

I S S N 0386—5878

土研資料 第1834号

12



土木研究所資料

ダムの安全管理

昭和57年5月

建設省土木研究所ダム部

Copyright © 1982 by P.W.R.I.

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

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

は　じ　め　に

ダムは社会的に高度の安全性を要求される構造物であるから、もとより設計施工に際しては、技術の英知を結集して慎重に行われているわけであるが、ダム完成後においても真摯にダムの挙動を観察し、万が一にも決壊事故のないようにダムの安全管理には心をくだく必要がある。我が国におけるダムの決壊事故は皆無に等しいが、不幸にして外国で起きた少なからぬダムの事故の多くのものには、事故発生以前に漏水量や変形等の急激な変化が生じたことが報告されている。このような事実は適切なダムの挙動の観察と有事における迅速な対応とで大半の事故は防げることを示しており、日常の安全管理の重要性を示唆するものでもある。

現在建設省関係で管理中のダムは221ダム（56年度現在）に及ぶが、省力化時代を迎えて小人数による適切な管理を要求されているのが実情である。このような中で、ダム管理という重要で社会的にも正確さが要求される作業の中の一部門である安全管理についても効率的な対応が必要となっている。この効率的ということに関して、ダムの管理所から計測に関する相談を受けた際に気がつく現状の問題点として、

- ① 必ずしも必要でない計測を実施して、効率的な管理が行われていない場合があること。
- ② 計測されたデータの整理が必ずしも適切でなく、ダムの状態を適格に知り得ない場合があること。

の2点がある。そこで、より適切で効率的なダムの安全管理手法を示した小冊子を作成したものが本書である。本書がダムの安全管理を行う上で参考となれば幸いである。

昭和57年5月

建設省土木研究所

ダ　ム　部

目 次

1. 概 説	1
2. 計測項目	2
3. 計測頻度	4
4. 計測上の注意点	8
4.1 漏水量	8
4.2 変形量	8
4.3 揚圧力または間隙水圧	8
5. 計測データの整理	10
5.1 漏水量	10
5.2 変形量	13
5.3 揚圧力または間隙水圧	13
5.4 その他の計測項目	20
6. 計測データによる異常の有無の判定	21
6.1 漏水量	21
6.2 変形量	21
6.3 揚圧力または間隙水圧	26

1. 概 説

本書は、主として湛水後のダムの堤体および基礎岩盤の安全性を確認するために必要な一般的な計測項目とその整理方法、および計測データよりダム堤体および基礎岩盤の安全性を判断するための方法について述べたものである。試験湛水中のダムについても、本書に示す方法は同様に有効であると考えられるが、計測データの整理様式については、本書に示す様式よりも大きくかつ詳細な図面を作成して管理する必要がある。

なお、本書は安全管理のための計測を行う際の一般的な方法を示したものであり、各現場においてそのダムの特性に応じた計測、整理方法があれば、本書に述べる以外の計測、整理方法を行うべきであるのはもちろんのことではあるが、各ダム毎に安全管理の方法が一定していないのは、安全性を確認するための計測という本来の目的に照合してみれば不合理であり、また統一だった安全性の判断基準を確立するためにも好ましくないので、個々のダムの特性を考慮のうえ、本書に示す計測計画、計測方法、計測されたデータの整理方法を参考に安全管理を行っていただきたい。

2. 計測項目

ダム安全管理を行うためには、漏水量、変形量、揚圧力（間隙水圧）をはじめとして、応力、ひずみ、温度など種々の項目が測定され、また堤体等の巡視が行われる。しかし、これらの項目は必ずしも同一の重要度を有しているものでなく、したがって全てのダムでこれらの項目を測定する必要は必ずしもない。ダムの型式、規模に関して測定することが望ましい項目を整理すると表一1のようになる。

表一1 安全管理のための計測項目

項目 型式	漏水量	変形量	揚圧力 または 間隙水圧	浸潤線	温度	応力 または 土圧	ひずみ または せん断変位	巡視による 堤体等の 状況	地震
重力式 コンクリートダム	◎	◎	◎	—	△	△	△	◎	○
アーチ式 コンクリートダム	◎	◎	◎	—	◎	○	△	◎	○
ロックフィルダム	◎	◎	◎	—	—	△	△	◎	○
アースダム	◎	◎	◎	◎	—	△	△	◎	○

(注) ◎は必要不可欠な計測項目

○は比較的重要な計測項目

△は大規模なダム等において計測が望ましい計測項目

表一1のうち、漏水量、変形量、揚圧力（間隙水圧）、浸潤線、巡視による堤体等の状況の把握はダム堤体および基礎岩盤の安全性を確認するうえで、最も重要でかつ確実な方法であるため、全てのダムで計測または実施することが望ましい。またアーチダムにおいては、温度変化による撓みないしは応力が大きな値を示すため、温度を併せて計測しておく必要がある。

応力、ひずみ等の計測は、その精度が必ずしも良好でないこと、また特定の計測値のみが異常を示しても、必ずしもダム全体の安全性に影響を及ぼすものでないこと等の理由から、大規模なダム、重要なダム等を除いては特に計測の必要はない。また、万が一、このような異常がダム堤体および基礎岩盤全体の安全性に影響を及ぼすものである場合には、当然変形量などの必要不可欠な計測項目にも異常が現われるため、これらの計測を省略することによってダムの安全管理を軽んずるものでもない。

堤体等の状況の巡視は、計測には該当しないが、特に漏水のにじりの有無、堤体のひびわれ等はダム堤体および基礎岩盤の安全性を判断するために重要な項目であるため、ここに明記したものである。

地震の計測は、他の計測と比べてその目的が異なり、地震が発生した場合に、ダムに異常が生じたか否かを確認するための計測及び巡視を行う必要性の判断基準として用いられるものである。なお、地震計については、安全管理のための計測のほか、今後のダムの設計資料とするため、構造解

折用に供するため等、その他の理由でその設置が望まれる場合が特に多いので注意を要する。

3. 計測頻度

安全管理のための計測は、ダム堤体および基礎岩盤に異常が生じた場合に、直ちにそれを確認できるように頻繁に行わなければならないが、また不必要なまでに頻度を高めて測定する必要もない。

ダム堤体および基礎岩盤の安定性はダムの型式、規模、湛水後の年数等によって当然異なってくるものであるから、計測頻度はこれに応じて定めるのが妥当と考えられる。

また前述のように、各計測項目についてもダム堤体および基礎岩盤の安全性に対する評価方法が異なるため、計測頻度は計測項目に応じて変化することが妥当と考えられる。

ダム堤体および基礎岩盤の安全性を判断する場合、ダムの完成後の年数に応じて次の3つの時期に分けることができる。

- (1) 湛水開始から満水以後所要期間を経過するまで（第1期）
- (2) 第1期経過以後、ダムおよび基礎岩盤の挙動が定常状態に達するまで（第2期）
- (3) ダムの挙動が定常状態に達した以降（第3期）

なお、ここにいう定常状態とは、貯水位、堤体の温度等の外的要因を一定とした場合に、計測されたデータがほぼ一定値となる状態をいうものとする。

計測の頻度は各時期に対して表-2を標準とすることが望ましい。

表-2 安全管理のための計測頻度

(1) ダム完成後から初めての満水を経てダムが正常の機能を発揮するまで(試験湛水中)

……………第1期に相当

項目 型式	漏水量	変形量	揚圧力 または 間隙水圧	浸潤線	温度	応力 または 土圧	ひずみ または せん断変位	巡視による 堤体等の 状況
重力式 コンクリートダム	1回/ 1日	1回/ 1日	1回/ 1日	—	1回/ 7日	1回/ 7日	1回/ 7日	1回/ 1日
アーチ式 コンクリートダム	1回/ 1日	1回/ 1日	1回/ 1日	—	1回/ 3.5日	1回/ 7日	1回/ 7日	1回/ 1日
ロックフィルダム	1回/ 1日	1回/ 7日	1回/ 1日	—	—	1回/ 7日	1回/ 7日	1回/ 1日
アースダム	1回/ 1日	1回/ 7日	1回/ 1日	1回/ 1日	—	1回/ 7日	1回/ 7日	1回/ 1日

注) 1回/3.5日は週2回の意である。

(2) 湛水後5年まで………第2期に相当

項目 型式	漏水量	変形量	揚圧力 または 間隙水圧	浸潤線	温度	応力 または 土圧	ひずみ または せん断変位	巡視による 堤体等の 状況
重力式 コンクリートダム	1回/ 7日	1回/ 7日	1回/ 7日	—	1回/ 1月	1回/ 1月	1回/ 1月	1回/ 1月
アーチ式 コンクリートダム	1回/ 7日	1回/ 7日	1回/ 7日	—	1回/ 0.5月	1回/ 1月	1回/ 1月	1回/ 1月
ロックフィルダム	1回/ 7日	1回/ 1月	1回/ 7日	—	—	1回/ 1月	1回/ 1月	1回/ 1月
アースダム	1回/ 7日	1回/ 1月	1回/ 7日	1回/ 7日	—	1回/ 1月	1回/ 1月	1回/ 1月

(3) 湛水後5年以降………第3期に相当

項目 型式	漏水量	変形量	揚圧力 または 間隙水圧	浸潤線	温度	応力 または 土圧	ひずみ または せん断変位	巡視による 堤体等の 状況
重力式 コンクリートダム	1回/ 1月	1回/ 1月	1回/ 1月	—	—	—	—	1回/ 1月
アーチ式 コンクリートダム	1回/ 1月	1回/ 1月	1回/ 1月	—	1回/ 1月	—	—	1回/ 1月
ロックフィルダム	1回/ 1月	(1回/ 3月)	1回/ 1月	—	—	—	—	1回/ 1月
アースダム	1回/ 1月	(1回/ 3月)	1回/ 1月	1回/ 1月	—	—	—	1回/ 1月

注) () 内の項目は状況に応じて測定間隔を延ばすことができる。

(4) 計測項目に異常が生じたと思われる場合。(異常でないことが確かめられるまで、または適切な処置が行われ正常な状態が回復するまでの期間)

項目 型式	漏水量	変形量	揚圧力 または 間隙水圧	浸潤線	温度	応力 または 土圧	ひずみ または せん断変位	巡視による 堤体等の 状況
重力式 コンクリートダム	1回/ 1日	1回/ 1日	1回/ 1日	—	1回/ 7日	1回/ 1日	1回/ 1日	1回/ 1日
アーチ式 コンクリートダム	1回/ 1日	1回/ 1日	1回/ 1日	—	1回/ 3.5日	1回/ 1日	1回/ 1日	1回/ 1日
ロックフィルダム	1回/ 1日	1回/ 7日	1回/ 1日	—	—	1回/ 1日	1回/ 1日	1回/ 1日
アースダム	1回/ 1日	1回/ 7日	1回/ 1日	1回/ 1日	—	1回/ 1日	1回/ 1日	1回/ 1日

注) 異常の定義については第4章を参照されたい。

(5) 洪水調節終了後1週間の期間

項目 型式	漏水量	変形量	揚圧力 または 間隙水圧	浸潤線	温度	応力 または 土圧	ひずみ または せん断変位	巡視による 堤体等の 状況
重力式 コンクリートダム	1回/1日	1回/1日	1回/1日	—	1回/7日	*	*	1回/1日
アーチ式 コンクリートダム	1回/1日	1回/1日	1回/1日	—	1回/7日	(1回/7日)	(1回/7日)	1回/1日
ロックフィルダム	1回/1日	*	1回/1日	—	—	*	*	1回/1日
アースダム	1回/1日	*	1回/1日	1回/1日	—	*	*	1回/1日

注) 自動計測を行っていないダムについては、洪水調節終了後を、洪水調節に係わる業務に十分な余裕が生じた時点以降と読み直してよい。

注) () 書きは計測が望ましい項目である。

注) * については(1)～(3)の該当期間における計測頻度を維持すればよい。

(6) 地震発生後1週間の期間

項目 型式	漏水量	変形量	揚圧力 または 間隙水圧	浸潤線	温度	応力 または 土圧	ひずみ または せん断変位	巡視による 堤体等の 状況
重力式 コンクリートダム	1回/1日	1回/1日	1回/1日	—	1回/7日	*	*	1回/1日
アーチ式 コンクリートダム	1回/1日	1回/1日	1回/1日	—	1回/7日	(1回/7日)	(1回/7日)	1回/1日
ロックフィルダム	1回/1日	*	1回/1日	—	—	*	*	1回/1日
アースダム	1回/1日	*	1回/1日	1回/1日	—	*	*	1回/1日

注) ここでいう地震とは当該ダムに係わる地域における気象庁の震度階が4以上の地震またはダム地点に設置した地震計の震度が設計震度の1/3以上の地震をいう。

注) () 書きは計測が望ましい項目である。

注) * については(1)～(3)の該当期間における計測頻度を維持すればよい。

表-2のうち、湛水後5年は一応ダム堤体および基礎岩盤が定常状態に達する時期と考えたものであって、湛水後5年を経てもダム堤体または基礎岩盤が定常状態に達しない場合には、その後も引続いて同じ頻度の計測を行うことが望ましい。また湛水後5年を経なくても、ダム堤体および基礎岩盤が定常状態に達したことが明らかな場合には、計測頻度を第3期の状態まで少なくしてもよい。なお、洪水調節終了後の計測を設けたのは、ダム堤体および基礎岩盤がそのような荷重状態を経験する機会が少ないため、その安全性に対する確信が他の状態よりも少なく、したがって試験湛水に

準じて測定することが望ましいと考えられるためである。

各計測項目に対する計測は、必ずしも全ての計器に対して行う必要はなく、特に第2期後半および第3期においては、計測点の個数を減じることが可能であり、また不要な計測を避けることが合理的な安全管理を行う上で好ましくもある。計測を省略できる項目としては以下のものがあげられる。

- (1) 安定状態に達したかまたは計測の精度が疑わしい応力または土圧計、ひずみまたはせん断変位計、温度計の一部または全部。
- (2) 変形量、応力の計測に直接関係のない位置に埋設された施工管理用温度計、または他の計測点の計測データで十分代用ができと思われる温度計。
- (3) 安定状態に達し、かつ漏水の少ない漏水量計、または揚圧力または間隙水圧計の一部。
- (4) 安定状態に達したフィルダムの変形計測用の内部沈下計や外部標的の一部。

なお、表-2は安全管理を目的とした計測に対して示したものであり、その他構造解析のための計測等を行う場合には、その計測頻度が変化することも十分ありうるし、またそれが一般である。

4. 計測時の注意点

ダムの安全管理を行うためには、漏水量、変形量、揚圧力（間隙水圧）等の計測が必要となるが、これらの計測が正しく行われていなければ、ダムの安全性を適格に判断することはできない。正しい計測を行うためには、次の点に注意しなければならない。

- (1) 計測機器を常に良好な状態に保つこと。またそのために必要な保守管理を行うこと。特に、遠隔操作により漏水量、変形量、揚圧力（間隙水圧）等の計測を行っている場合には、回路系統の異常、キャリブレーションの異常の有無を定期的に検査すること。
- (2) 計測の際、計器誤差、計測誤差が極力小さくなるように計測方法を工夫すること。
- (3) 計測値が安定した状態で計測を行うこと。

以下、主要な計測項目について、注意すべき点を示す。

4.1 漏水量

漏水量の計測は三角堰を利用することが多いが、三角堰に遊離石灰が付着した場合、またはナイフエッジが破損したり摩耗した場合には、正確な計測が行えないので注意を要する。特に、遠隔操作により自動計測にしている場合、これらの異常を見落すことが多い。また、漏水孔などが遊離石灰等で目づまりして、みかけ上漏水量が徐々に減少していくこともあるので注意を有する。

各漏水孔の漏水量はメスシリンダ等を用いて計測するのが一般であるが、漏水量が多くて容器がすぐに満杯になってしまう場合には、大きな容器を用いるなどして、計測の際に生じる誤差を極力避ける必要がある。

フィルダムの浸透流の計測孔や揚圧力（間隙水圧）の計測と孔を共用している計測孔などでは、バルブを開けた直後は一時的に大きな流量が得られることがあるので、流量が安定した状態になった後、計測を行うことが必要である。またパイピングの可能性の高い個所では、バルブの開閉による衝撃でかえってパイピングを誘発させる恐れがあるので、このような計測孔では計測頻度を減じるか、また場合によっては揚圧力（間隙水圧）のみによって管理するなどの方法が必要になることがある。

4.2 変形量

変形量の計測は極めて微妙な計測であり、その計測に対しては特に注意を要する。特にブラムラインによる計測は、わずかな風によって振子が振動することがあるので、現地で計測を行う場合には、扉の開閉には十分注意し、安定した状態で計測を行う必要がある。また遠隔操作によって自動計測を行っている場合には、データにバラツキがないかを確認する必要がある。

4.3 揚圧力または間隙水圧

揚圧力（間隙水圧）の計測はブルドン管または間隙水圧計を用いて行われる。ブルドン管を用い

て計測を行う場合には、漏水量の計測を兼ねることが多いが、漏水量の計測後、バルブを締めても、直ちに揚圧力（間隙水圧）が一定となることはまれで、極端な場合、揚圧力（間隙水圧）が安定するまで一日以上かかることもある。したがって、安定状態に達するまでに要する時間をあらかじめ求めておくことが必要である。ただし、安全管理を行うためには必ずしも安定した状態まで計測を待つ必要はなく、計測までの時間を一定としておけば事足りることが多い。同様に隣接孔のバルブの開閉状態も計測結果に影響を与えるため、計測時の状況は常に統一しておくことが必要である。

間隙水圧計による揚圧力（間隙水圧）の計測を行う場合には、フィルタの目づまりによって徐々に間隙水圧が小さくなっていく場合があるので注意を要する。

5. 計測データの整理

計測されたデータを安全管理の目的に有効に供するためには、計測されたデータを適切な方法で処理する必要がある。後で再び正確なデータを利用できるように計測されたデータを作表して整理しておくことは必要不可欠ではあるが、ダム堤体および基礎岩盤の異常を即座に判断するためには作表されたデータだけでは不十分であり、適切な図化を行うことが有効である。

計測されたデータを図化するに際しては、時系列（時間）的に整理する方法と水位等その他の項目との相関を描く方法の2つが考えられる。

時系列（時間）的に整理する方法は、ダム堤体および基礎岩盤の挙動の変化を視覚的にとられるには優れた方法といえるが、水位等の外的要因が変化している場合、異常を適格にまた早期に発見するのが比較的困難な場合が多い。

水位等その他の項目との相関を描く方法は、適切な相関する項目を採用すれば、ダム堤体および基礎岩盤の異常を適格にまた早期に発見できるが、たとえばアーチダムの変形量等のように、水位および温度等の複数の項目の影響を受ける場合には、その判断がむずかしくなることがある。

以下、各計測項目に対して計測されたデータの整理方法を示す。

なお、図化のための様式については巻末の計測データの整理様式を参考にされたい。

5.1 漏水量

漏水量の計測には、個々の漏水量の計測と全漏水量の計測の2つがあるが、一般に安全管理のための計測データの整理は、全漏水量と相対的に漏水量の多い計測孔の漏水量とを図化すればよい。その他漏水量の少ない計測孔の漏水量については状況に応じて図化を省略することができる。なお全漏水量の計測は1つにまとめず、左岸部、河床部、右岸部などのようにいくつかのブロックに分割しておくことが、万が一異常を生じた場合にその場所を早期に確認するうえで好ましい。なお、コンクリートダムの場合、基礎岩盤からの漏水と継目からの漏水は区別して整理しておくことが好ましい。

漏水量の計測データの図化例を図-1および図-2に示す。図-1は漏水量を時系列（時間）的に整理したものであり、漏水量が雨量によって影響されるかどうかを確認するため、日雨量をあわせて記録したものである。日雨量の計測は一般にフィルダムに対して必要となる。図-2は漏水量と貯水位の相関関係を整理したものである。

なお、図-1に示した漏水量と時間の関係を表わした図面は、1年毎に新たな用紙に整理することが好ましい。また図-2に示した漏水量と貯水位の関係を表わした図面は、1年毎に折線の色や記号を変えるなどの方法によって、同一用紙に数年間のデータを図化し、経年的な変化が読み取れるように配慮することが望ましいが、グラフが複雑になって読み取りが困難になってきた場合には新たな用紙を用いて整理する。また図-2においては、第1期といえども毎日の計測データを全て図上に示す必要はなく、別紙に計測データを作成しておけば、図面が複雑になるのをさけるため、

漏水量測定様式2

漏水量(時系列)

ダム名: ○ ○ ダム

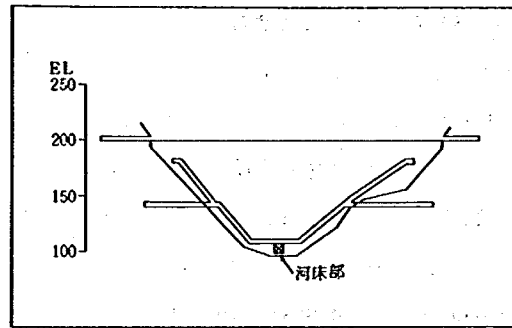
測定点: 河床部

(全, 区間 孔) 漏水量

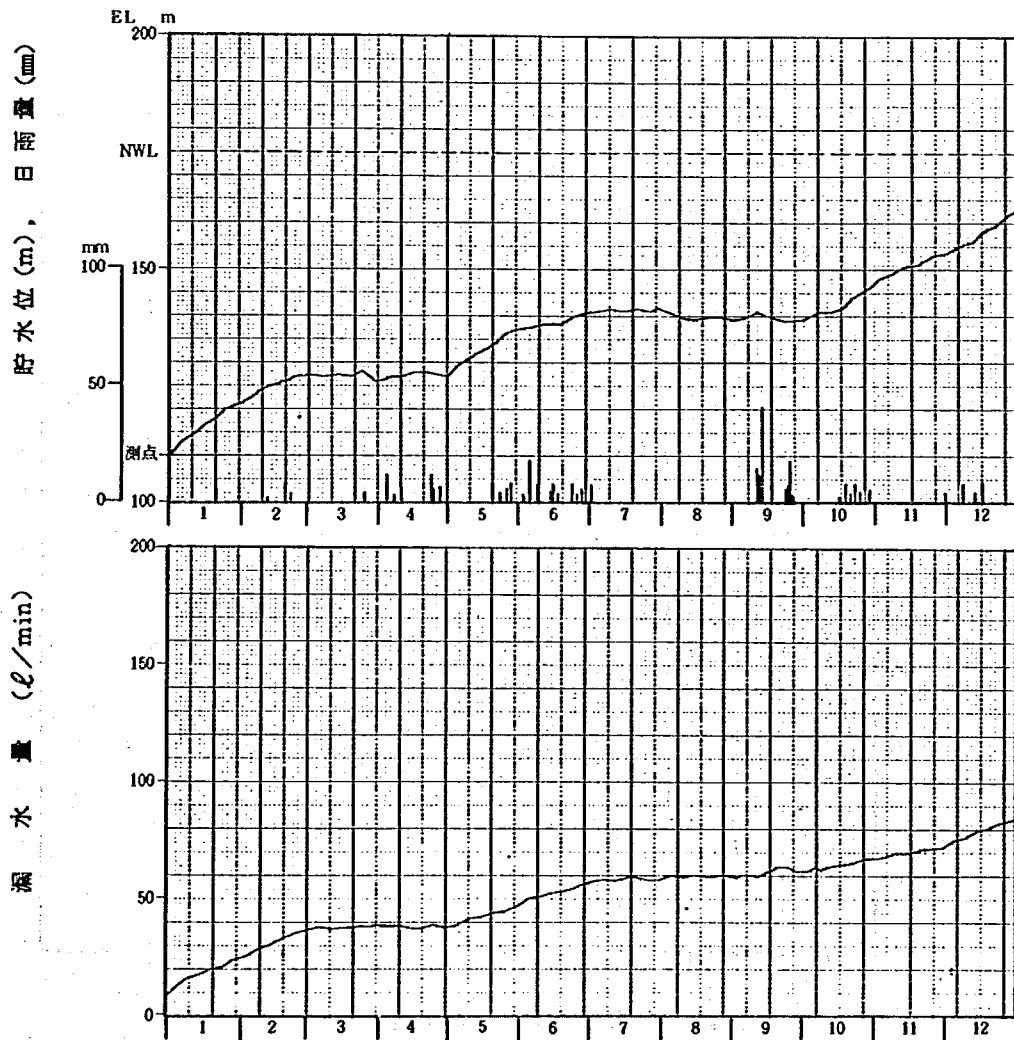
測定期間: 自 S56 年 1 月

至 S56 年 12 月

湛水開始: • S55 年 12 月



測定位置概要図



(昭和56) 年

注) 1. グラフ中に常時満水位等および漏水孔の設置標高を明記すること。

図-1 漏水量計測データの図化例

漏水量測定様式 1

漏水量 (貯水位との相関)

ダム名: ○ ○ ダム

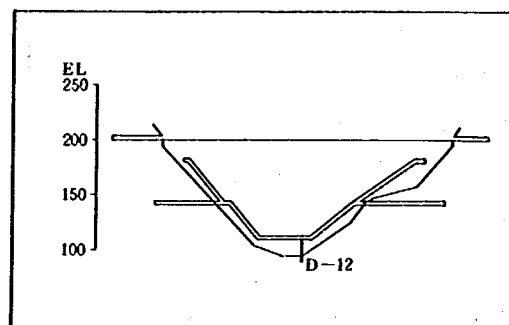
測定点名: D-12

(全, 区間, ○) 漏水量測定

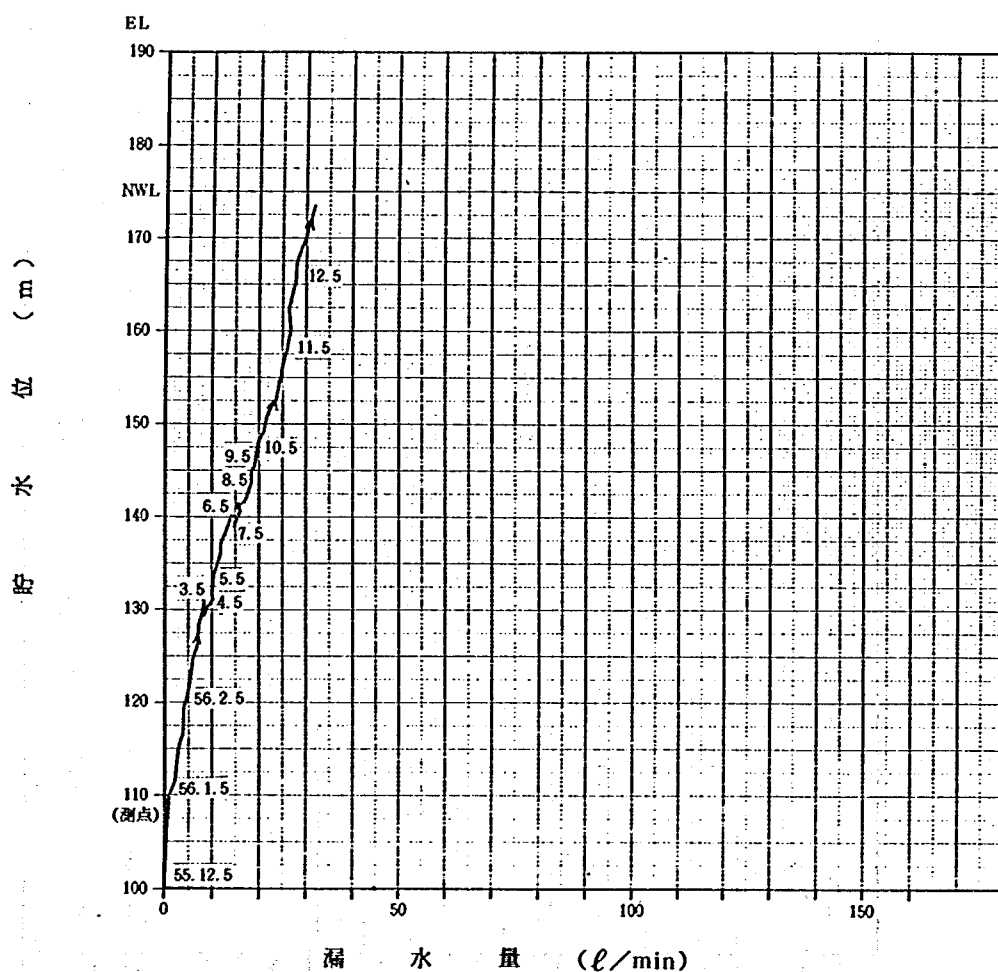
測定期間: 自 S55 年 12 月

至 S56 年 12 月

湛水開始: S55 年 12 月



測定位置概要図



- 注) 1. 漏水量の経時変化がわかるようにグラフには矢印を併記すること。
 2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
 3. グラフ中に常時満水位等および漏水孔の設置標高を明記すること。

図-2 漏水量計測データの図化例

水位や漏水量の変動を考慮したうえ、たとえば1週間当りに1点程度の計測データを図化すれば十分である。なお、季節変動を理解するため、図中には定期的に計測年月日を明記する必要がある。

5.2 変形量

変形量の計測において、アーチ式コンクリートダムにおけるブラムラインのように多段式の測定機械を用いて計測を行っている場合には、各測定間の相対変位よりも、固定点（基準点）に対する絶対変位について整理しておくことが望ましい。

変形量の計測データの図化例を図-3、図-4および図-5に示す。図-3は変形量を時系列（時間）的に整理したものであり、変形量がダム堤体の温度変化によって影響されるかどうかを確認するため、ダム堤体の温度変化にあわせて記録したものである。温度の図化はコンクリートダムに対してのみ行えばよい。また温度の計測点としては、変形量を計測する断面付近に埋設した高さ方向に2～3個の温度計を用いることが理想であるが、重力式コンクリートダムにおいては下部標高の温度変化はほとんど生じないため、上部標高に埋設した温度計を用いればよく、アーチ式コンクリートダムでは平均的な温度を代表する中部標高に埋設した温度計を用いれば十分であると思われる。計測点としては、外気温の変化を直接受けやすい上、下流面付近の温度計を用いず、断面内部の温度計を用いるべきである。なお、さらに厳密な計測を行うためには、上、下部標高の温度計および上、下面付近の温度計の計測結果も併せて図化する必要がある。

図-4は変形量と貯水位の相関関係を整理したものである。

図-5はフィルダムにおいて経年的なクリープ変形量の変化を整理したものである。図化は年に1回、貯水位をほぼ一定とした条件のもとに行えばいい。

なお、その他図化の要領については「5.1 漏水量」の項を参照されたい。

5.3 揚圧力または間隙水圧

揚圧力（間隙水圧）の計測は圧力（ kg/cm^2 ）の単位で計測されるが、貯水位との相関を確認するためには、これを水頭（m）で表わした方が理解しやすい。

揚圧力（間隙水圧）の計測データの図化例を図-6および図-7に示す。図-6は揚圧力（間隙水圧）を時系列（時間）的に整理したものであり、図-7は揚圧力（間隙水圧）と貯水位との相関関係を整理したものである。

なお図化の要領については「5.1 漏水量」の項を参照されたい。

また上下流方向の揚圧力（間隙水圧）の分布が求められるように計器が配置されている場合には、その分布図を整理しておくことが望ましい。この場合、同一貯水位で整理するか、静水圧に対する百分率で整理するものとする。揚圧力（間隙水圧）の分布図の例を図-8に示す。

変形量測定様式2

変形量(時系列)

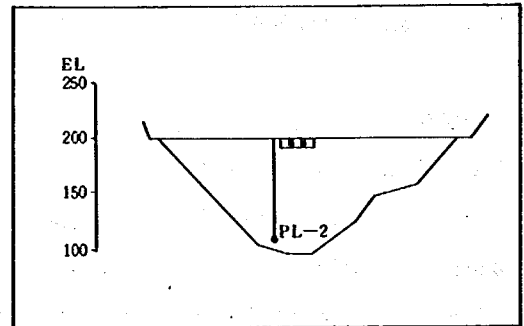
ダム名: 〇 〇 ダム

測定点名: P L-2

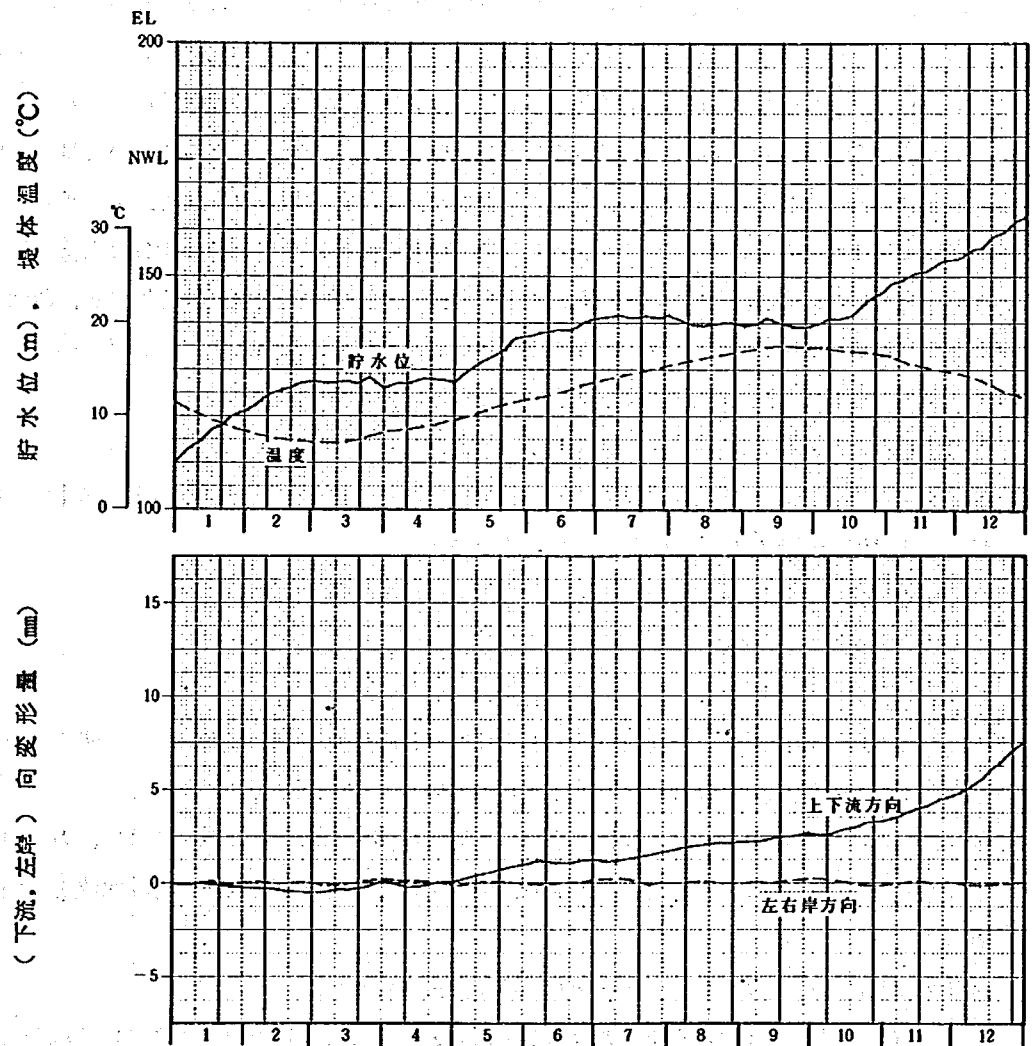
測定期間: 自 S56 年 1 月

至 S56 年 12 月

湛水開始: S55 年 12 月



測定位置概要図



(昭和56) 年

- 注) 1. 堤体温度は堤体の平均温度を代表している測点の値を記入すること。
 2. 変形量は測定した全成分に対して記入すること。
 3. グラフ中に常時満水位等を明記すること。

図—3 変形量の計測データの図化例

変形量測定様式 1

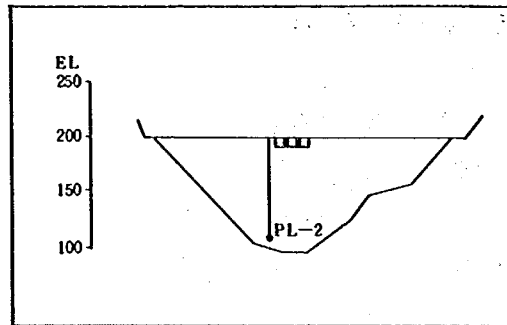
変形量 (貯水位との相関)

ダム名: ○ ○ ダム

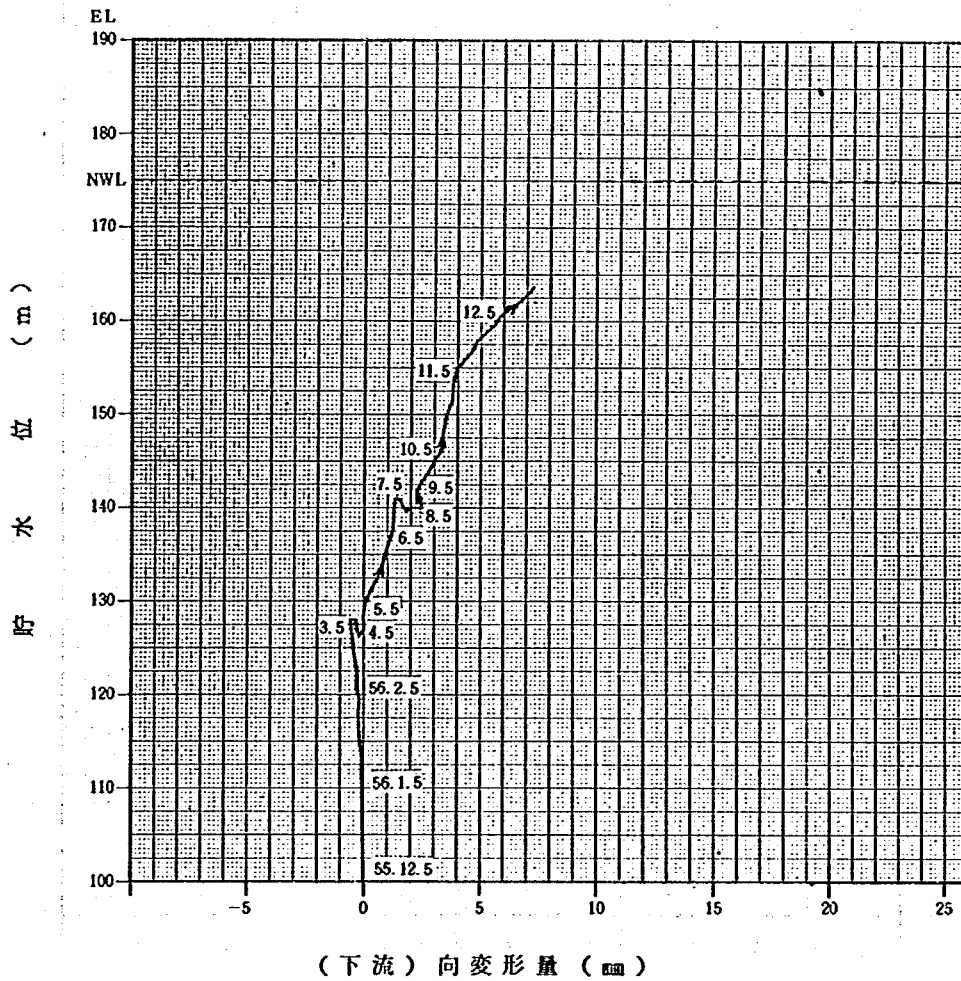
測定点名: PL-2

測定期間: 自 S55 年 12 月
至 S56 年 12 月

湛水開始: S55 年 12 月



測定位置概要図



- 注) 1. 変形の経時変化がわかるようグラフには矢印を併記すること。
2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
3. グラフ中に常時満水位等を明記すること。

図-4 変形量の計測データの図化例

変形量(分布図)

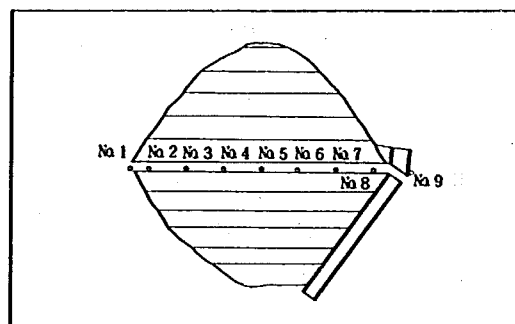
ダム名: ○ ○ ダム

測定標高: E L 405.0 m

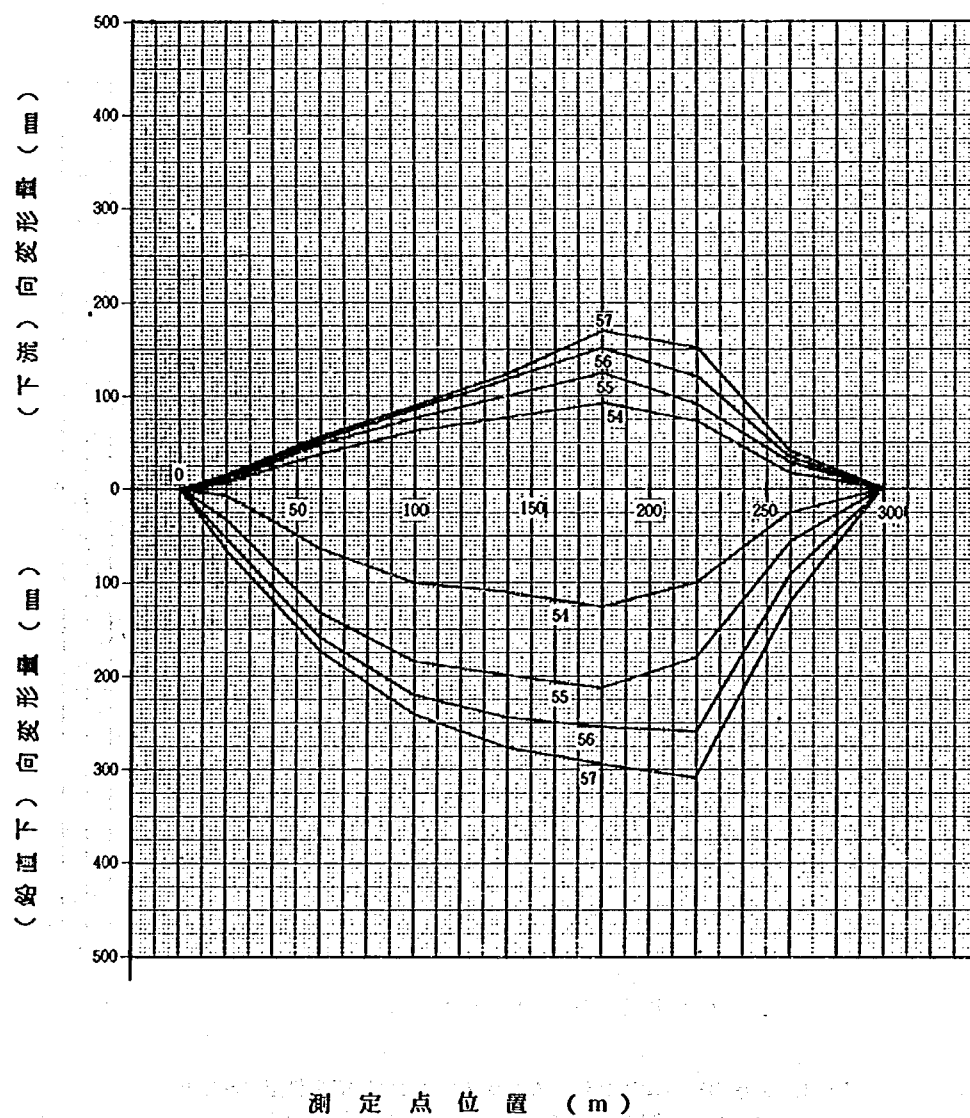
測定期間: 自 S54 年 9 月

至 S57 年 9 月

湛水期間: S54 年 9 月



測定位置概要図



図一5 変形量の計測データの図化例

揚圧力測定様式2

揚 圧 力 (時 系 列)

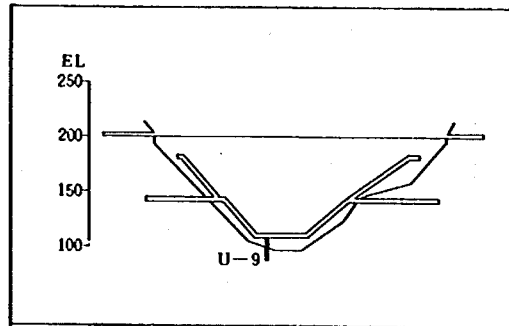
ダム名: 〇 〇 ダム

測定点: U-9

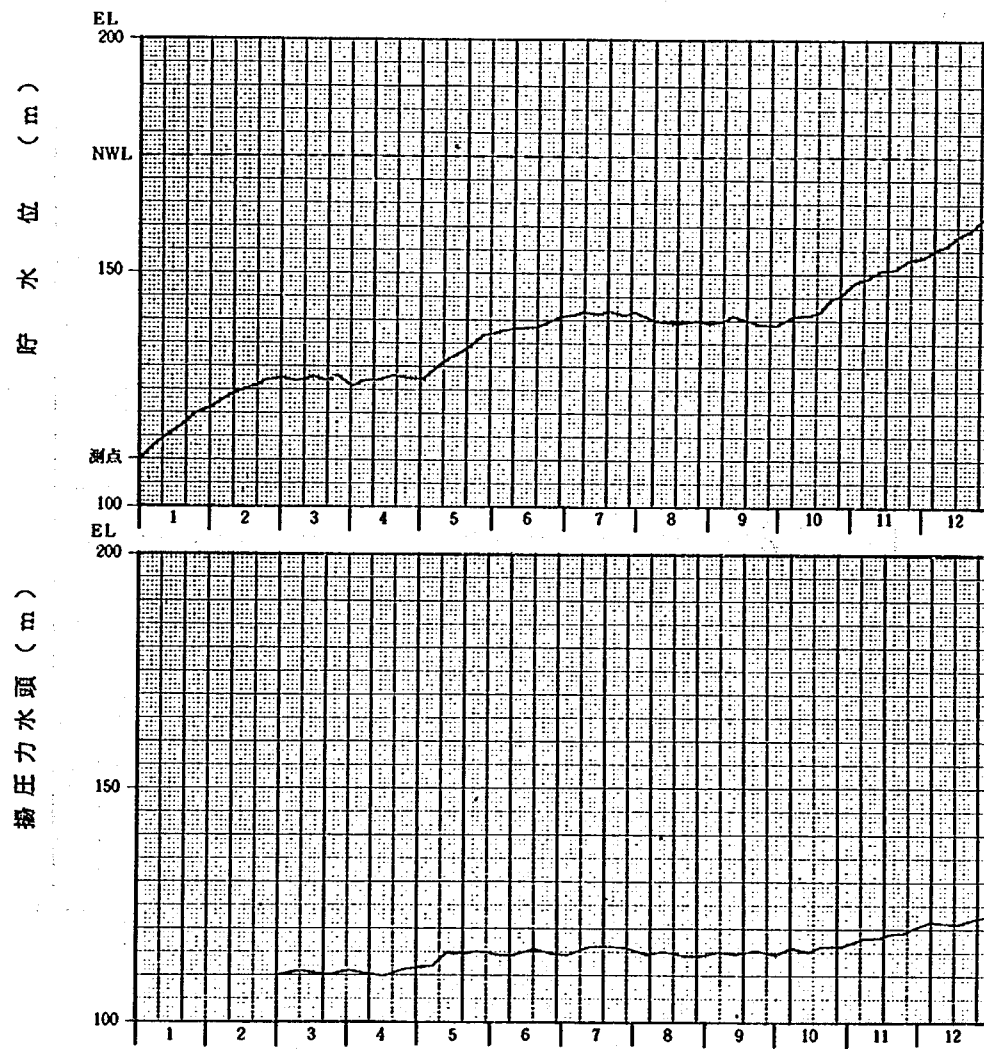
測定期間: 自 S56 年 1 月

至 S56 年 12 月

湛水開始: S55 年 12 月



測定位置概要図



(昭 和 56) 年

注) 1. グラフ中に常時満水位等および揚圧力測定標高を明記すること。

図-6 揚圧力(間隙水圧)の計測データ図化例

揚圧力測定様式 1

揚 圧 力 (貯水位との相関)

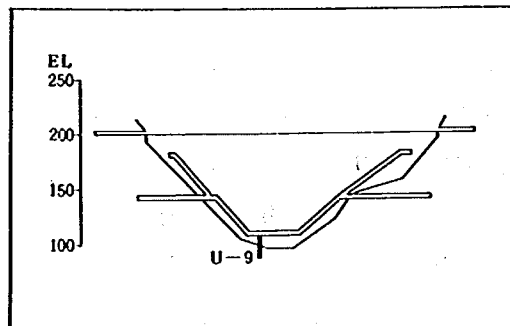
ダム名: ○ ○ ダム

測定点: U-9

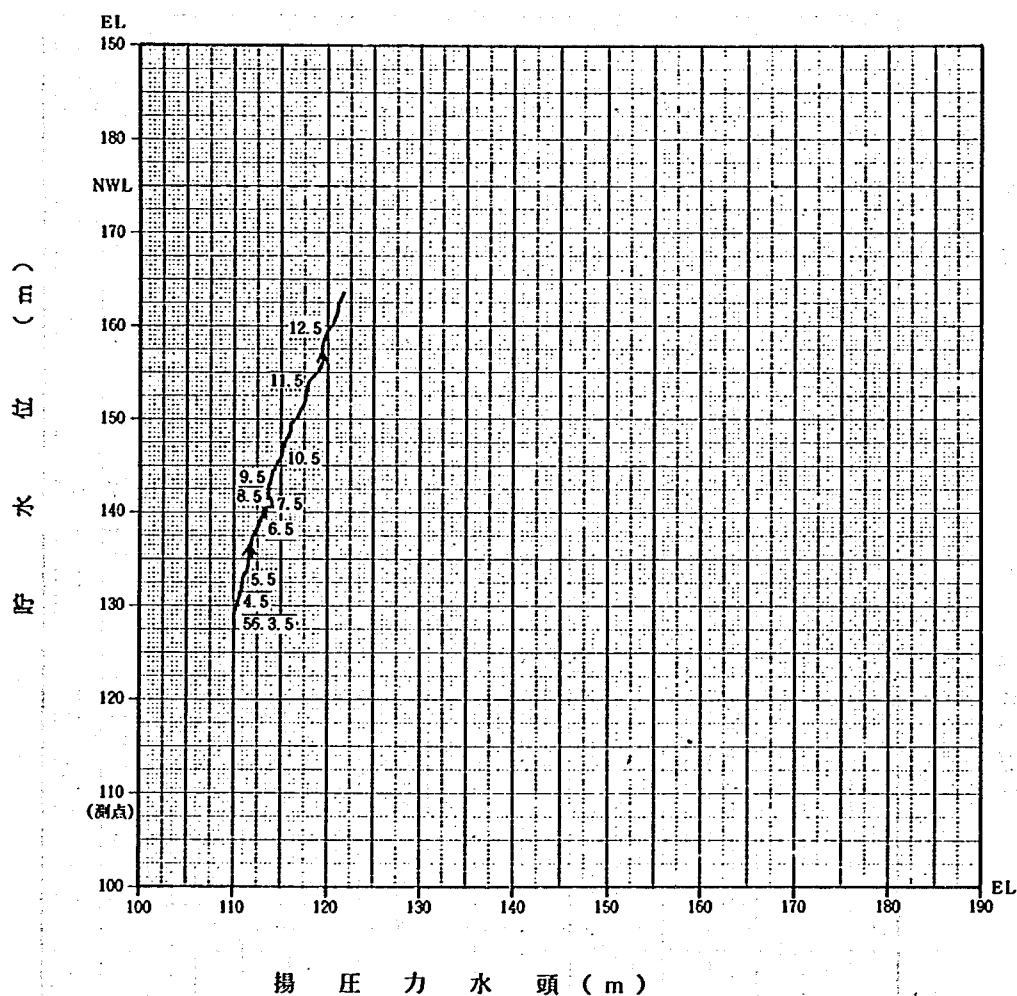
測定期間: 自 S55 年 12 月

至 S56 年 12 月

湛水開始: S55 年 12 月



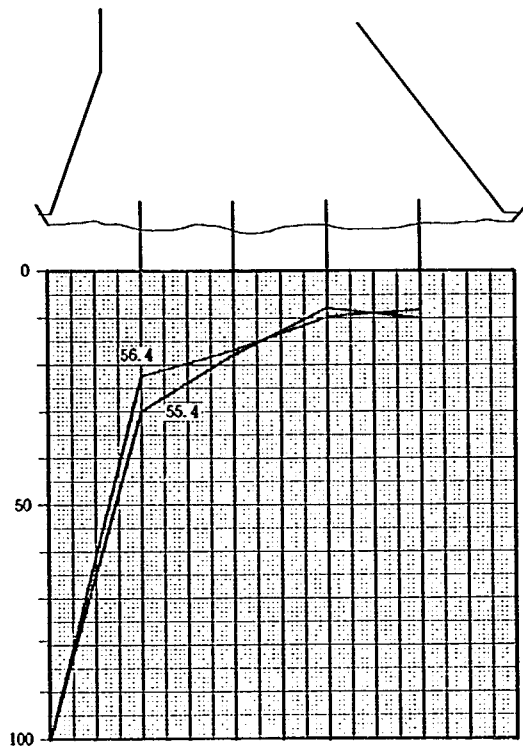
測定位置概要図



- 注) 1. 揚圧力の経時変化がわかるようにグラフには矢印を併記すること。
 2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
 3. グラフ中に常時満水位等および漏水孔の設置標高を明記すること。

図-7 揚圧力(間隙水圧)の計測データの図化例

揚圧力（静水圧に対する％）



図—8 揚圧力の計測データの図化例

5.4 その他の計測項目

その他の計測項目（応力または土圧、ひずみまたはせん断変位等）については、変形量の場合と同様な図化方法を用いればよいので、ここでは詳細な記述は省略する。

6. 計測データによる異常の有無の判定

ここでいう、ダム堤体および基礎岩盤の“異常”とは、状態をそのまま放置しておく、将来多大な漏水量が生じてダムの正常な機能の維持が損われる可能性がありうる場合、または将来パイピングや多大な変形量を生じ、ダムの構造的な安定性が損われる可能性がありうる場合をいい、現時点においてすでにそのような重大な機能、または構造上の問題が生じている状態をいうものではない。しかし、このような場合、種々の計測されたデータにはあらかじめ何らかの異常値が現れるのが一般であり、計測データを詳細に分析することによって将来におけるダム堤体および基礎岩盤のより重要な異常の予想に役立たせることができる。

ダム堤体および基礎岩盤の異常の有無の判定は、計測されたデータの異常な変化から判定されるが、前述のように、これらの判定は、主として漏水量、変形量、揚圧力（間隙水圧）の3つの計測データに基づいて行われる。

応力または土圧、ひずみまたはせん断変形量等の計測データは補足的な判定手段として用いられ、これらの計測データのみから直接異常を判定することは一般的ではない。

以下、各計測項目に対して計測データの異常の有無の判定方法を示す。

6.1 漏水量

漏水量の異常の有無の判定は、貯水位と漏水量の関係から判断する。正常な状態における各孔当りの漏水量は貯水位とほぼ直線関係にある。また全漏水量は貯水位の1次または2次式によって近似される。従って、図-9のように漏水量が貯水位の変化に対して急激に変化する場合には、異常が生じたと判定することができる。このような場合、漏水量が急激に増加した標高から漏水量が急激に増加した排水孔に導く漏水路が形成されていると判断することができるが、さらに基礎岩盤内の漏水の急増については、その付近の地質状況やグラウチング結果を参照して異常の原因を調査する必要がある。

また1孔当り100ℓ/min程度以上の漏れが観測される場合、または観測されることが予想される場合も異常が生じている可能性があるので十分注意が必要である。

漏水量の異常が認められた場合、または漏水量が比較的小さい場合においても、漏水中に濁りが認められる場合は漏水路が拡大されていることを意味しているので、早急な対策が必要である。

また、フィルダム等においては、雨水の浸透が漏水量に大きく影響する場合があるので、漏水量の変化を観察する場合には降雨量との関係についても考慮する必要がある。

6.2 変形量

変形量の異常の有無の判定は、貯水位と変形量の関係から判断する。正常な状態における変形量は貯水位の2次の関数形によって近似される。図-10のように変形量が貯水位の変化に対して急激に変化する場合には、異常が生じたと判定することができる。

漏水量 (貯水位との相関)

ダム名: ○ ○ ダム

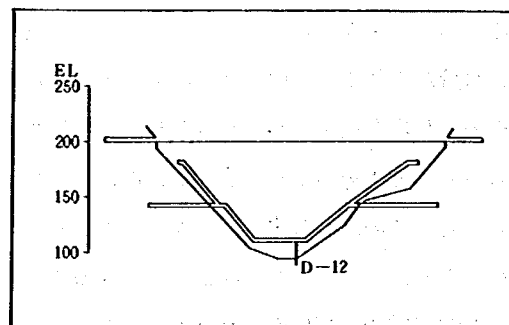
測定点名: D-12

(全, 区間, ①) 漏水量測定

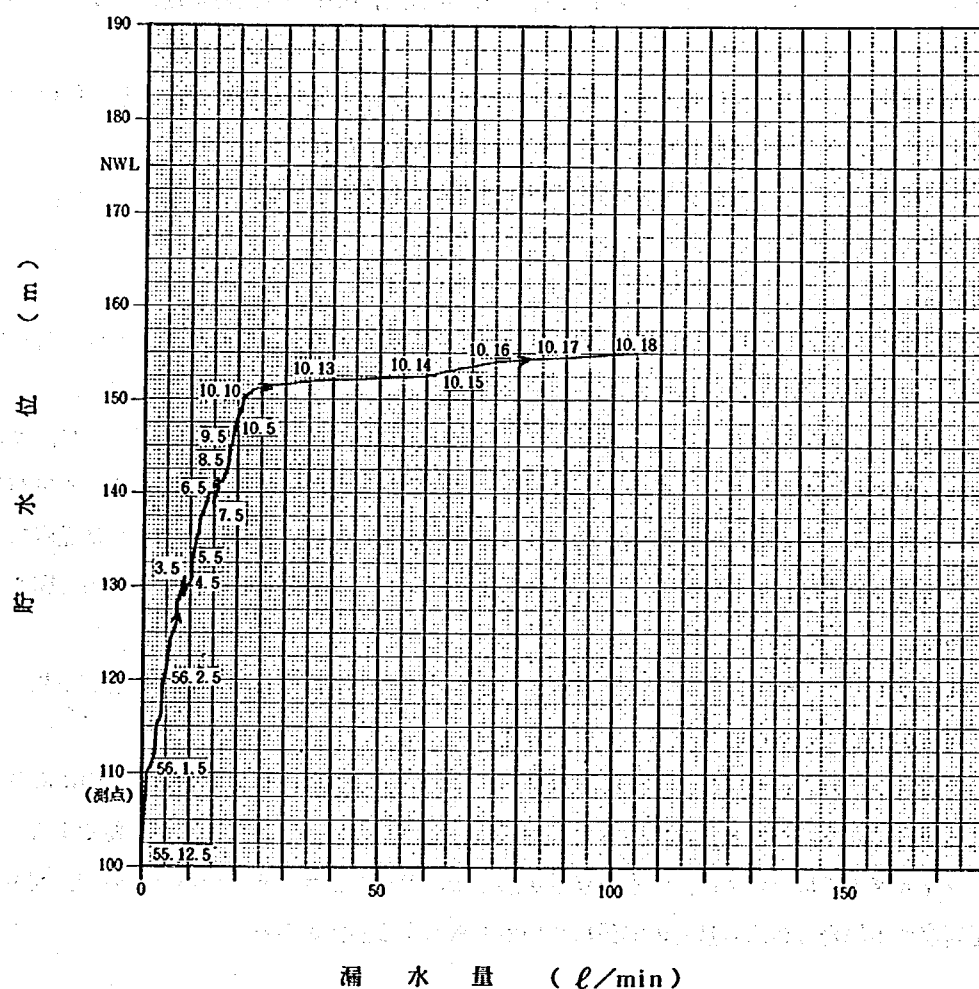
測定期間: 自 S55 年 12 月

至 S56 年 10 月

湛水開始: S55 年 12 月



測定位置概要図



- 注) 1. 漏水量の経時変化がわかるようにグラフには矢印を併記すること。
 2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
 3. グラフ中に常時満水位等および漏水孔の設置標高を明記すること。

図-9 漏水量の異常の例

変形量測定様式 1

変形量 (貯水位との相関)

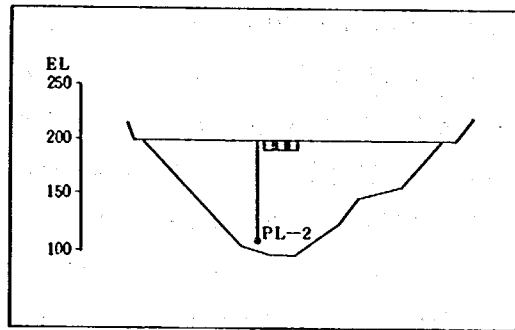
ダム名: ○ ○ ダム

測定点名: PL-2

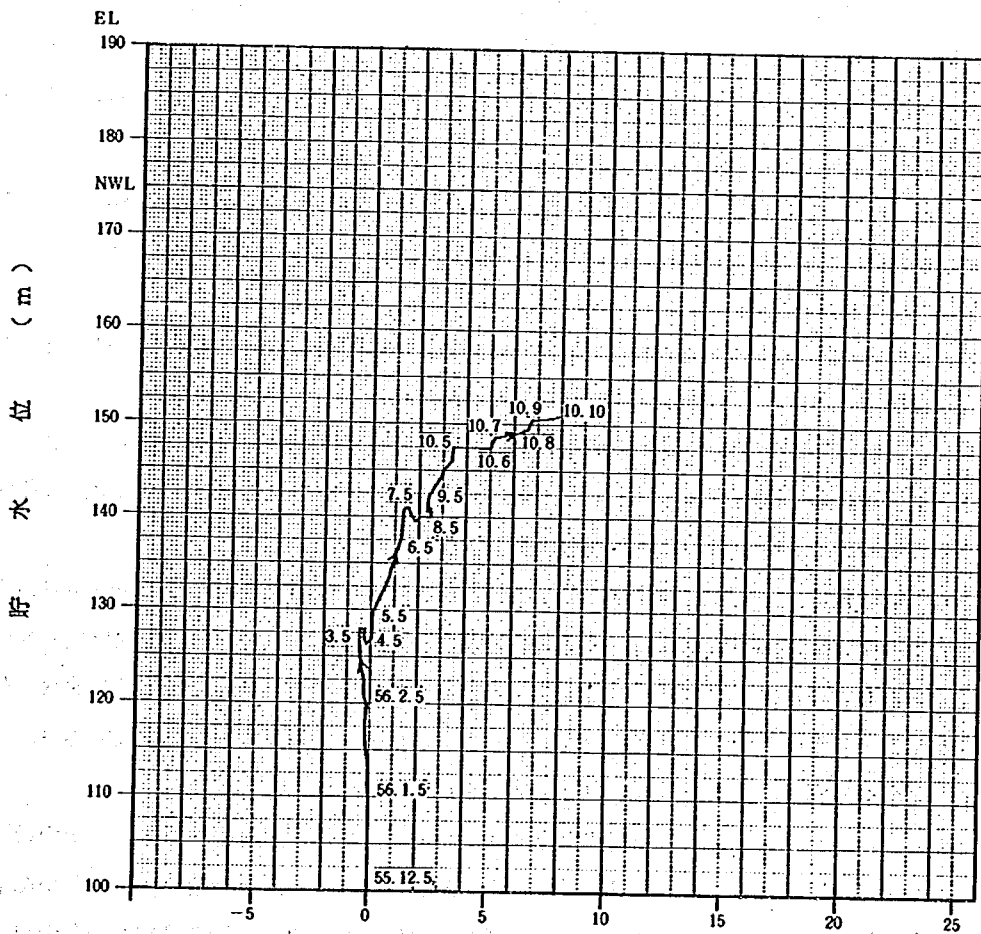
測定期間: 自 S55 年 12 月

至 S56 年 10 月

湛水開始: S55 年 12 月



測定位置概要図



(下流) 向変形量 (mm)

- 注) 1. 変形の経時変化がわかるようグラフには矢印を併記すること。
 2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
 3. グラフ中に常時満水位等を明記すること。

図-10 変形量の異常の例

しかし、このような異常が生じるのは極めてまれであり、一般に変形量が問題となるのは、基礎岩盤またはフィルダム堤体のクリープ変形によることが多い。

クリープ変形とは、基礎岩盤またはフィルダム堤体の初期の塑性的ないしは粘性的な挙動であり、除荷をしても再び元の状態に復元しない残留変形をいう。このような変形は、水圧、堤体自重等の反復または長期間载荷によって、基礎岩盤またはフィルダム堤体が締固めまたは圧密される結果、次第に定値に収束するのが一般である。したがってクリープ変形が収束しない場合、または非常に大きな値を示す場合は、ダム堤体または基礎岩盤内に異常が生じていると判断することができる。しかし、現在のところ、許容できるクリープ変形量を適切に規定する方法がないので、異常の有無の判断はクリープ変形の変速度変化によって行われるのが一般である。すなわち、図-11(a)のように、時間と共にクリープ変形の変速度が増加していく場合は明らかに異常と判断され、逆に(b)のようにクリープ変形の変速度が減少していく場合は安定状態へ向っていると判断される。(c)のようにクリープ変形が一定速度で進行していく場合は(a)または(b)の状態へ移る過渡期と考えられるため、引き続き注意深い計測が必要である。

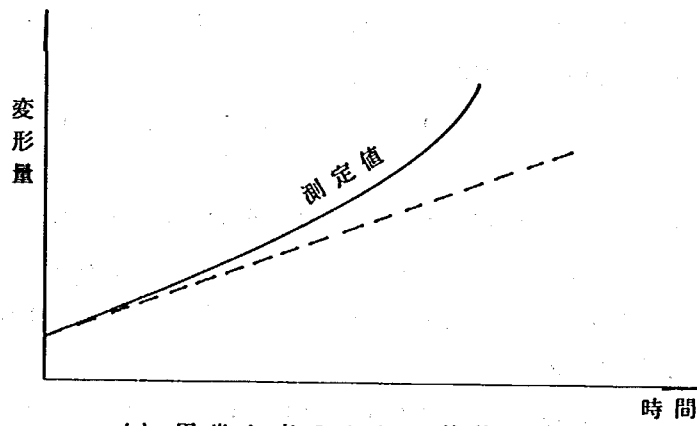
しかし、このような判断を行う場合、変形量は、貯水位の変化、クリープ変形のほか、アーチ式コンクリートダムの場合のように著しく温度変化の影響を受けることがあるので、計測データの整理にあたっては特に注意する。

一般に、このようにいくつかの要因が、計測されるデータに関連している場合、これを各要因毎のデータに分解するには、重回帰分析などの数学的手法が有効であるが、簡便な方法として、たとえばアーチ式コンクリートダムの変形量から温度の影響を除去するのは、堤体の温度がほぼ同一の時期のデータを選択して図化を試みればよく、またクリープ変形量を知るには、貯水位、堤体の温度が同一の時期のデータを選択して時系列的に整理すればよい。

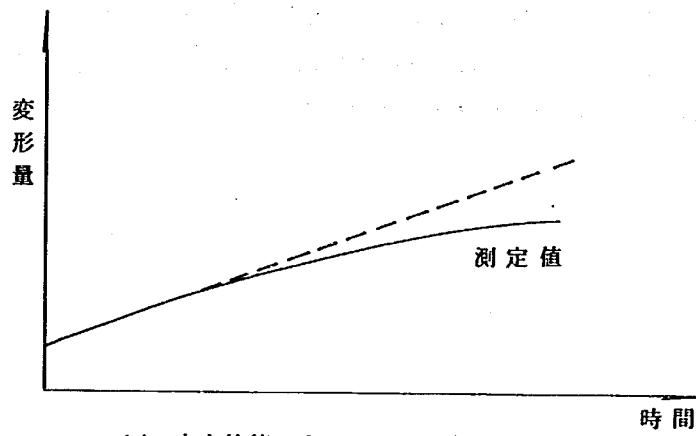
計測された変形量は、一般に設計計算における変形量とは大なり小なり異なるのが一般である。これは解析上の計算条件等の仮定ないしは精度に起因するものであり、したがって変形量の絶対値をもって、ダムおよび基礎岩盤の異常の有無を判定することは少なく、変形量の時系列的な変化、または貯水位および温度の変化によらない変形量の大きさによって判定するのが一般である。

一般に、変形量の異常は漏水量、揚圧力（間隙水圧）の異常を伴うことが多い。

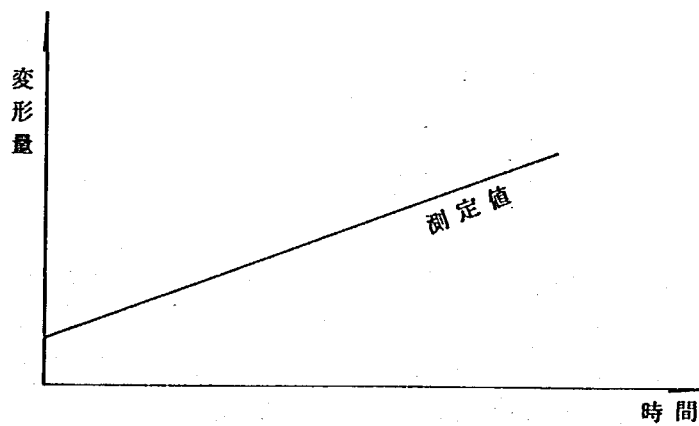
なお、重力式コンクリートダムの初期湛水時には、当初ダム堤体が上流側へ変位し、その後下流側へ変位する傾向が見られる。これは、湛水直後の貯水池水重によって、上流側の基礎岩盤が沈下するためと考えられている。同様に、ロックフィルダムにおいても、初期湛水時には貯水の浮力によって、上流側堤体は沈下ではなくむしろ鉛直上方に変形し、次いで水位低下により有効応力が増加して沈下が促進されることが多い。その後の水位変動に対しては沈下はあまり敏感な反応は示さず、一般に経年的に沈下速度は減少していく。



(a) 異常と考えられる状態



(b) 安定状態に向っていると考えられる状態



(c) 過渡期と考えられる状態

図-11 変形量の経時変化

6.3 揚圧力または間隙水圧

揚圧力（間隙水圧）の異常の有無の判定は、貯水位と揚圧力（間隙水圧）の関係から判断する。正常な状態における揚圧力（間隙水圧）は貯水位とほぼ直線関係にある。従って図—12のように揚圧力（間隙水圧）が貯水位の変化に対して急激に変化する場合には、異常が生じたと判定することができる。

重力式コンクリートダムの場合、設計条件よりも大きな揚圧力が計測された場合は、一応堤体の安定計算を行ってその安定性を確認することが望ましい。しかし、一般に、揚圧力が大きくても、その位置での漏水量が小さくかつ漏水量の変化がほとんどない場合には、ダム堤体および基礎岩盤の安全性上問題とならないことが多い。

フィルダムの間隙圧分布または浸潤線は設計時の仮定と比較して、ほぼその値に近ければ安全と判断される。

なお、基礎岩盤の内の揚圧力（間隙圧）は、貯水位が低い場合、地山地下水の影響を受け、貯水池水頭よりも高い値が得られることがある。しかし設計揚圧力に比べて低い場合は何ら問題はない。

一般に揚圧力（間隙水圧）の異常は漏水量の異常を伴うことが多い。

揚圧力測定様式 1

揚 圧 力 (貯水位との相関)

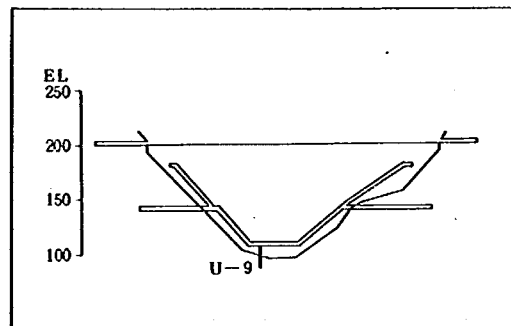
ダム名: 〇 〇 ダム

測定点: U-9

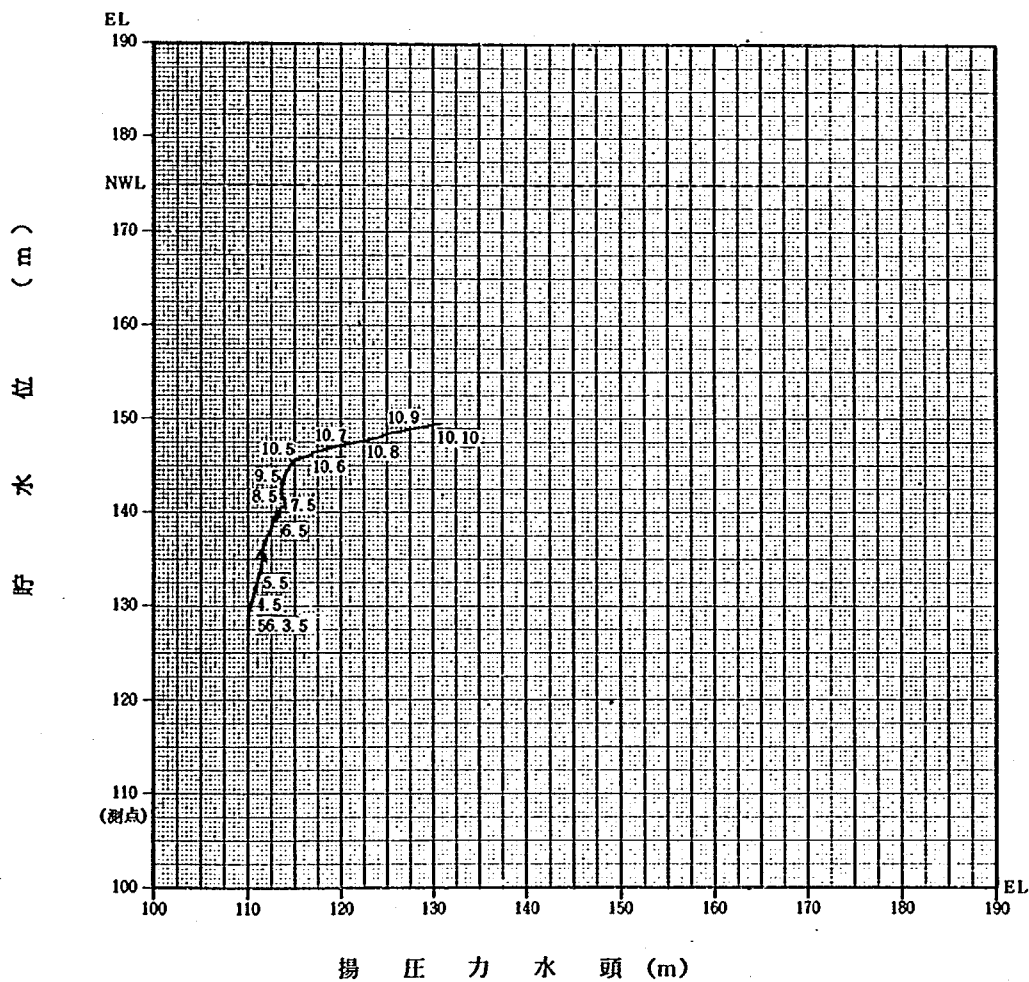
測定期間: 自 S55 年 12 月

至 S56 年 10 月

湛水開始: S55 年 12 月



測定位置概要図



- 注) 1. 揚圧力の経時変化がわかるようにグラフには矢印を併記すること。
 2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
 3. グラフ中に常時満水位等および漏水孔の設置標高を明記すること。

図-12 揚圧力(間隙水圧)の異常

漏水量 (貯水位との相関)

ダム名 : _____ ダム

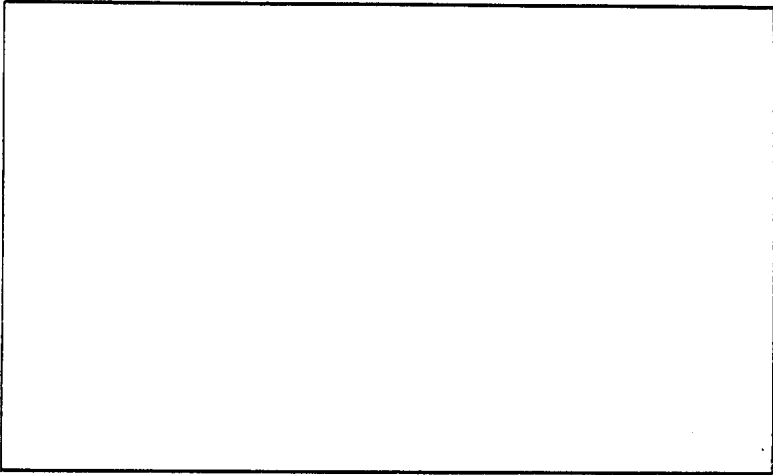
測定点名 : _____

(全、区間、孔) 漏水量測定

測定期間 : 自 _____ 年 _____ 月

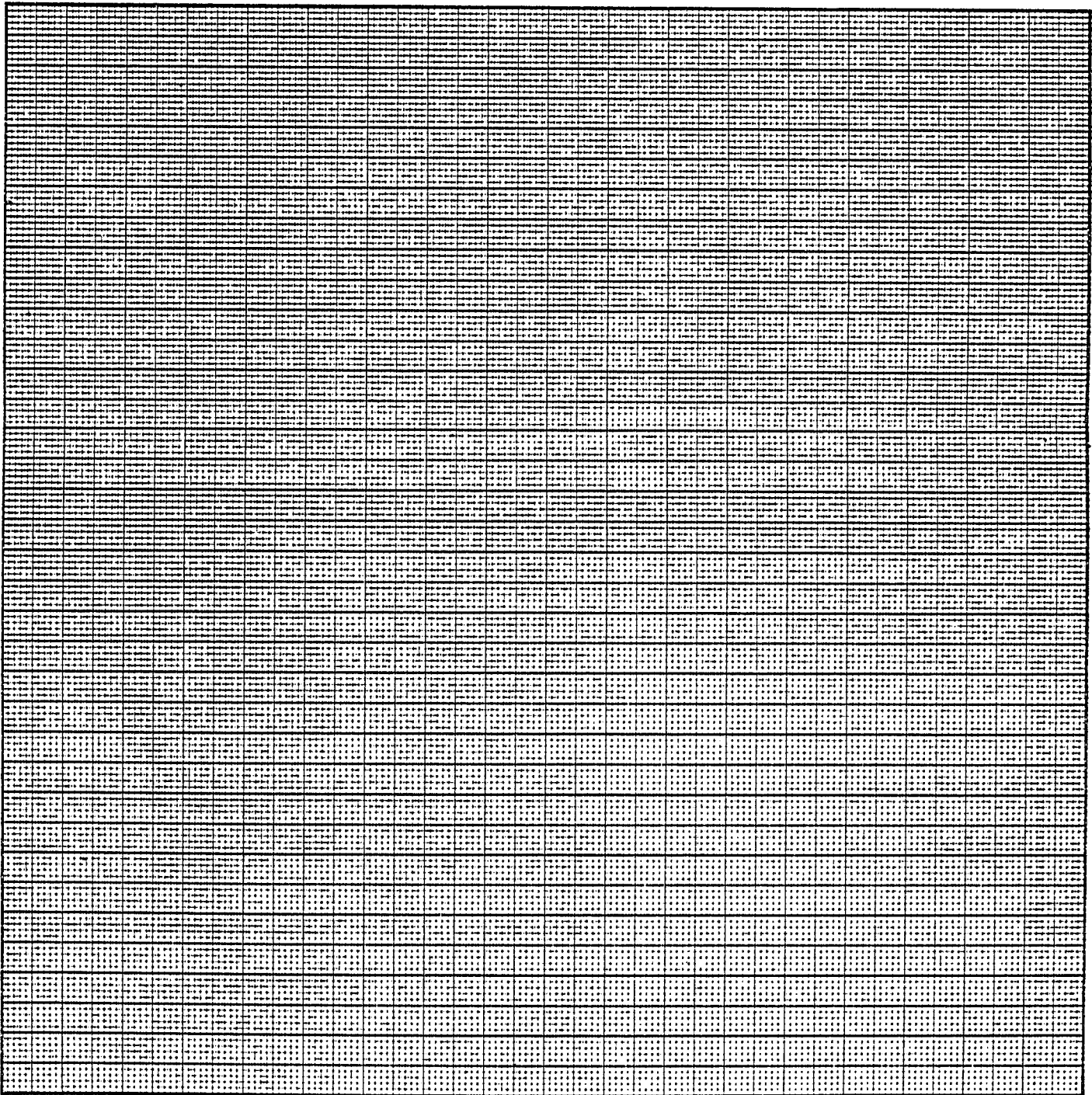
至 _____ 年 _____ 月

湛水開始 : _____ 年 _____ 月



測定位置概要図

貯
水
位
(m)



漏水量 (ℓ / min)

- 注)
1. 漏水量の経時変化がわかるようにグラフには矢印を併記すること。
 2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
 3. グラフ中に常時満水位等および漏水孔の設置標高を明記すること。

漏水量 (時系列)

ダム名 : _____ ダム

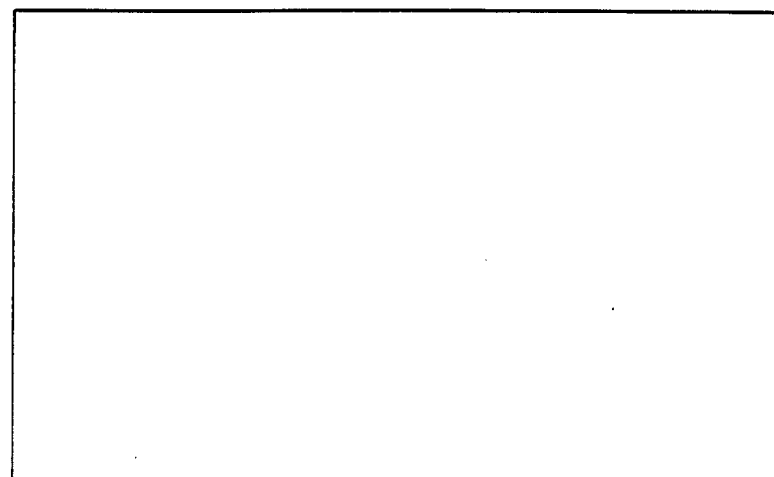
測定点名 : _____

(全、区間、孔) 漏水量

測定期間 : 自 _____ 年 _____ 月

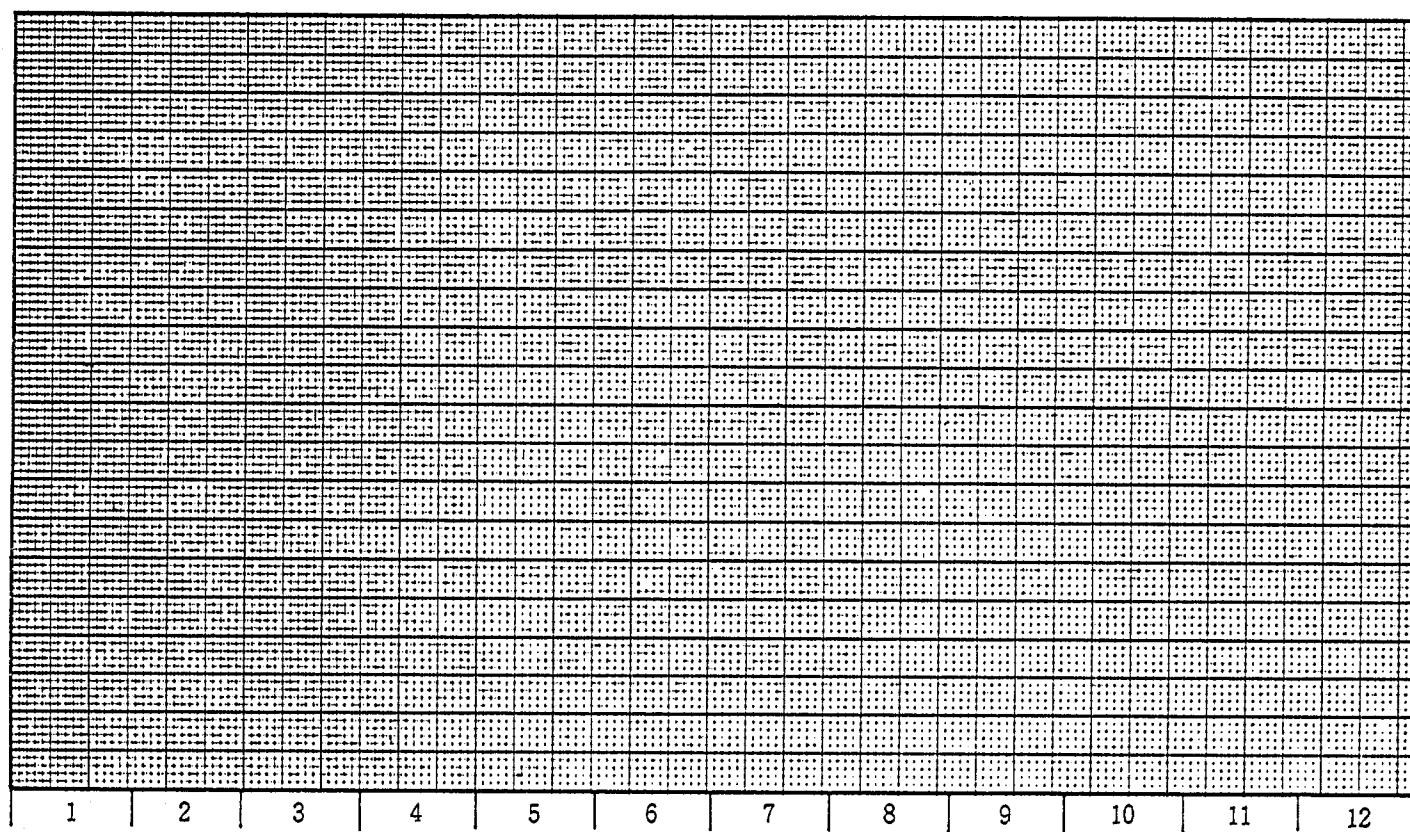
至 _____ 年 _____ 月

湛水開始 : _____ 年 _____ 月

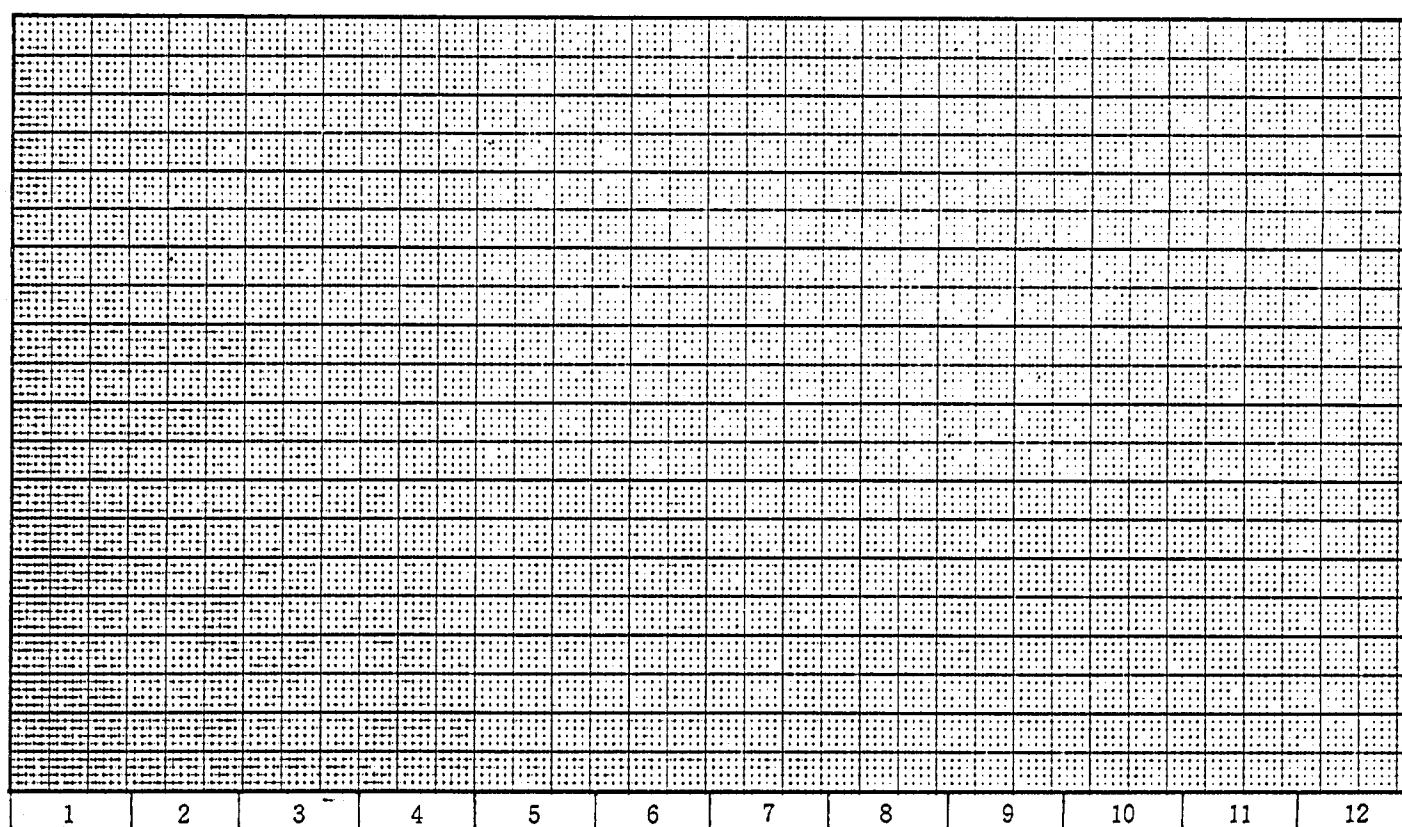


測定位置概要図

貯水位 (m) 日雨量 (mm)



漏水量 (ℓ/min)



() 年

注) 1. グラフ中に常時満水位等および漏水孔の設置標高を明記すること。

変形量 (貯水位との相関)

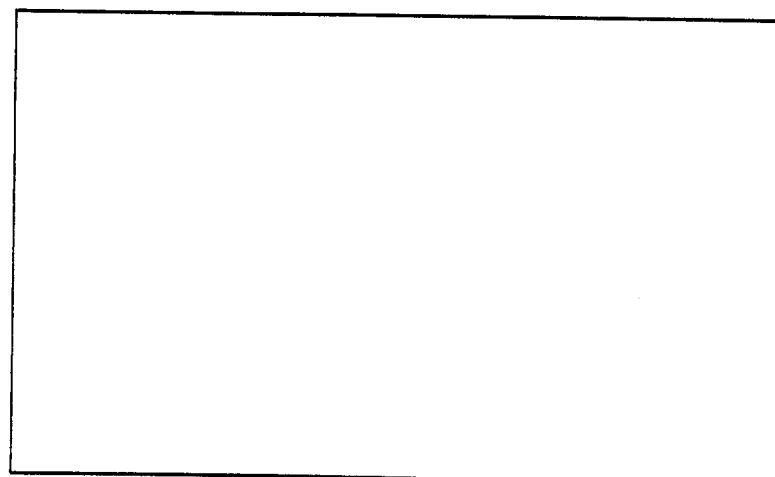
ダム名 : _____ ダム

測定点名 : _____

測定期間 : 自 _____ 年 _____ 月

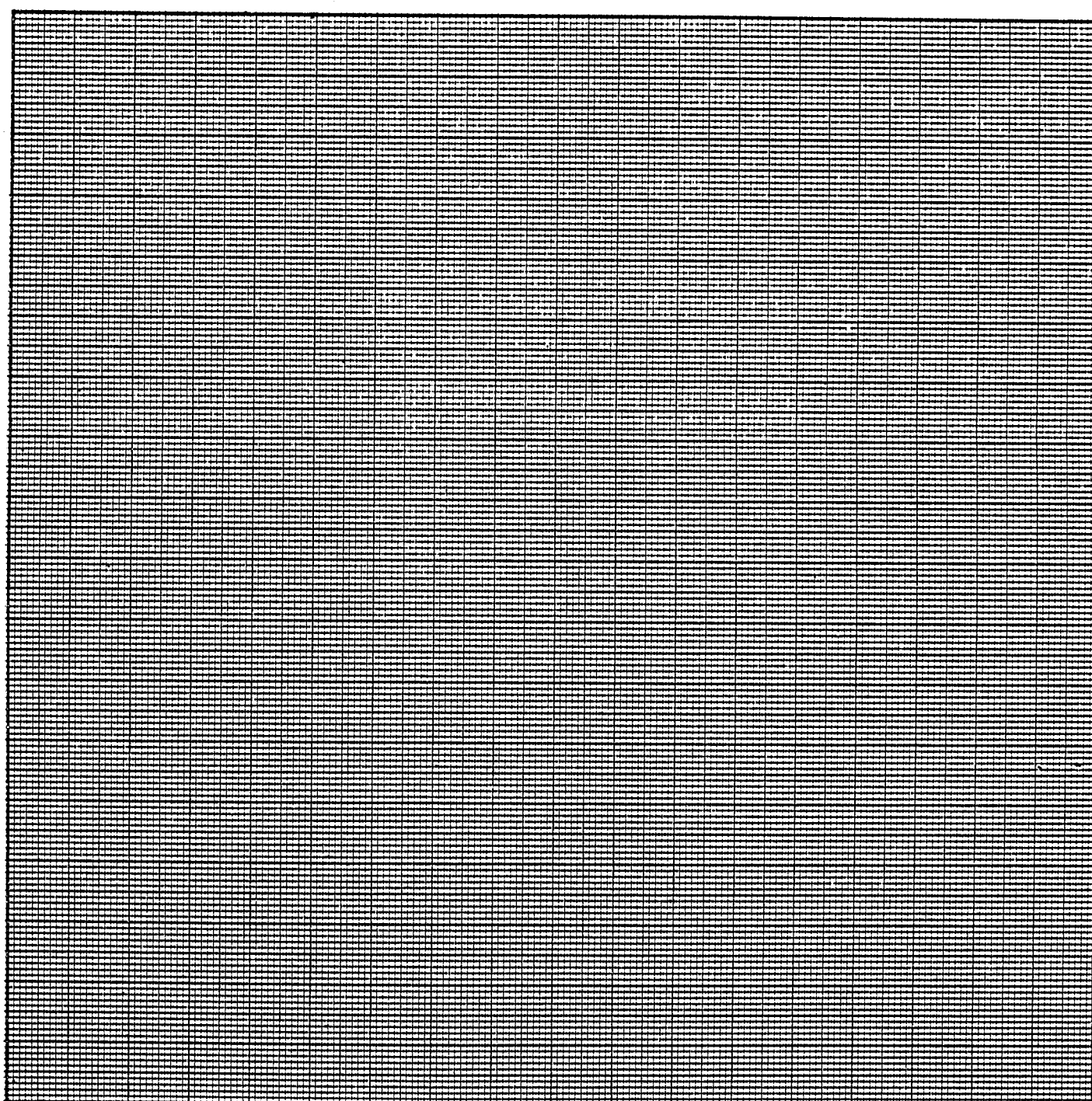
至 _____ 年 _____ 月

湛水開始 : _____ 年 _____ 月



測定位置概要図

(m)
貯 水 位



() 向 変 形 量 (mm)

- 注) 1. 変形の経時変化がわかるようグラフには矢印を併記すること。
2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
3. グラフ中に常時満水位等を明記すること。

変形量 (時系列)

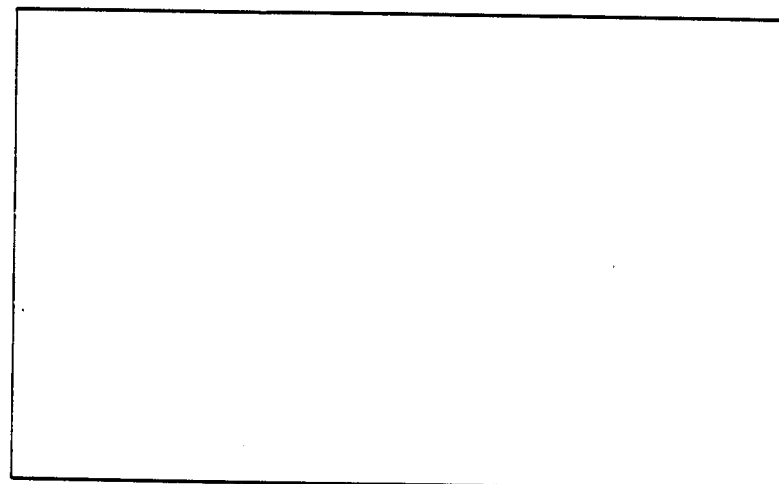
ダム名 : _____ ダム

測定点名 : _____

測定期間 : 自 _____ 年 _____ 月

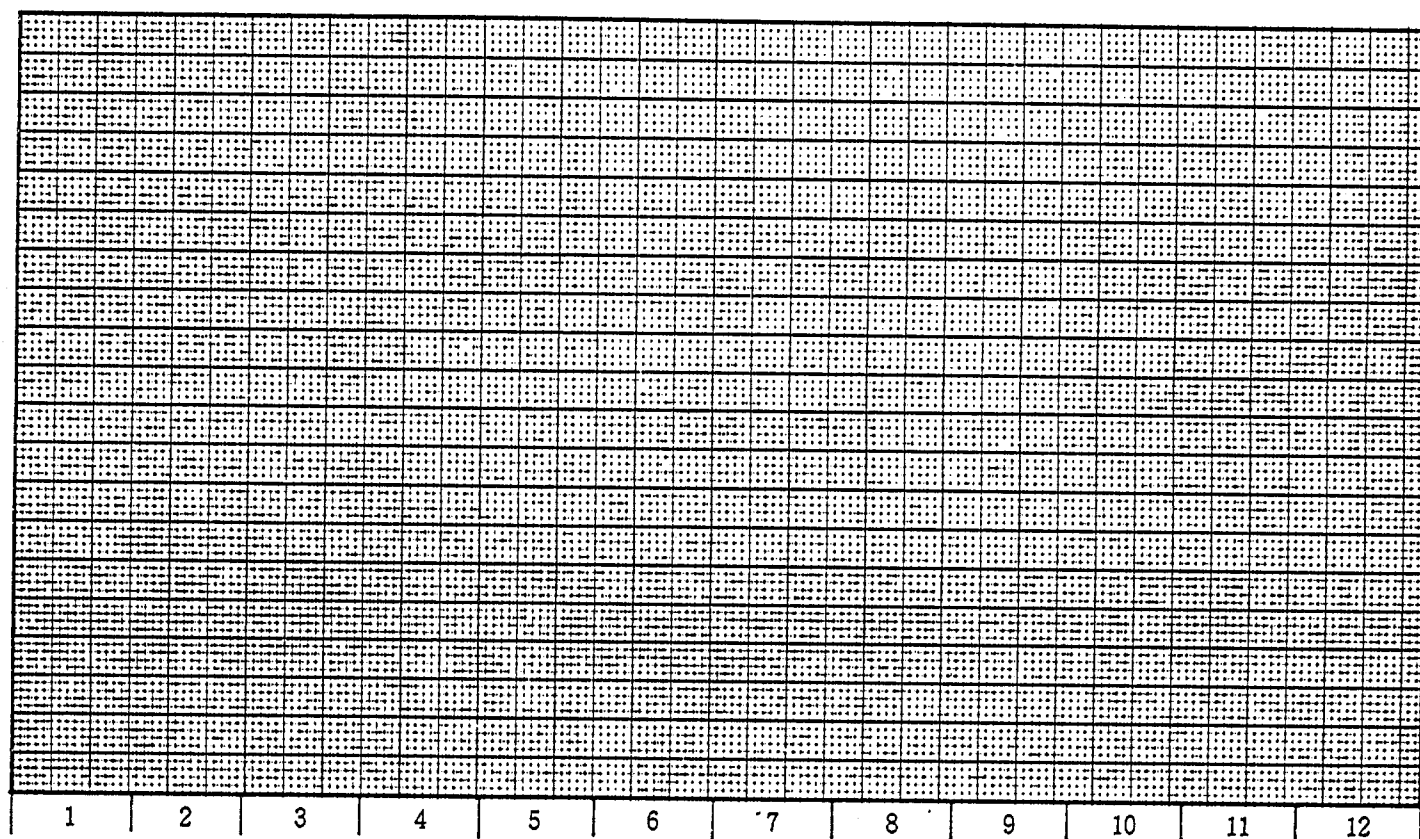
至 _____ 年 _____ 月

湛水開始 : _____ 年 _____ 月

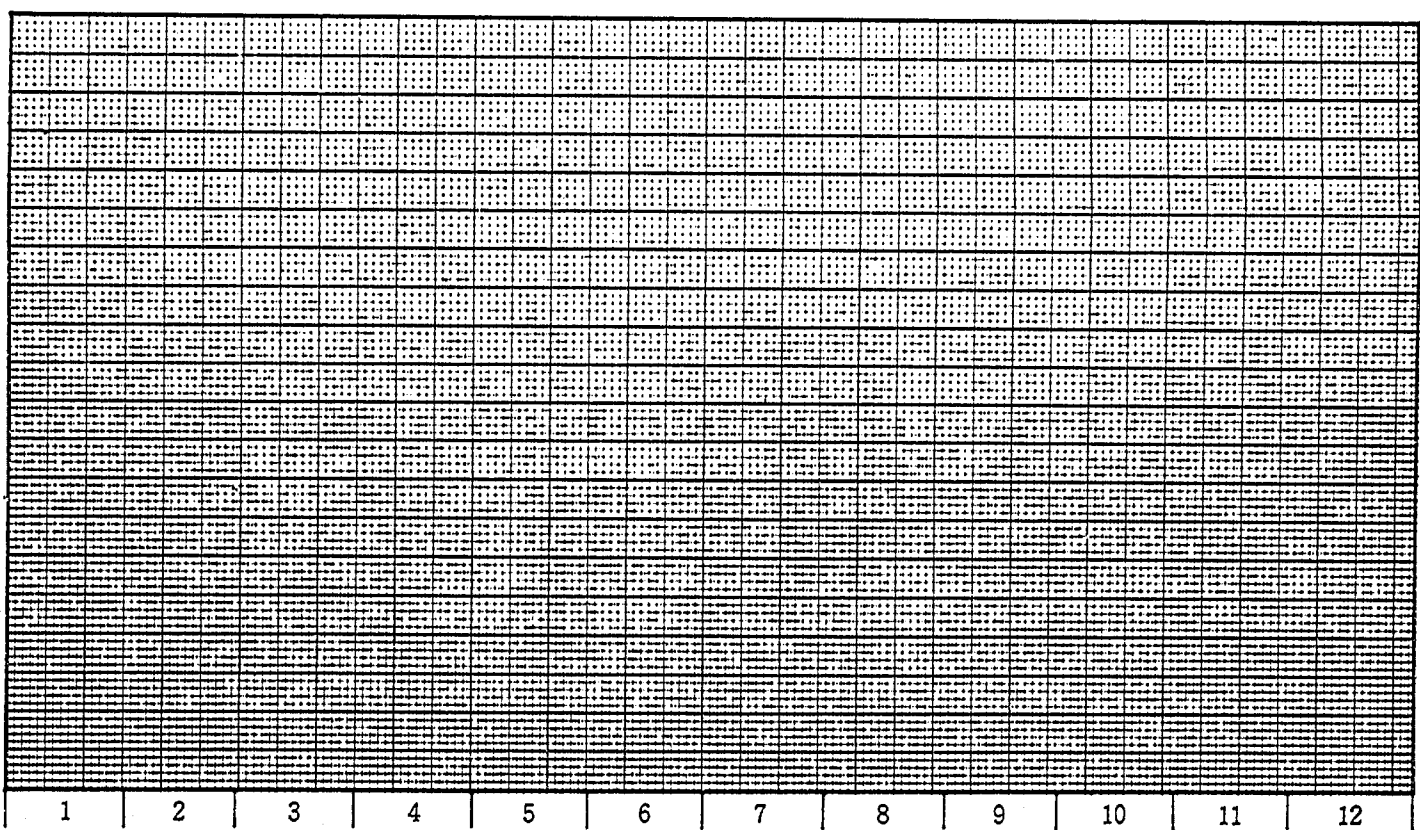


測定位置概要図

堤体温度 (°C)
貯水位 (m)



向変形量 (mm)



() 年

- 注) 1. 堤体温度は堤体の平均温度を代表している測点の値を記入すること。
2. 変形量は測定した全成分に対して記入すること。
3. グラフ中に常時湛水位等を明記すること。

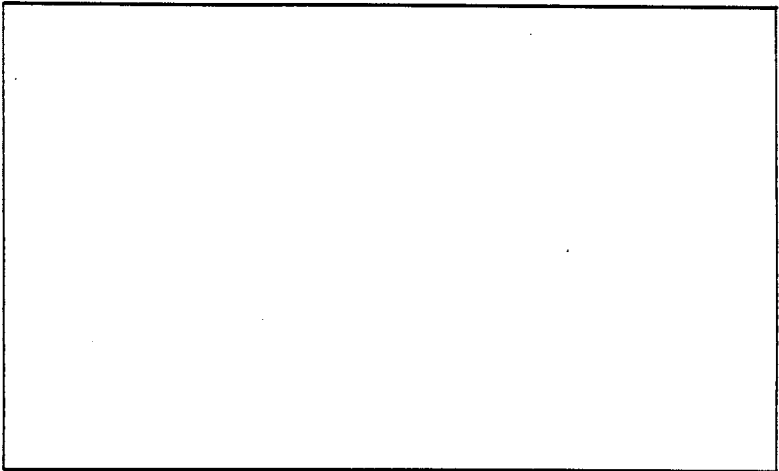
変形量 (分布図)

ダム名: _____ ダム

測定標高: EL _____ m

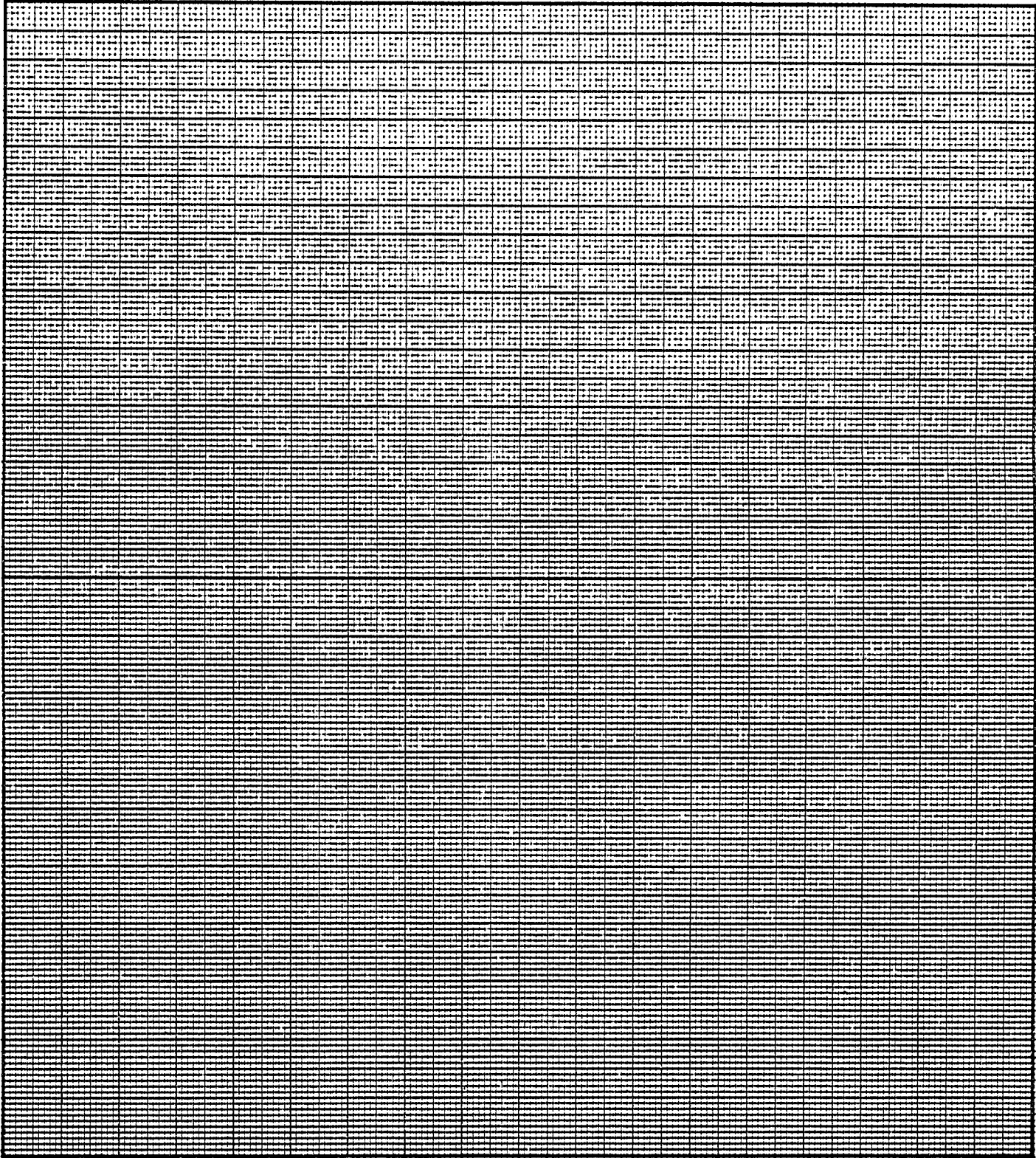
測定期間: 自 _____ 年 _____ 月
至 _____ 年 _____ 月

湛水開始: _____ 年 _____ 月



測定位置概要図

(変形量 (mm))
(変形量 (mm))



測定点位置 (m)

揚 圧 力 （貯 水 位 と の 相 関）

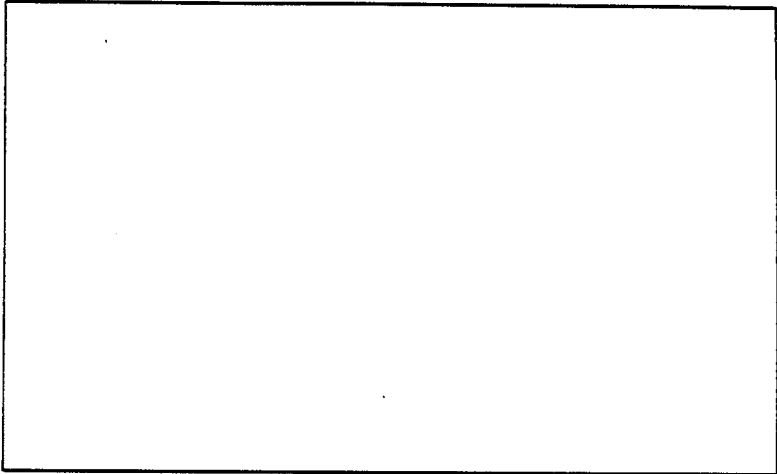
ダ ム 名 : _____ ダ ム

測 定 点 名 : _____

測 定 期 間 : 自 _____ 年 _____ 月

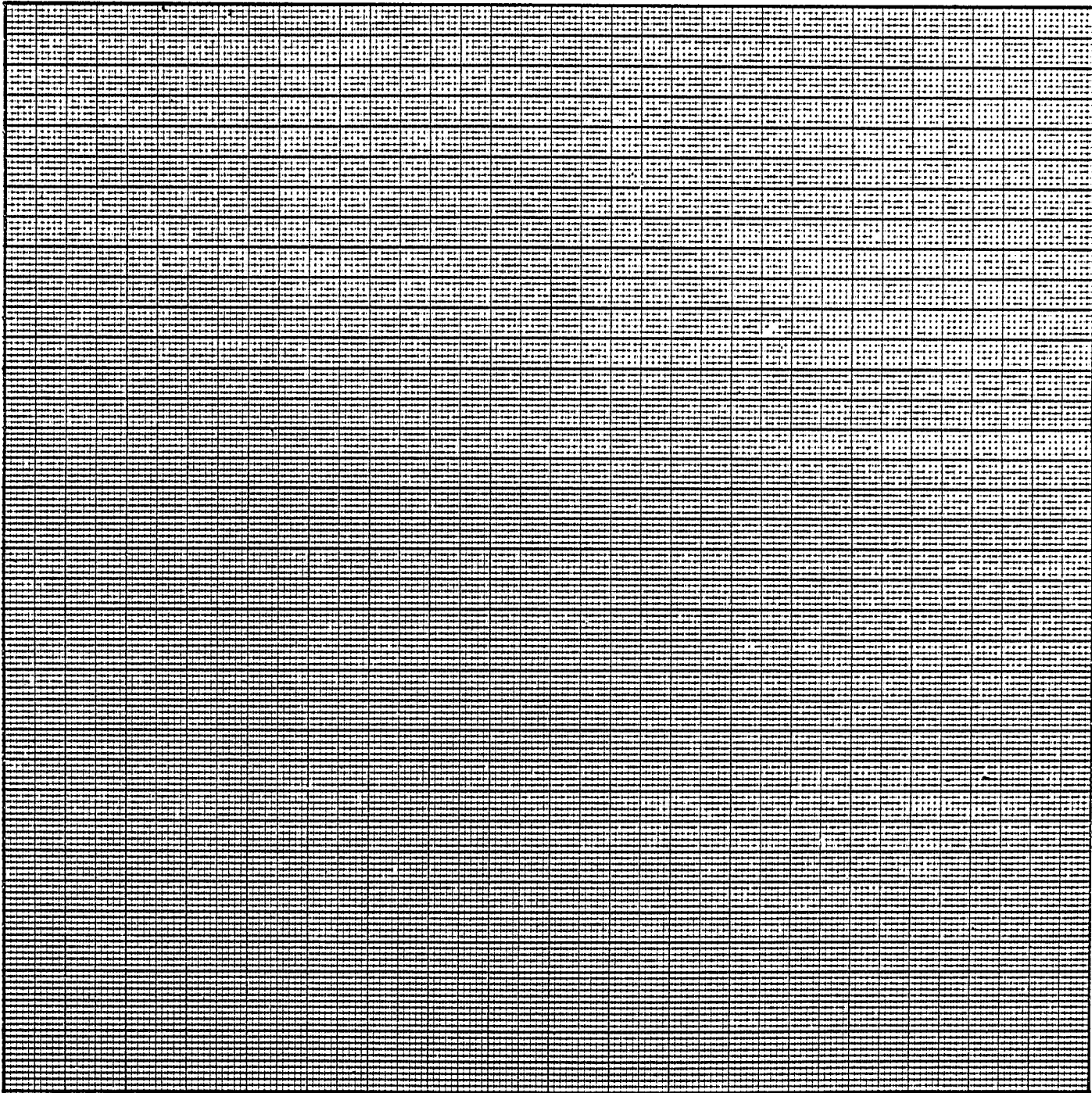
 至 _____ 年 _____ 月

湛 水 開 始 : _____ 年 _____ 月



測 定 位 置 概 要 図

(m)
貯 水 位



揚 圧 力 水 頭 （ m ）

- 注）
1. 揚圧力の経時変化がわかるようにグラフには矢印を併記すること。
 2. グラフ中の測点には定期的に測定年月日を併記すること。
 3. グラフ中に常時満水位等および漏水孔の設置標高を明記すること。

揚 圧 力 (時 系 列)

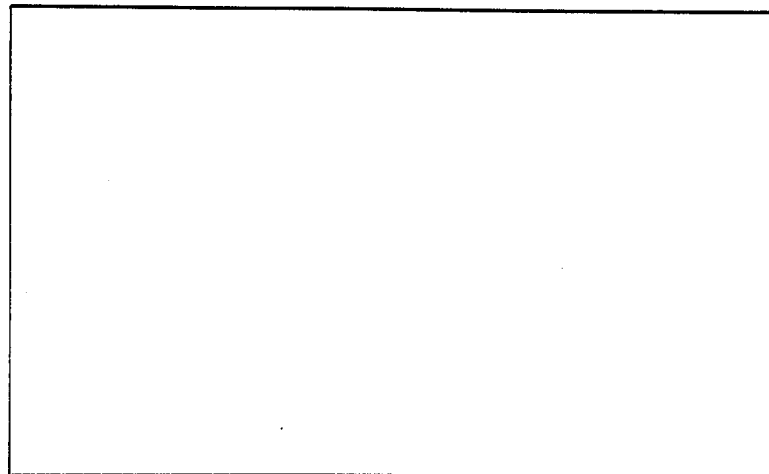
ダ ム 名 : _____ ダ ム

測 定 点 名 : _____

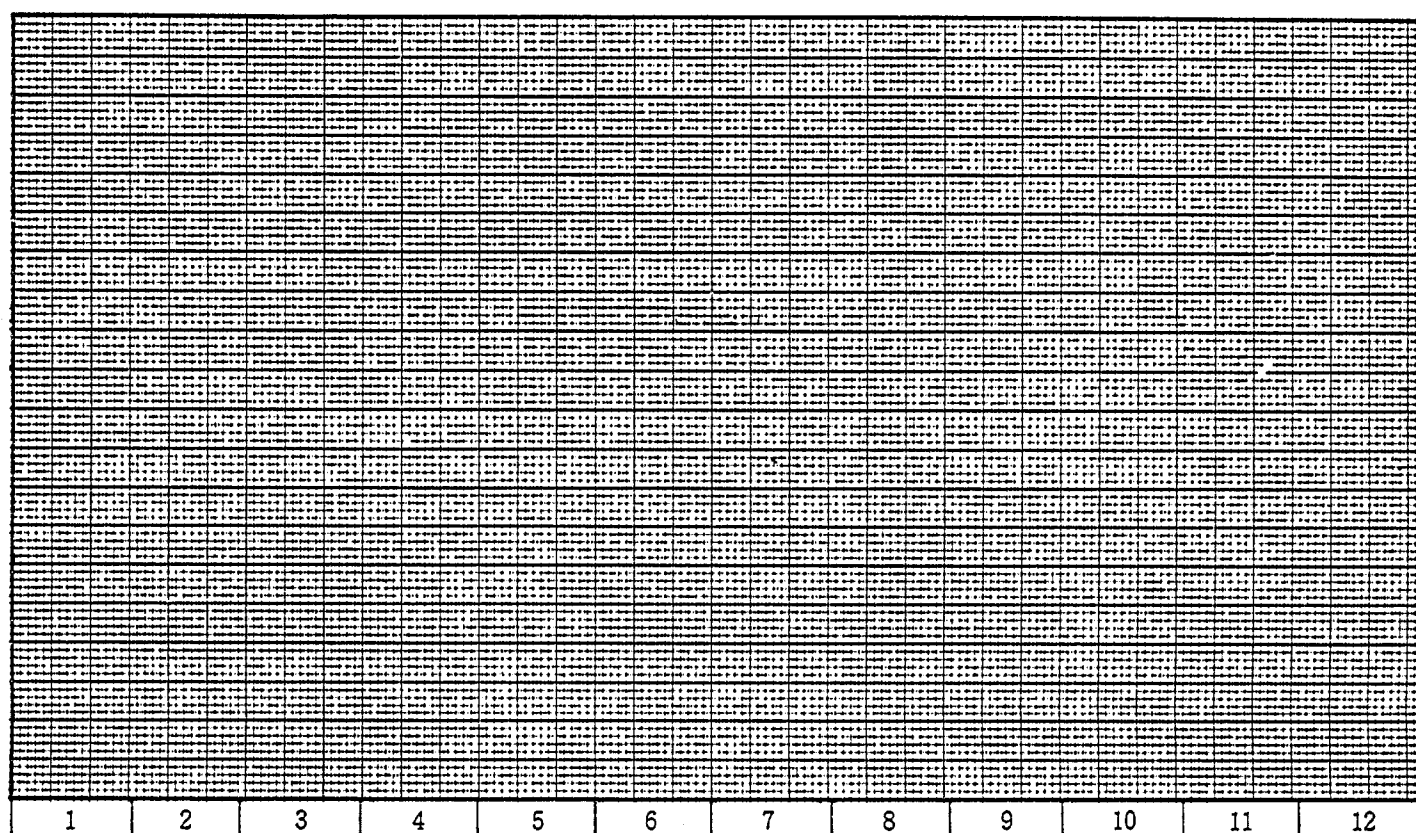
測 定 期 間 : 自 _____ 年 _____ 月

至 _____ 年 _____ 月

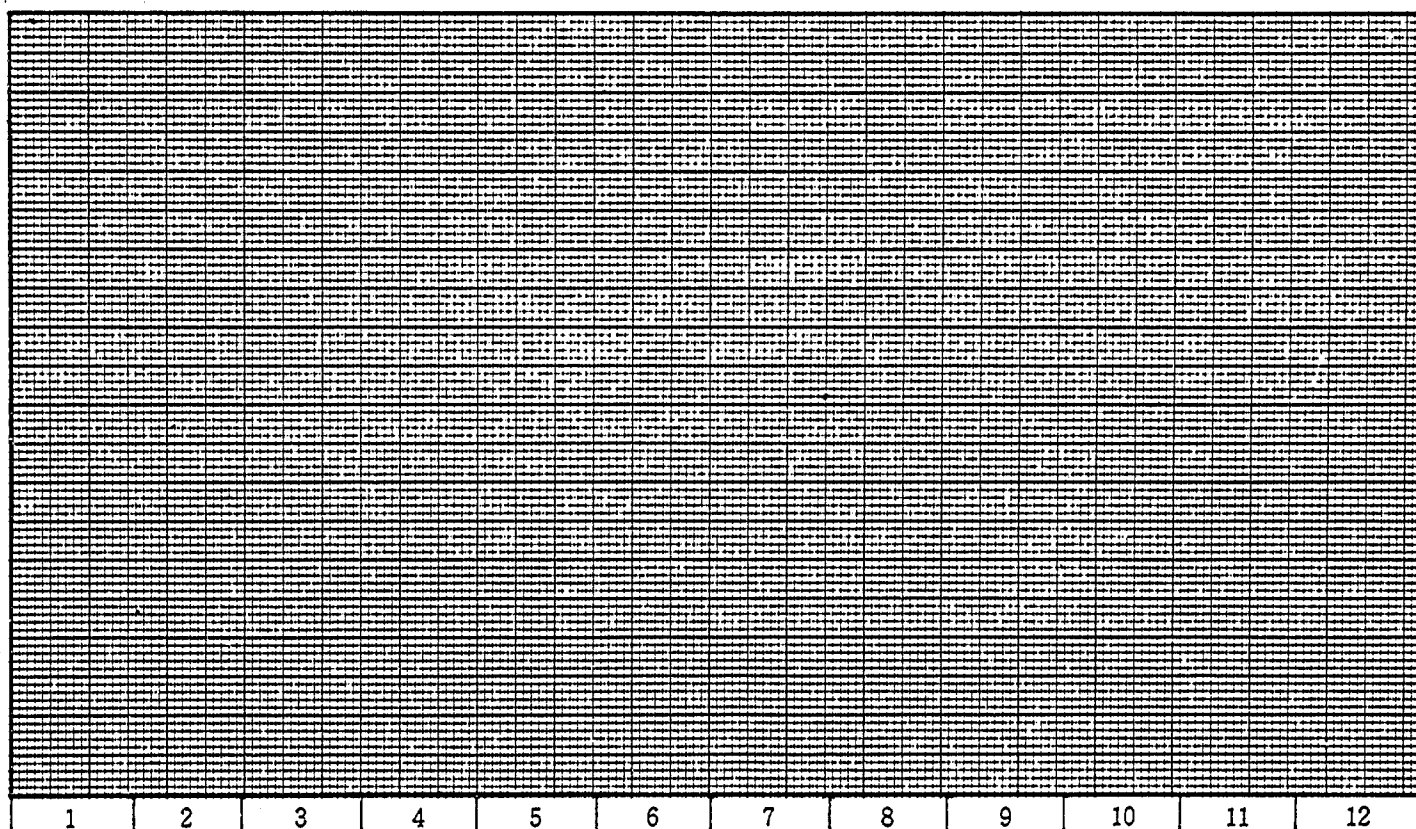
湛 水 開 始 : _____ 年 _____ 月



(m)
位
水
貯



(m)
揚 圧 力 水 頭



() 年

注) 1. グラフ中に常時満水位等および揚圧力測定標高を明記すること。

ダムの安全管理

ISSN0386-5878
土研資料第1834号
昭和57年5月(1982)
ダム部

キーワード：ダム，安全管理，漏水量，変形量，揚圧力

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十円切手
をはって下
さい。

茨城県筑波郡
豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所
ダム構造研究室 御中

No.

配布先氏名
配布先住所

No.

土木研究所資料第1834号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印