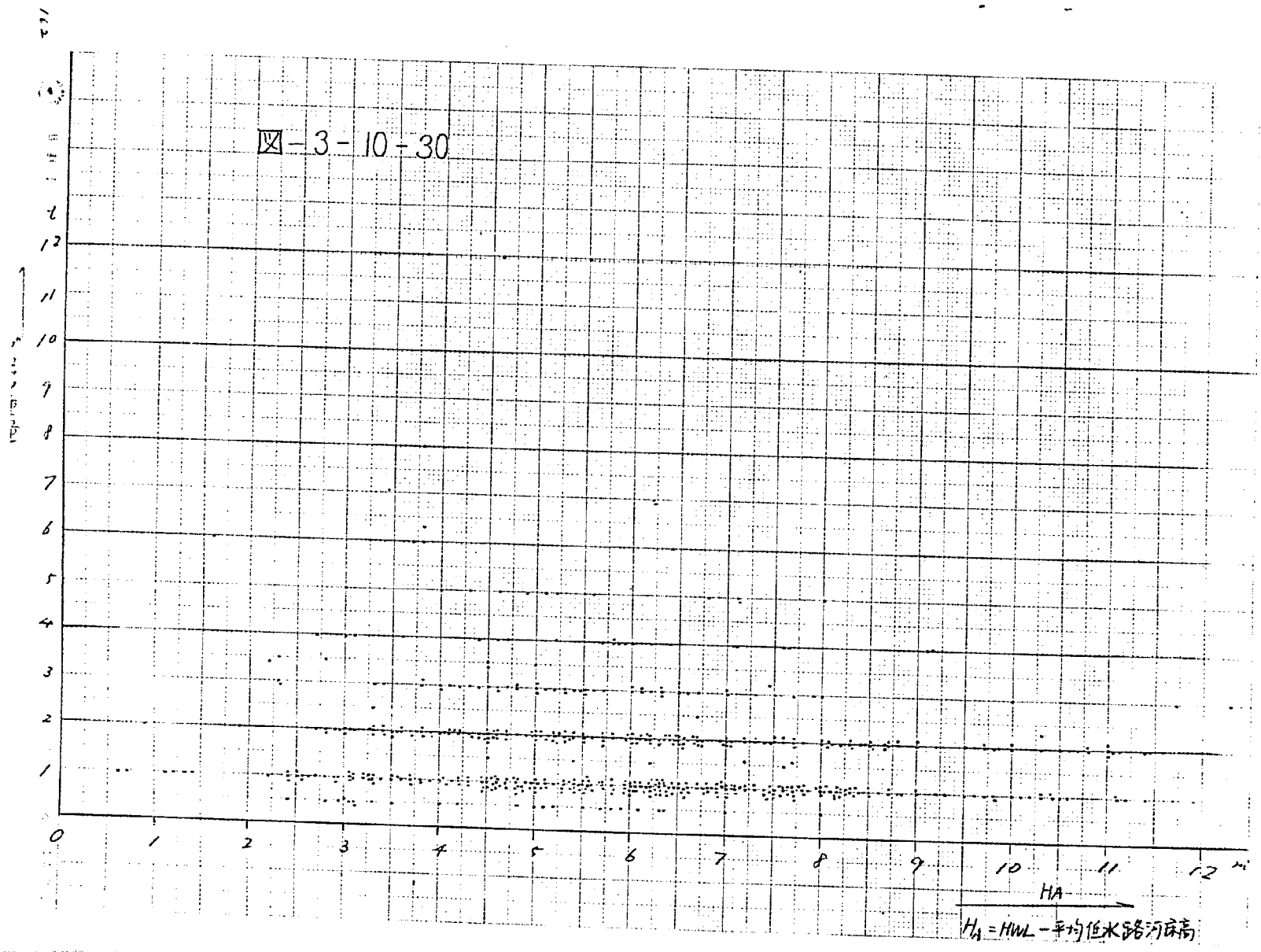
651

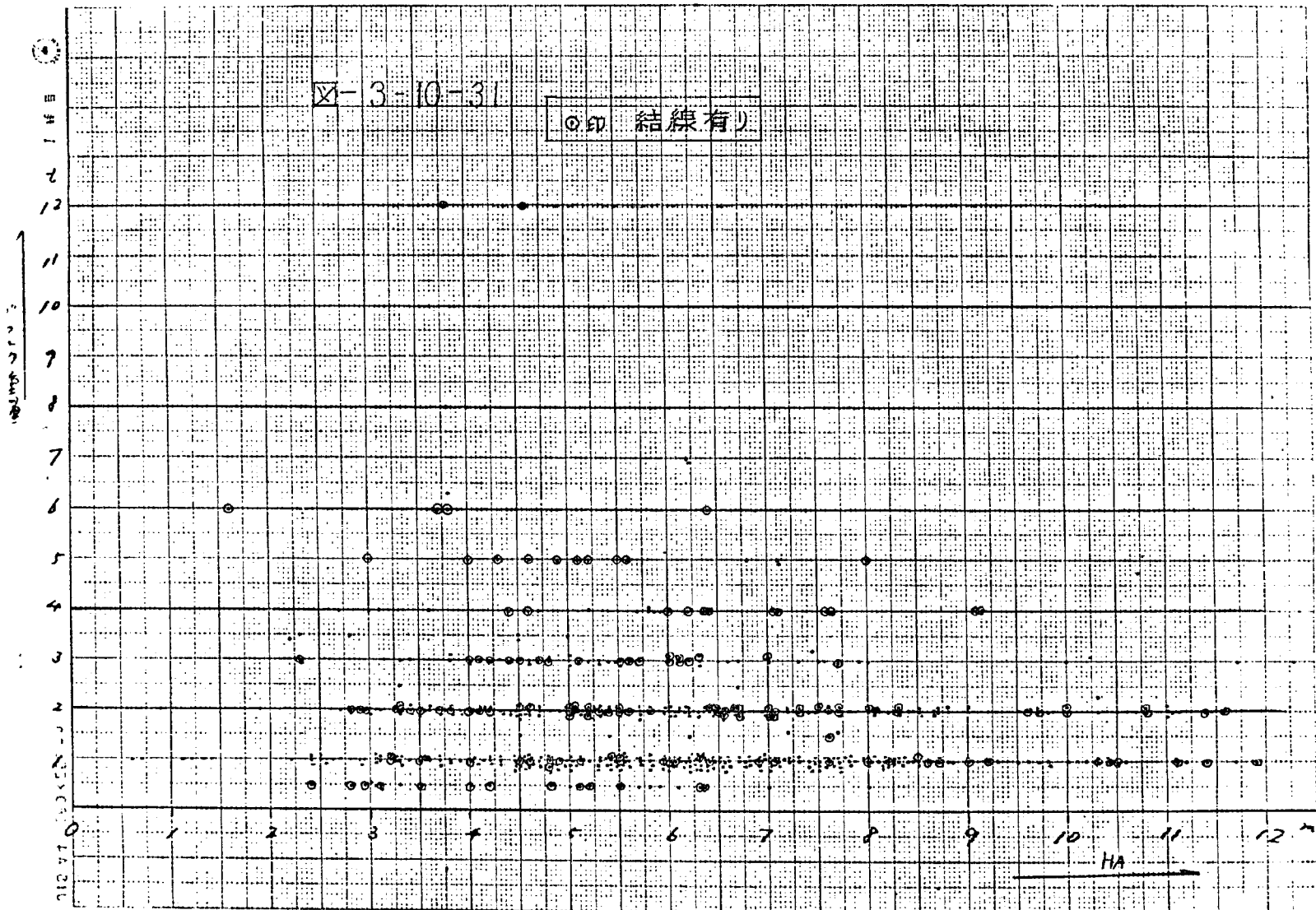
☒-3-10-27



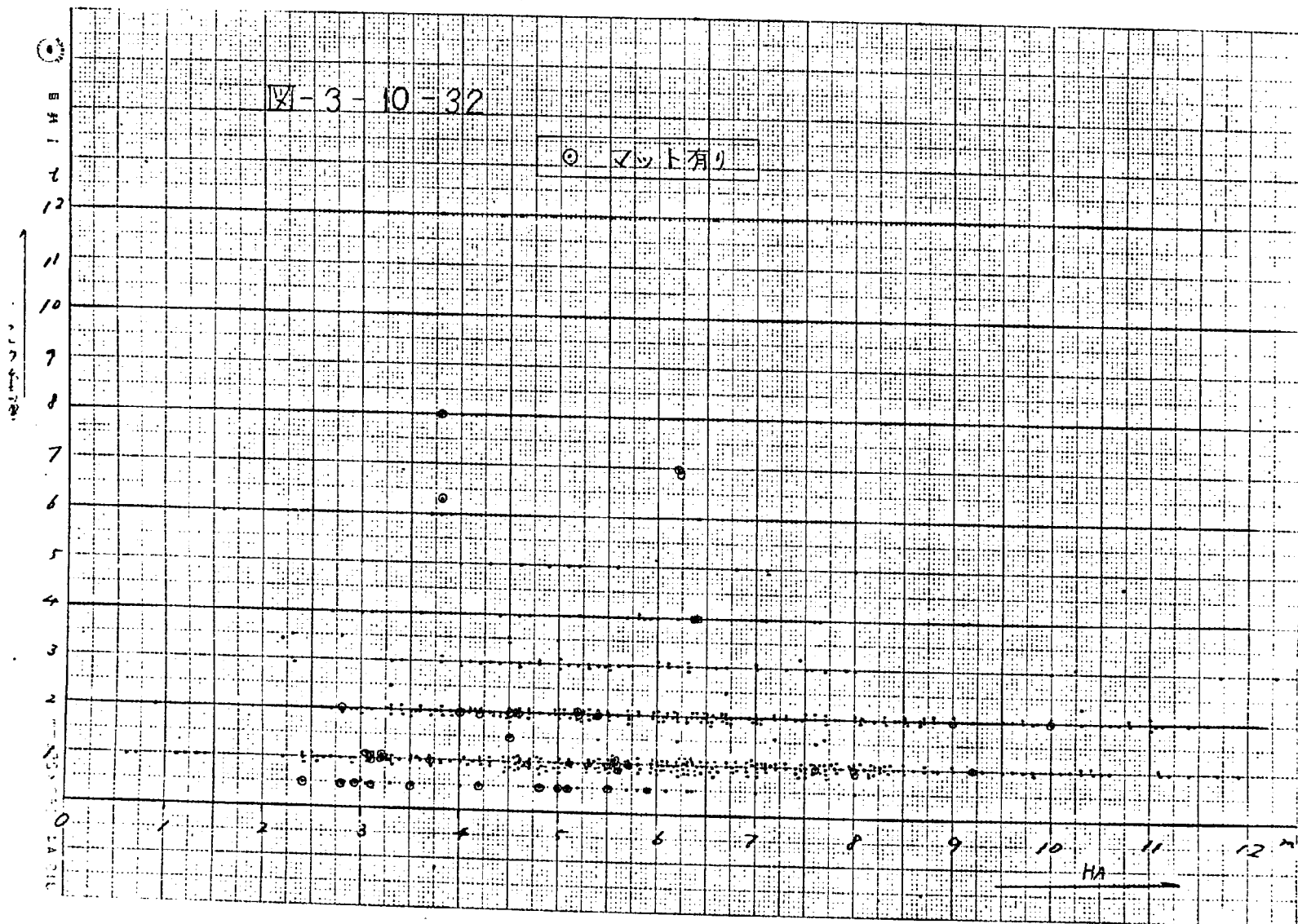








$H_A = H_{WL} - \text{平均水深 (m)}$



$$H_A = H_{WL} - \text{平均水深 (m)}$$

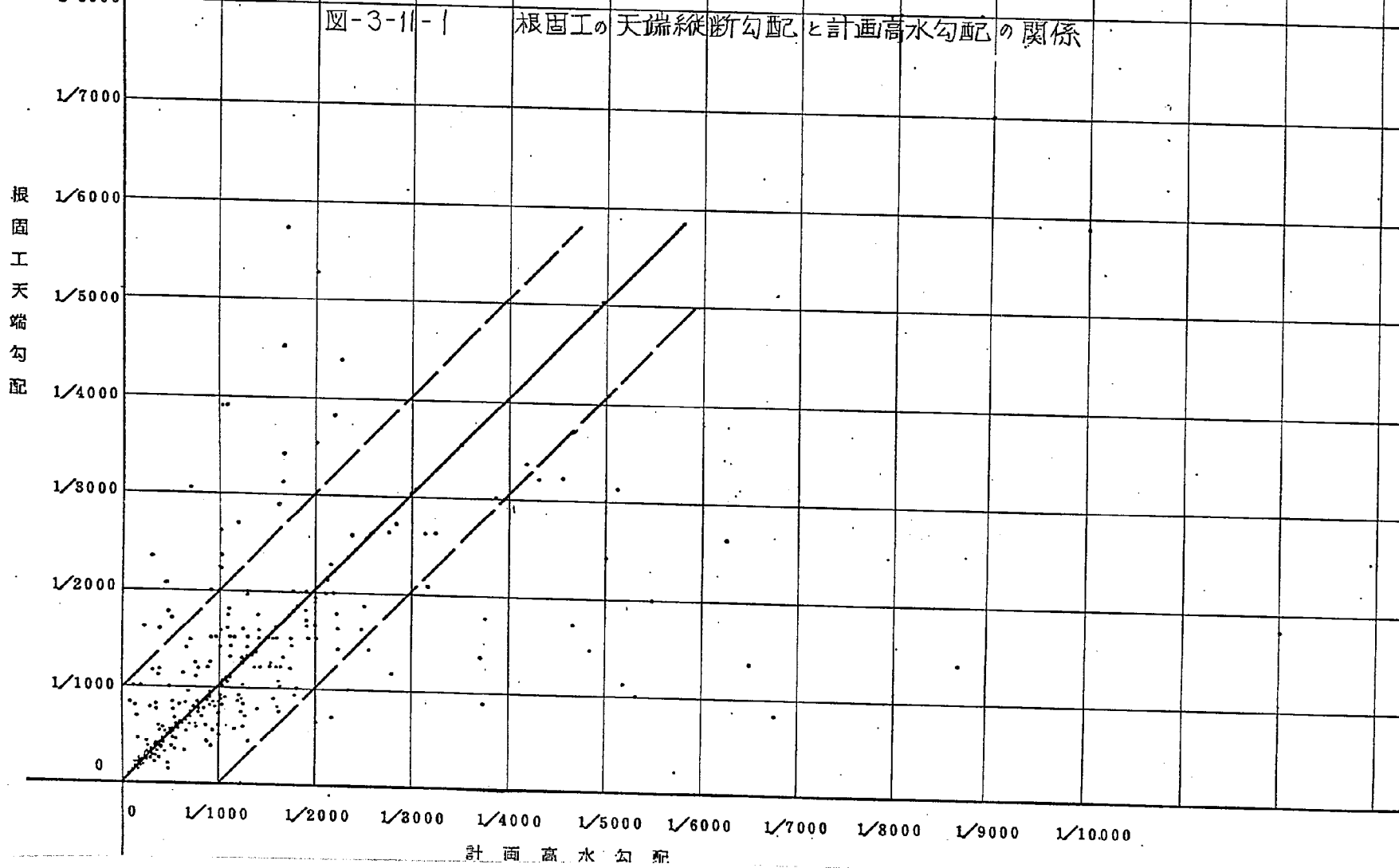
表-3-11-1

根固工のてんば縦断勾配とID(計画高水勾配)の関係

	件 数	備 考
根固工のてんばの縦断勾配がIDと同じもの	266件	33%
〃 同 じ で な い も の	540	67%
計	806	

	件 数	備 考
根固工のてんばの縦断勾配がIDよりも大きいもの	549件	68%
〃 小 さ い も の	257	32%
計	806	

5771



河川護岸根固工コンクリートブロックの集計調査

土研資料第 1345 号
昭 53 年 2 月 (1978)

馬 場 洋 二

キーワード 河川護岸根固工ブロック

要 旨

全国で 806 件の河川護岸固工ブロックに関するアンケート調査を
各設計諸元について集計し考案したものである。



郵便はがき

二十円切手
をはって
下さい

3 1 4 - 0 2

茨城県鹿島郡神栖町
木崎 一九五
建設省土木研究所
鹿島試験所 御中

No. 28

No. 28

配布先氏名

配布先住所

