

5. 追加調査工事と地質状況

5. 追加調査工事と地質状況

5.1 ダムの安定解析のための測量

ダムの安定解析のためのみならず、修復計画策定に必要な地形測量として、下記のものが、NAPOCORによって実施され諸検討に供された。

5.1.1 地形測量

- | | |
|------------------------------|-----------------|
| (1) ダム上流のり面の地形測量 | S = 1 / 5 0 0 |
| (2) 洪水吐左岸アバットメントの地形測量 | S = 1 / 5 0 0 |
| (3) ダム直下流部の地形測量 | S = 1 / 5 0 0 |
| (4) 砂防ダム計画地点 (Pesac) の地形測量 | S = 1 / 5 0 0 |
| (5) 放水口より下流河道の地形測量 | S = 1 / 1 0 0 0 |

5.1.2 縦横断測量

- | | |
|--------------------------------|---------------|
| (1) ダム上流のり面の縦横断測量 | S = 1 / 2 0 0 |
| (2) 貯水池え流入する Bokod 川横断測量 | S = 1 / 2 0 0 |
| (3) 砂防ダム計画地点 (Pesac 川) の横断測量 | S = 1 / 2 0 0 |
| (4) 放水口より下流河道の縦横断測量 | S = 1 / 2 0 0 |

5.2 ダム観測施設の設置

ダムの変位測定設備として、ダム頂部の Alignment - 1 および Alignment - 2 の整備を行なう。このため、左右両岸に固定点 (SP-14 J, SP-1 J) および、引照点 (SP-25 J, SP-3 J) がそれぞれ新たに設置され、またダム頂部の既設可動標的 (DA-3 ~ 20, DA-85) の全てを点検、整備を行なった (図 - 5.1, 5.2 参照)。

5.3 ボーリング、トレンチ、ピッチング調査および堤体材料試験

洪水吐き左岸アバットメントの地下水位観測のため、11本のボーリング孔 (DWH-1 ~ 11) を配置した (図 - 5.3 参照)。また、貯水池内において、堆砂の状態を調べるため、取水塔の上流 50 m 地点および Bantey 川合流点に夫々 1 本ずつ配置した。さらに、NAPOCOR独自の計画で、取水塔上流 100 m 地点にボーリング 1 本が追加された。1987年12月現在合計13

本のボーリング調査が完了し、なおDWH-11のみが未完了である。なお、トレンチ、ピッチング調査および堤体材料試験は、今回それらの必要性がないものと判断され、実施されなかった。

5.4 漏水量測定施設の設置

ダム下流側ののり尻付近に、自動記録装置付の漏水量測定施設が新設された（図-5.4, 5.5 参照）。

アングクラオダムの場合、地下発電所およびその周辺にある各種のトンネルが、ダムの直下に配置されている。したがって、これらの地下空洞は、規模の大きいドレーンシステムを形成していることになり、ダムおよび基盤の浸透水の多くは、上記の空洞に排出される結果となっているものと判断される。このため、ダム下流側ののり尻付近に設置した漏水量計によって、水位の計測される期間は、短く、雨期に限定されることになる。

漏水量観測設備を設備して、未だ1回のRainy seasonしか経験していない。少なくとも3年程度の計測を行うべきである。ダムの浸透水に異常を来す条件としては、Rainy seasonの豪雨時が最も確率が高いので、Rainy seasonの観測が可能であれば、機能としては満足すべきものであると考えられる。

これを補う方策として、地下発電所周辺のトンネル内に漏水量測定用の三角堰または四角堰（SW-1, SW-2A, SW-3, SW-7A, SW-12）が計13か所に設置された（図-5.5 参照）。

5.5 追加調査工事の工程

前節で述べた諸調査工事の実実施計画と実際に行なわれた実績を表-5.2に取纏めた。

5.6 アングクラオ地域の地質状況

5.6.1 地質的背景

アグノ川はフィリピン断層の派生断層帯の一つに支配されて流路を北から南へと流れている。この断層帯は非常に幅広く、大きく見るとダムサイトおよび貯水池はその中に入っている。

ダムサイトの位置するアグノ川周辺に分布する岩石は主として変成岩と閃緑岩である。

変成岩は安山岩ないし玄武岩質の溶岩（白亜紀か新生代初期に海水中に噴出したもの）起源のものゝ凝灰岩、凝灰角れき岩、粘板岩のような堆積岩起源のものゝ2種がある。

これらの岩石はその後の著しい造山運動によって、割れ目や節理が発達した。

そして第三紀中新世紀に閃緑岩が變成岩中に貫入し、上記の岩石に熱變成を与えた。

5.6.2 現地調査結果

(1) 貯水池区域

貯水池沿岸には、多数の崩壊箇所が認められる。特にダムから2.5 km上流の地点までとボゴド川、アグノ川合流点からボゴド川に沿う上流3 km地点までの区間には、崩壊地が多い。

これらの崩壊地からは、大量の土砂が生成され貯水池に流入しているが殆んどは洪水時に表面の侵蝕によって起っている。

貯水池に流入する支流のうち、特にバルバク川、バンテイ川、ラブイ川などでは多量の土砂を排出している。

すなわち、これら支流の流域内には、多くの地すべり地や崩壊地がある事を示している。

(2) 洪水吐左岸アバットメント

洪水吐左岸アバットメントの山体は小さく、また、やせており南側(下流)斜面は 35° ~ 40° の急勾配をなしている。

この山体の中上部はクラックの発達した變成岩からなり、また、下部は堅固でクラックの少ない閃緑岩から成っている。

變成岩は深さ約5 mまでは、全体的に風化が著しい。

洪水吐左岸アバットメントの路肩に掘削された堅坑には1976年の洪水時に発生したオープンクラックが認められるので、3本の排水坑に対して綿密な調査を行った。

これによると主要破砕面は、① 20° ~ 30° N/ 74° N~ 90° 、② $N25^{\circ}$ ~ 35° E/ 82° N~ 75° S、③ $N50^{\circ}$ N/ 85° N~ 60° Sの3つである。

1976年の洪水時に生じたオープンクラックは、これらの破砕面の組合せによって形成されたものとみられる。しかし、これらの破砕面は、いずれも急傾斜したものであり、低傾斜のものは、ほとんど認められないことは重要な意味をもつと考える。

これらの事実から判断すると、洪水吐左岸アバットメントの上部はいわゆるすべりを起してはいないが、図-5.8、5.9に示すように少なくとも垂直に20m位の範囲においてわずかではあるが、表層部がトップリングを起しているであろう。

洪水吐左岸アバットメントは風化が著しく、また密にクラック発達しているため、すべり面を特定できる状況ではない。したがって、山腹斜面の安定計算に際しては現地では類似の

地質で行われた In-situ ロックテストの結果を参考にして岩盤の平均的物性値を推定して実施するのが良いと考える。

坑口から 5 m 区間のロックは D-C_L クラスでせん断強度 4～5 kgf/cm²、内部摩擦角 38～40° 前後と推定される。

また、これより奥では C_M クラスで、せん断強度 10 kgf/cm² 以上、内部摩擦角は 45° 前後と推定される。

ただし、上記の数値はこれまでの経験より想定されたものであるので、洪水吐構造物の重要性を鑑み、また地質はサイト毎に異なり同一状況のものは二つとないことを考えれば、本サイトにおいても現場でロックテストを実施して岩盤の力学的特性値を把握しておいた方が良いと考える。

(3) 原 石 山

洪水吐対岸のアグノ川右岸部には、リップラップ材に適するとみられる閃緑岩が良く露出している。近い位置であり、山体も適度な大きさであることからみて、ここを原石山とすることは有望であり、地質調査を行う価値があると判断される。

(4) 改造取水塔

改造取水塔部付近を構成する地点は、変成岩と閃緑岩である。このうち変成岩は上部を閃緑岩は下部をそれぞれ構成する。

付近にはいくつか南北方向の急傾斜する破碎層が認められるので、取水塔の設置箇所の設定にはボーリングによる調査が必要である。

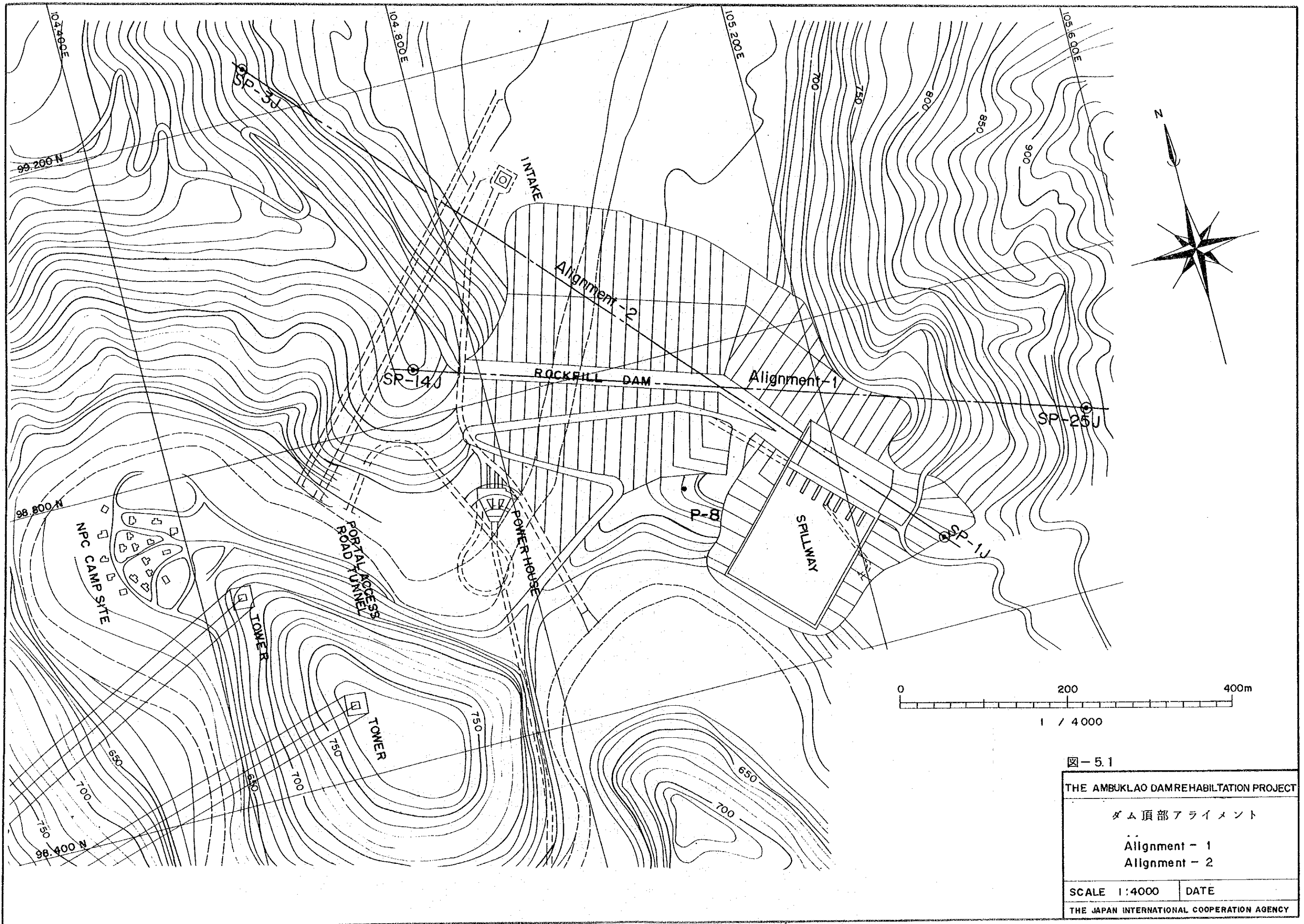
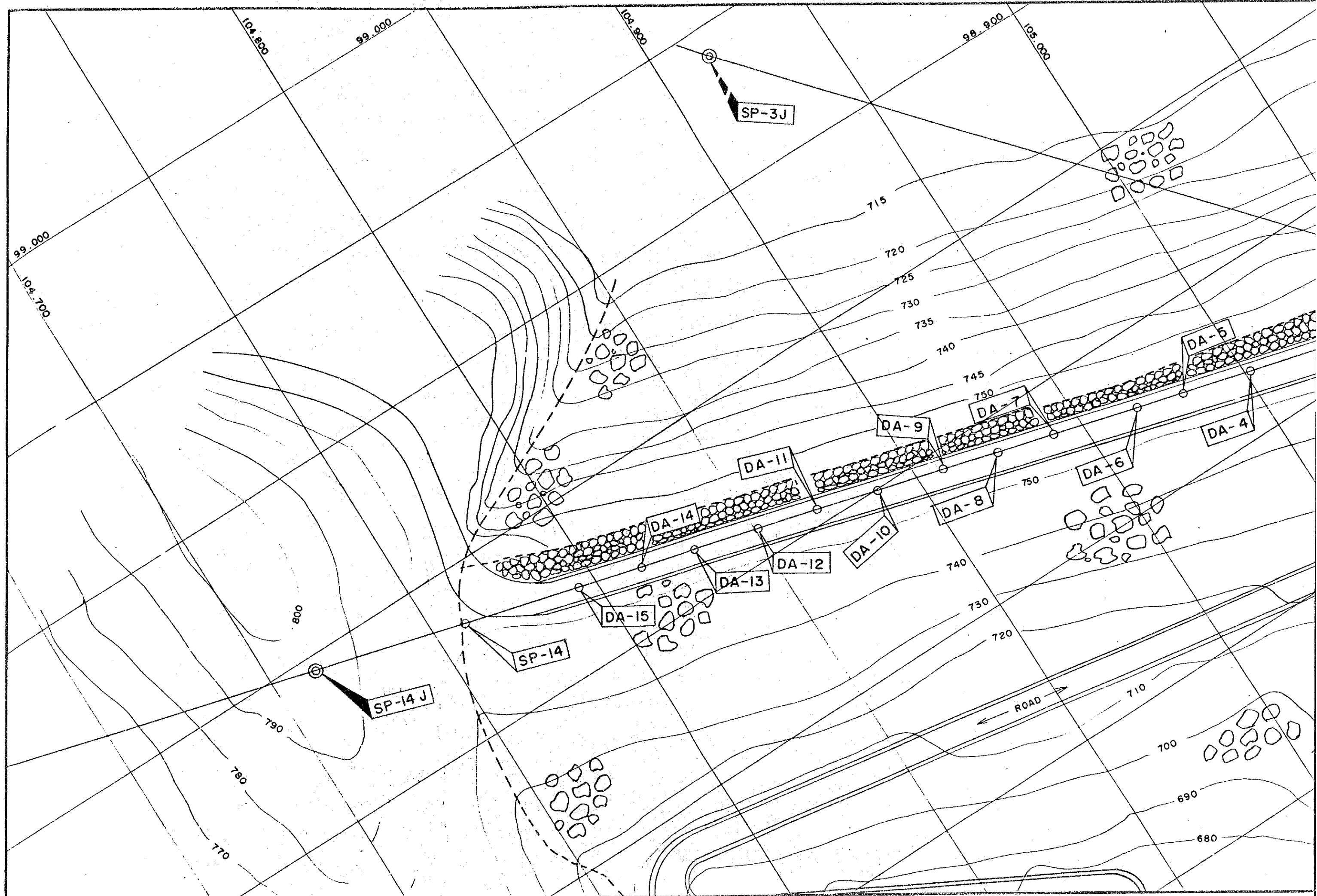
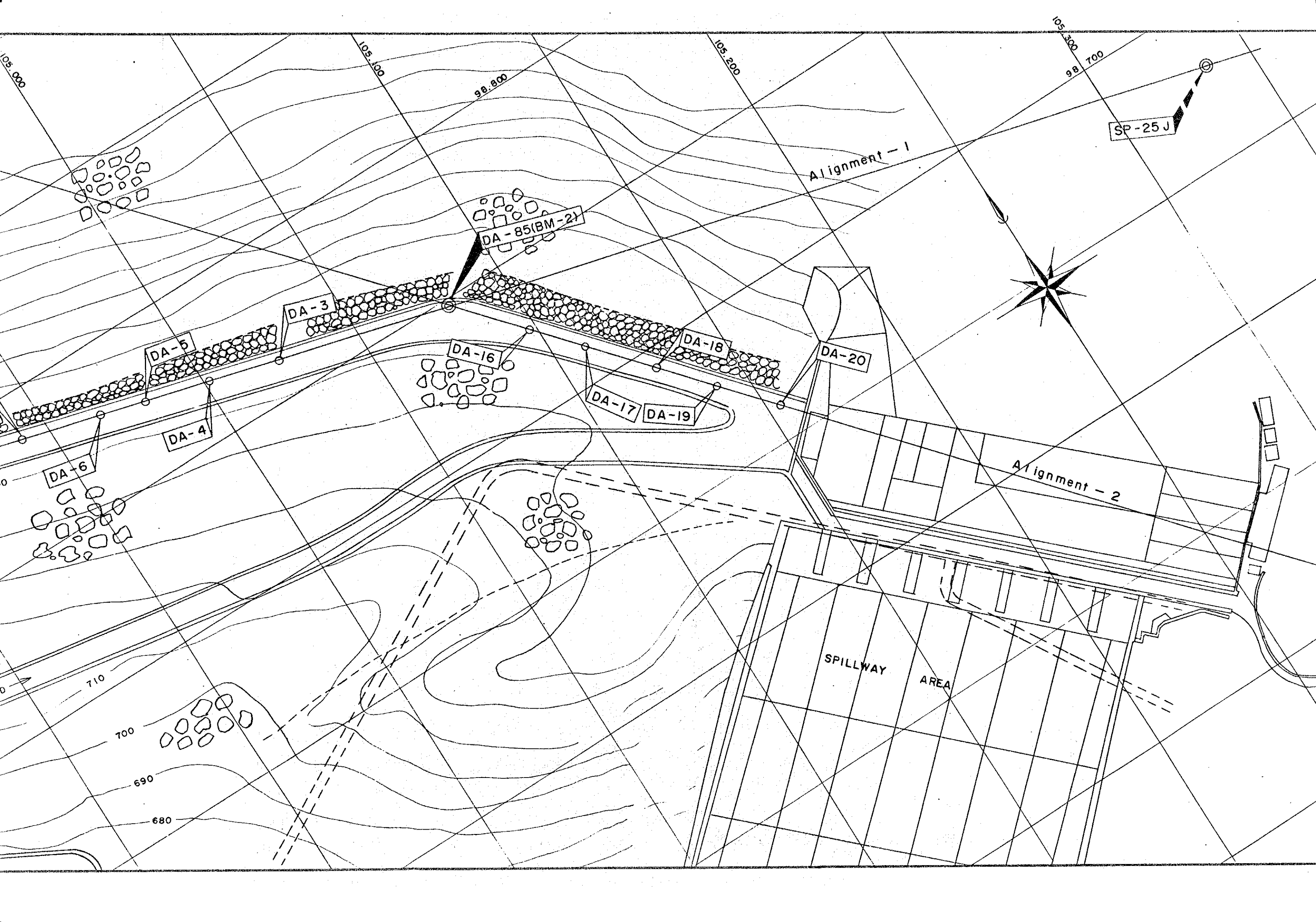
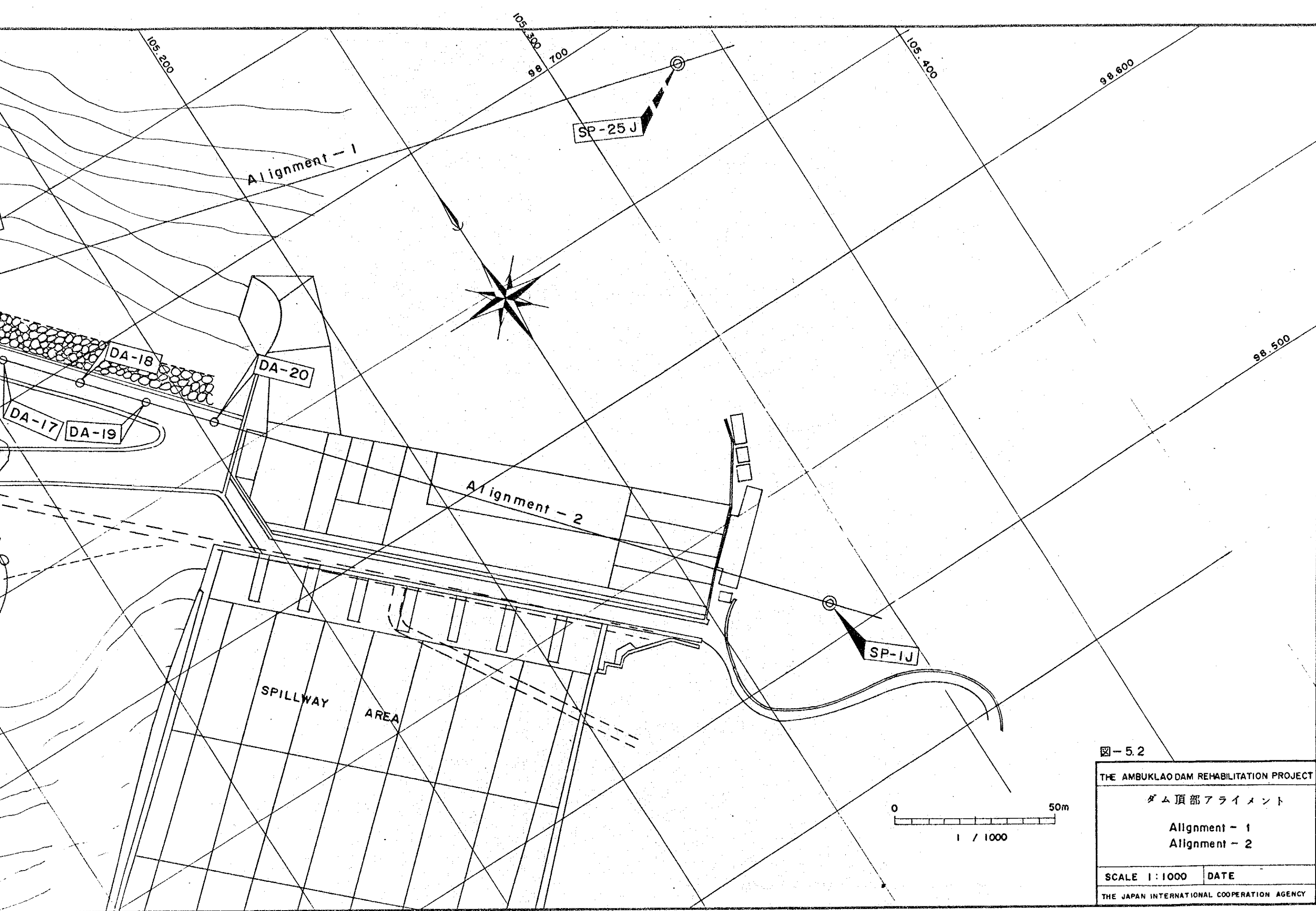


図-5.1
 THE AMBUKLAO DAM REHABILITATION PROJECT
 ダム頂部アライメント
 Alignment - 1
 Alignment - 2
 SCALE 1:4000 DATE
 THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY







☒-5.2

THE AMBUKLAO DAM REHABILITATION PROJECT

ダム頂部アライメント

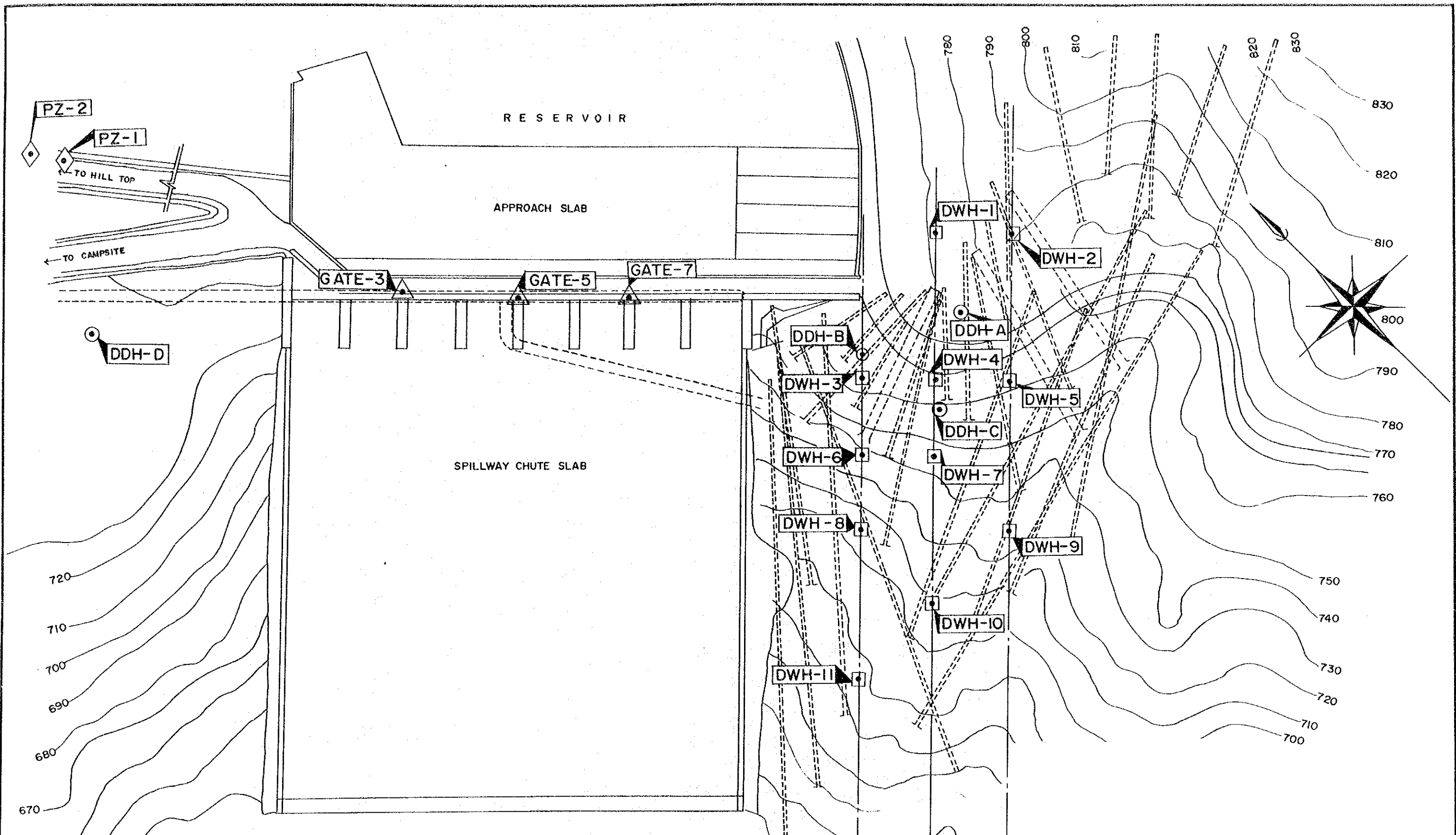
Alignment - 1

Alignment - 2

SCALE 1:1000

DATE

THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



EXPLANATION

- ▲ OPEN PIPE PIEZOMETER (SPILLWAY) GATE-3,5,7
- ◆ OPEN PIPE PIEZOMETER (DAM CREST) PZ-1,2
- INCLINOMETER HOLE DDH-A ~ D
- ADDITIONAL DRILLING HOLE DWH-1~11

図-5.3
 THE AMBUKLAO DAM REHABILITATION PROJECT
 地下水位観測孔配置図
 SCALE 1:1,000 DATE
 THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

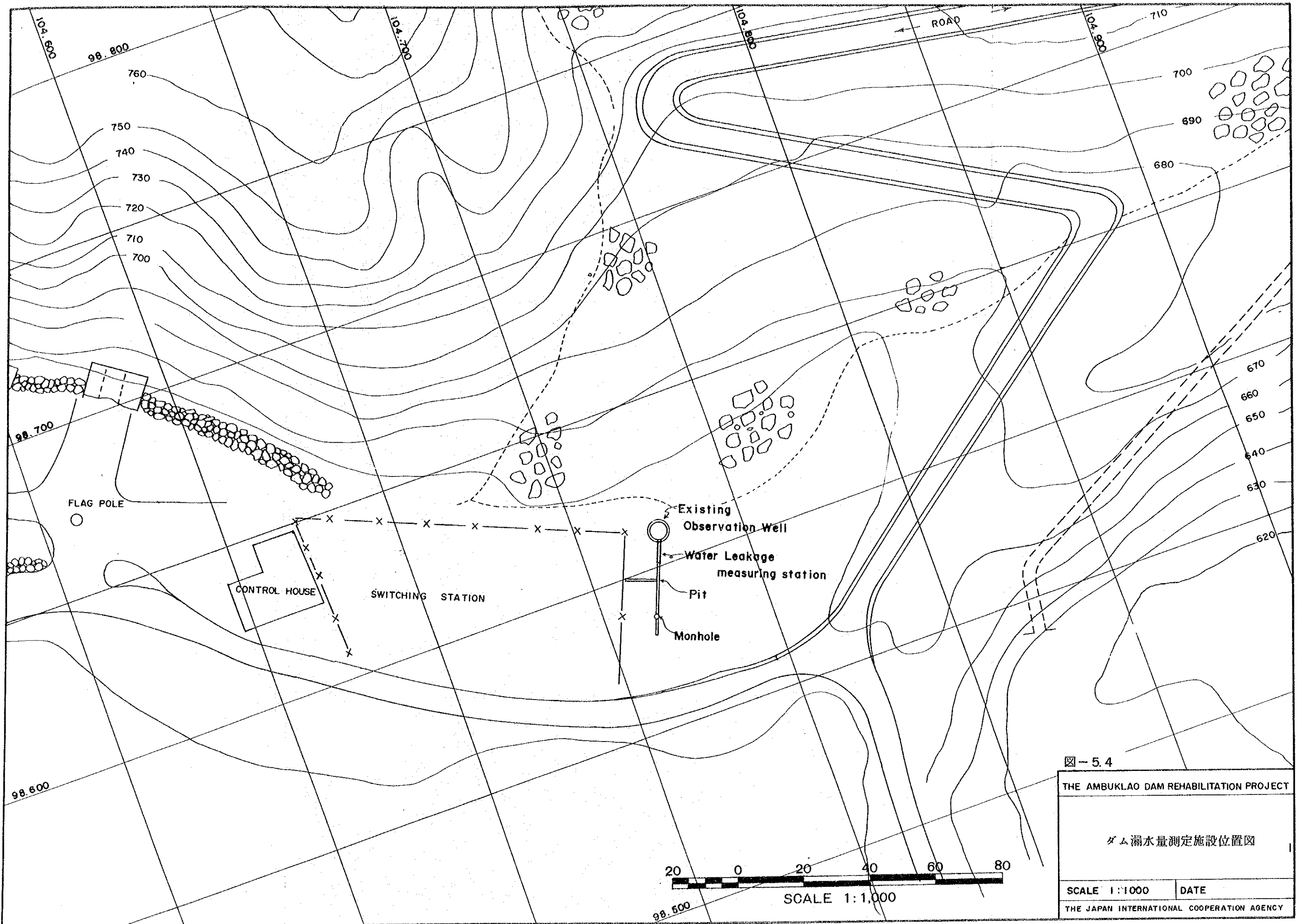


図-5.4

THE AMBUKLAO DAM REHABILITATION PROJECT

ダム漏水量測定施設位置図

SCALE 1:1000

DATE

THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

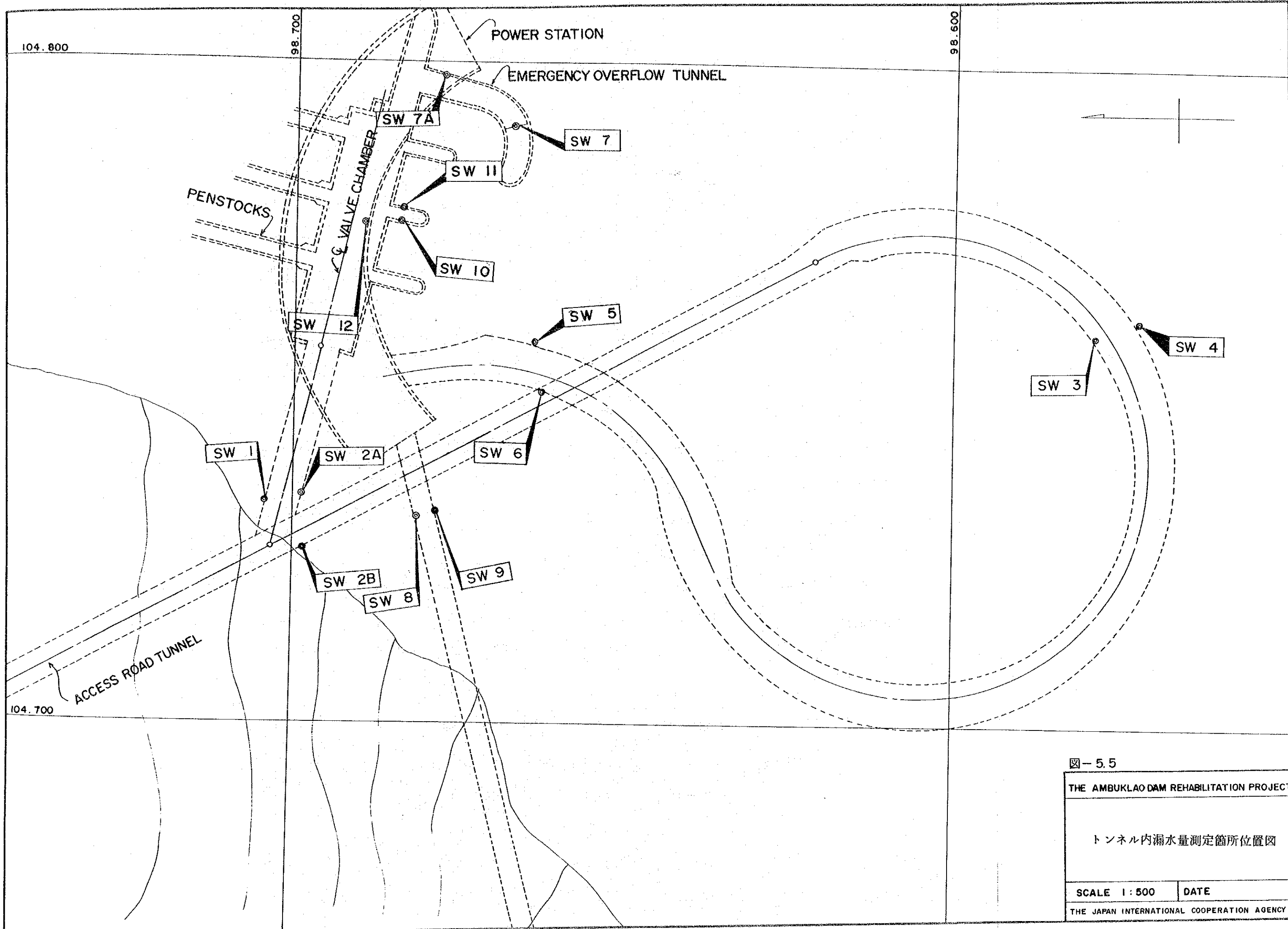


図-5.5

THE AMBUKLAO DAM REHABILITATION PROJECT

トンネル内漏水量測定箇所位置図

| | |
|--|------|
| SCALE 1:500 | DATE |
| THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY | |

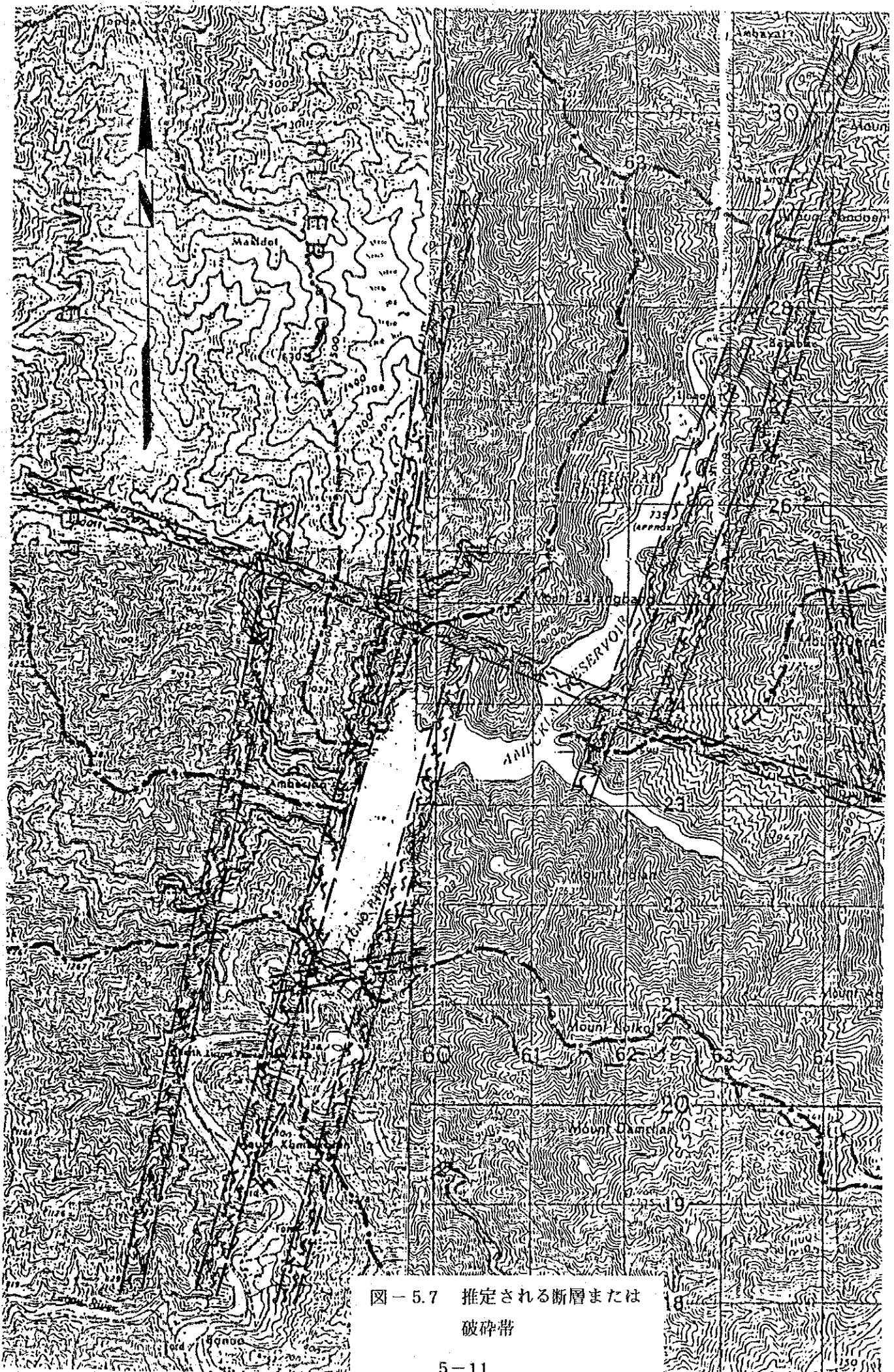


図-5.7 推定される断層または
破砕帯

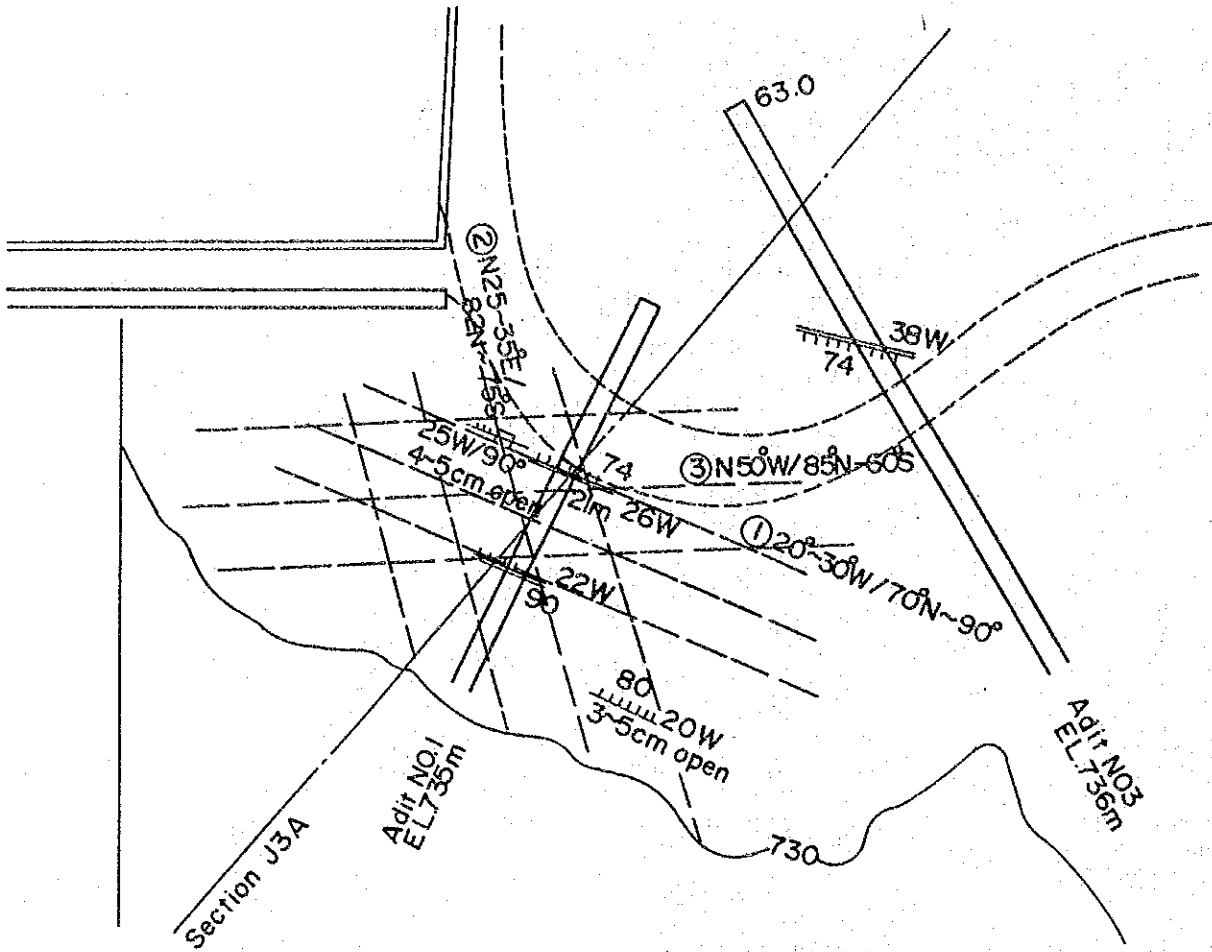


図-5.8 洪水吐左岸アバットメントのEL. 730m水平断面図

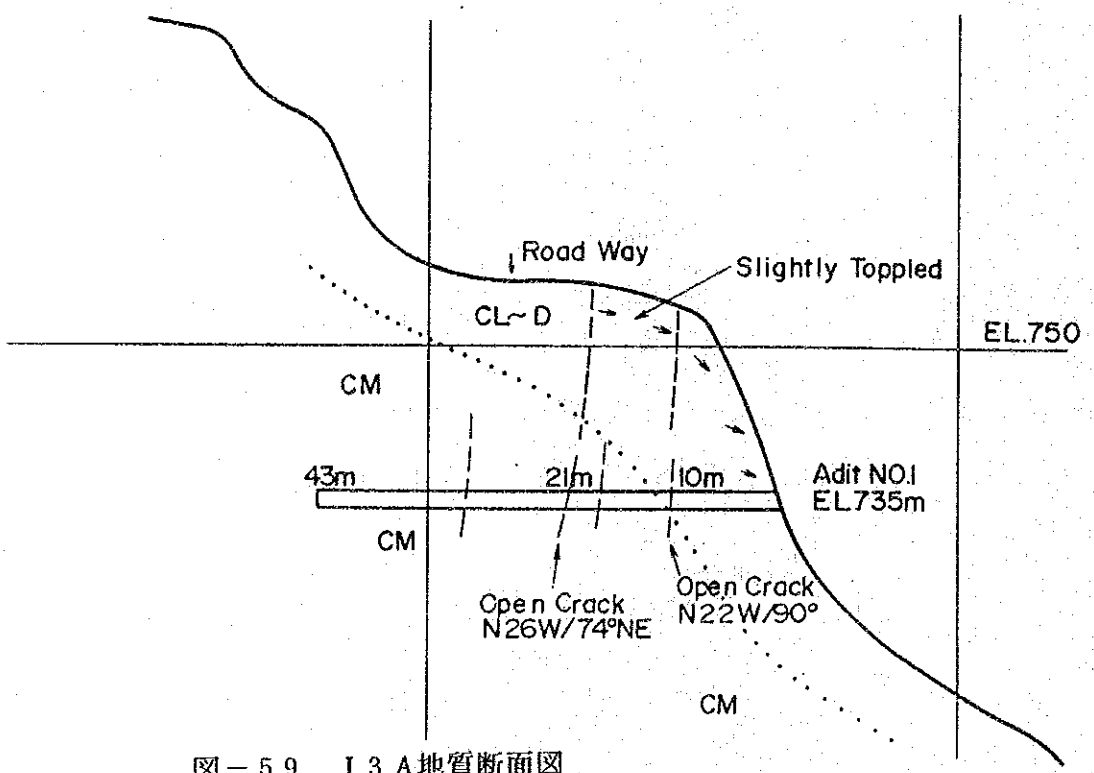


図-5.9 J3A地質断面図

表-5.1 トンネル内漏水量測定用堰の詳細

| STATION No. | LOCATION | Total Width B (m) | Depth D (m) | Width of Weir D (m) | Type of Weir * |
|-------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|
| SW-1 | ACCESS TUNNEL | 0.19 | 0.12 | 0.14 | TYPE-I |
| SW-2A | ACCESS TUNNEL | 0.175 | 0.11 | 0.14 | TYPE-I |
| SW-2B | ACCESS TUNNEL STA. 0+187.0 | 0.22 | 0.12 | - | TYPE-II |
| SW-3 | ACCESS TUNNEL STA. 0+324.0 | 0.25 | 0.09 | - | TYPE-III |
| SW-4 | ACCESS TUNNEL STA. 0+325.0 | 0.23 | 0.07 | - | TYPE-III |
| SW-5 | ACCESS TUNNEL STA. 0+485.0 | 0.28 | 0.11 | - | TYPE-II |
| SW-6 | ACCESS TUNNEL STA. 0+482.0 | 0.265 | 0.17 | - | TYPE-II |
| SW-7 | SURGE CHAMBER | 0.48 | 0.205 | - | TYPE-IV |
| SW-7A | PENSTOCK ADIT | 0.43 | 0.10 | - | TYPE-II |
| SW-8 | CASLE TUNNEL | 0.14 | - | - | Measurement of flow velocity |
| SW-9 | CABLE TUNNEL | 0.31 | - | - | - ditto - |
| SW-10 | POWERHOUSE | 0.21 | - | - | - ditto - |
| SW-11 | POWERHOUSE | 0.19 | - | - | - ditto - |
| SW-12 | POWERHOUSE | 0.31 | - | - | - ditto - |

- * TYPE-I rectangular weir
 TYPE-II right angled triangular weir
 TYPE-III 60 angled triangular weir
 TYPE-IV suppressed rectangular

表-5.2 1987年追加調査工事計画および実績表

| Work Item | | January | | February | | March | | April | | May | | June | | July | | August | | September | | October | | November | | December | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|----|----------|----|-------|----|-------|----|-----|----|------|----|------|----|--------|----|-----------|----|---------|----|----------|----|----------|----|--|
| | | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 20 | |
| Drilling | DWH-1 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DWH-2 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DWH-3 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DWH-4 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DWH-5 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DWH-6 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | DWH-7 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DWH-8 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DWH-9 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DWH-10 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DWH-11 | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DWR-1 (Reservoir) | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DWR-2 (Reservoir) | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leakage Measuring Station | Tunnel | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dam | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Water Level Gage | Bokod | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kabayan | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Installation of fixed survey point | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Location and levelling of drill holes | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cross sectional survey | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Detailed topographic survey | Tentative | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Actual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Legend: ●--beginning of monitoring
 A---constructing trail access way
 B---mobilization of drilling, water pumps, Laying water pipe line
 C---drilling and water pressure test
 D---demobilization

表-5.2

表-5.3 岩盤分類規準

| | | 硬 質 岩 |
|------|----------------|---|
| 岩盤等級 | | 一応の目安としては新鮮な岩石のテストピースの一軸圧縮強度が800 $\times 10^4$ ~1,000 $\times 10^4$ 以上のものである。岩石ハンマーによる打撃では一般に金属音を発する。 |
| A | | 岩質は極めて新鮮で、火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は全く風化変質しておらず、また節理はほとんど分布していない。岩盤としては極めて堅牢、固密である。 |
| B | | 岩質は新鮮で、火成岩の造岩鉱物あるいは、堆積岩の構成粒子はほとんど風化変質していない。また節理の分布は疎らであり、密着している。岩盤としては堅牢、固密である。 |
| C | C _H | 岩質は概ね新鮮、堅硬であるが、火成岩では造岩鉱物中、長石類および雲母、角閃石などの有色鉱物がわずかに風化変質している場合もあり、また堆積岩類では構成粒子として二次的に存在する長石類、および有色鉱物がわずかに風化変質している場合もある。節理はかなり分布しており、また節理面は風化変質をうけて変色汚染されている場合が多く、時には風化物質がうすく付着していることもあるが、一般には概ね密着している。岩盤としては堅固である。 |
| | C _M | 岩質は一般にやや風化変質している。このうち火成岩では石英を除き、長石類および有色鉱物は風化を受け、しばしば褐色あるいは赤褐色を呈している。また堆積岩類では構成粒子として二次的に存在する長石類および有色鉱物が風化変質し、火成岩の場合と同様、しばしば褐色あるいは赤褐色を呈している。節理は開口し、しばしば粘土あるいは風化物質を挟在している。このクラスの岩石中には、細かな毛髪状割目が多量に胚胎していることが多いので岩石ハンマーで強打すれば、この毛髪状割目を分離面として崩壊することがしばしばある。この他岩質は新鮮であっても開口節理の分布が著しくクラッキーな状態を示すものもこのクラスに含まれている。 |
| | C _L | 火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は著しく風化を受けているために、岩石全体としても一般に褐色あるいは赤褐色を呈する。節理は開口し、粘土および風化物質の挟在が著しい。このクラスの岩石では細かな毛髪状割目の分布が著しく、さらにこの割目に沿って風化も進んでいるので、岩石ハンマーによる軽打によって容易に崩壊あるいは陥没する。この他、岩質は新鮮であっても、開口節理の分布が著しく、石積状の産状を示すものもこのクラスに含まれる。 |
| D | | 火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は著しく風化を受けしばしば砂状および粘土状を呈する部分が見られる。このクラスの岩盤では節理の分布はむしろ不明瞭である。 |
| 該当岩石 | | (1) 深成岩、半深成岩および火山岩等の火成岩類がこれに該当する。 (2) 中生代以前の砂岩、礫岩、チャート、石灰岩および輝緑凝灰岩等の堆積岩および火山砕屑岩がこれに該当する。ただし粘板岩、頁岩は原則的には除外する。 (3) 変成岩のうち、比較的塊状の片麻岩は、これに該当する。ただし、結晶片岩類は除外する。 その他新第三紀の堆積岩および火山砕屑岩にもこれに該当するものもある。 |
| 摘 要 | | |

表-5.4 ダムサイトの岩級区分と力学常数

| 岩級等級 | せん断強度 | 弾性係数 |
|----------------|--|------------------------------|
| C _M | $\tau = 18.0 \text{ kg/cm}^2 + \sigma \tan 45^\circ$ | $E = 30,000 \text{ kg/cm}^2$ |
| C _L | $\tau = 7.5 \text{ " } + \sigma \tan 40^\circ$ | $E = 13,000 \text{ "}$ |
| D | $\tau = 4.0 \text{ " } + \sigma \tan 35^\circ$ | $E = 6,500 \text{ "}$ |

6. 測定マニュアル

6. 漏水量、変位および地下水位の測定マニュアルの作成

6.1 漏水量測定

6.1.1 ダム漏水量の測定

図一 5.4 にダムの漏水量測定位置を示し、また図一 5.5 には、その構造が示されている。漏水量の測定は、図一 5.5 に示された流量測定ピットの下流側に設けられた直角三角堰を越流する水深を計測する。計測には、JICA から供与された自記水位記録装置を用いる。自記水位記録装置の使用方法は、供与時に、機器に添付された取り扱い説明書に細かく記載されている。

また、漏水量は、式(6-1)によって計算することができるが、図一 6.1 に示したH-Q 曲線を用いて読み取るのが簡便である。

直角三角堰の場合の計算式

$$Q = C \cdot h^{5/2} \dots\dots\dots (6-1)$$

$$C = 81.2 + 0.24/h + (8.4 + 12/\sqrt{D}) \cdot (h/B - 0.09)^2$$

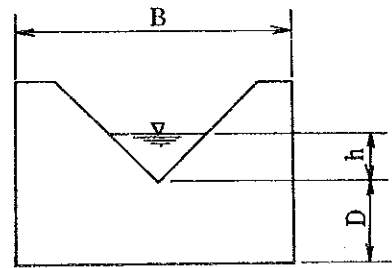
ここに、Q = 流量 (m³/min)

h = 越流水深 (m)

C = 流量係数

B = 幅 (m)

D = 堰までの高さ (m)



測定頻度は、自記記録のため、1時間ごとに印字される。1日1回定刻を設定し(例えば9⁰⁰ AM)、この時の漏水量を求め、記録表に記入する。同時に定刻のダム水位および当日の雨量を別途測定して、同じ表に記入する。また、図一 6.2 に例示するような要領に従って、図化を計る。

自記記録用紙の取り替えは、2か月毎に行なう。取り替え時には、必ずテスト印字を行ない、プログラムの内容を印字する。

6.1.2 地下発電所周辺の漏水量測定

地下発電所周辺トンネル内の漏水観測(図一 5.6 参照)は、現地にて直接測定を行なう。この場合、SW-1~SW-7Aまでは、堰の越流水深をはかり、次に示す各式を用いて、漏水量

を求める。また、SW-8～SW-12の5か所では、流速を測定して、この時の水深と水路幅から流積を求め、流速を乗じて、流量を求める。

(1) SW-1およびSW-2A(四角堰の場合)

$$Q = C b h^{3/2} \dots\dots\dots (6-2)$$

$$C = 107.10 + 0.177/h + 14.22 \cdot h/D - 25.68 \cdot \sqrt{(B-b)h/B \cdot D} + 2.04 \cdot \sqrt{B/D}$$

ここに、Q = 漏水量 (m³/min)

b = 切欠きの幅 (m)

C = 流量係数

B = 全幅 (m)

D = 堰までの高さ (m)

(2) SW-2B, SW-5およびSW-6(直角三角堰)

式(6-1)を用いる。

(3) SW-3およびSW-4

$$Q = C h^{3/2} \dots\dots\dots (6-3)$$

$$C = 1.363 \cdot (34.38 + 0.1098/h)$$

なお、記号は、式(6-2)の場合と同じである。

(4) SW-7(全幅堰)

$$Q = C B h^{3/2} \dots\dots\dots (6-4)$$

$$C = 107.10 + (0.177/h + 14.22 \cdot h/D)$$

なお、記号は、式(6-2)の場合と同じである。

以上求められた漏水量は、経時的变化が明瞭に判かるよう、図-6.3に例示するような要領に従って図化する、また、この図には貯水池水位および雨量のデータを併記する。

6.2 ダムの変形量測定

6.2.1 水平変位量

水平変位量は、JICAより供与されたセオドライトを用い、Alignment-1とAlignment-2（図-5.1，図-5.2参照）について、視準測量を行なって求められる。Alignment-1の場合、固定点は、SP-3Jで、引照点は、SP-1Jである。一方、Alignment-2の場合は、固定点は、SP-25Jであり、また引照点は、SP-14Jである。

何れのAlignmentの場合も、固定点に据え付けられたセオドライトにより、変位量を求めようとする可動標的（DA-3など）を視準し、両点間距離、天頂角および水平角を求める。

またこれらの測定値を用いて、式（6-5）により水平変位量を求める。

$$\delta x = L \cdot \sin \theta_v \cdot \sin \theta_h \dots\dots\dots (6-5)$$

ここに、 δx = 水平変位量 (mm)

L = 測点間距離 (mm)

θ_v = 天頂角 (°)

θ_h = 水平角 (°)

6.2.2 鉛直変位量

鉛直変位量は、アンブクラオダムの基準点P-8（座標値北緯 $16^{\circ}27'40.46''$ 東経 $120^{\circ}44'35.11''$ 、標高742.464m）を基に、それぞれの測点をレベルにより水準測量を行ない、各測点の鉛直変位量を求める。基準点P-8の位置は図-5.1に示すとおりである。

6.3 地下水位測定

図-5.3に示した11本のボーリング孔、3本のインクリノメーター、2本のダム頂部ピエゾメーター、および3本の洪水吐ゲートのピエゾメーターなど、計8孔の孔内水位を測定する。水位の測定は、ケーシングパイプの天端から孔内の水面までの深さを、JICAより供与された地下水面検出器を用いて行なう。

測定されたデータは、表-6.1に記入し、また図-6.4の例に従って、定期的にプロットして図化を計る。

6.4 各種計測の頻度

ダム本体については、築造後、既に30年を経過していることを考慮して、計測頻度を設定する。

一方、洪水吐き左岸アバットメントについては、地下水位観測孔を、今回新設したこと、更には、地山の安定上、地下水位が支配的であることなどを勘案して、年サイクルの地下水位の動態の把握ができるまで、比較的密な計測頻度を設定するものとした。

表-6.2に各種計測の頻度を一括して示してある。

表-6.1 地下水位観測データシート

洪水吐左岸アバットメント
(Spillway left abutment)

ピエゾメーターおよびインクリノメータ
(Dam crest and Inclinator hole)

| HOLE No | DATE | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------|--|--|--|--|--|--|
| DWH-1 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-2 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-3 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-4 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-5 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-6 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-7 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-8 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-9 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-10 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DWH-11 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |

| HOLE No | DATE | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|--|--|--|--|--|--|
| PZ-1 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| PZ-2 Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DDH-A Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DDH-B Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DDH-C Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |
| DDH-D Casing(Top) EL. | Reading(m) (Depth) | | | | | | |
| | Water Level (EL.) | | | | | | |

表-6.2 ダム計測の頻度

| Measuring Item | Interval of Measurements | Discriptions |
|--|------------------------------|---|
| Precipitation | Once a Day | |
| Reservoir Water Level | Once a Day | |
| Leakage Dam | Once a Week | |
| Leakage Power Station | Once a Day | to be reduced in future |
| Water Level Openpipe Piezometer | Once a Month | to be reduced water level rising up in future |
| Water Level O.P. Dam Crest | Once a Week | |
| Water Level Inclinometer Hole | Once a Week | |
| Water Level Spillway Left Abutment | Once a Week | to be reduced in future |
| Dam Displacement Alignment-1 Alignment-2 | Once a Month Once a Month | to be reduced in future |
| Inclinometer | Once a Week | |

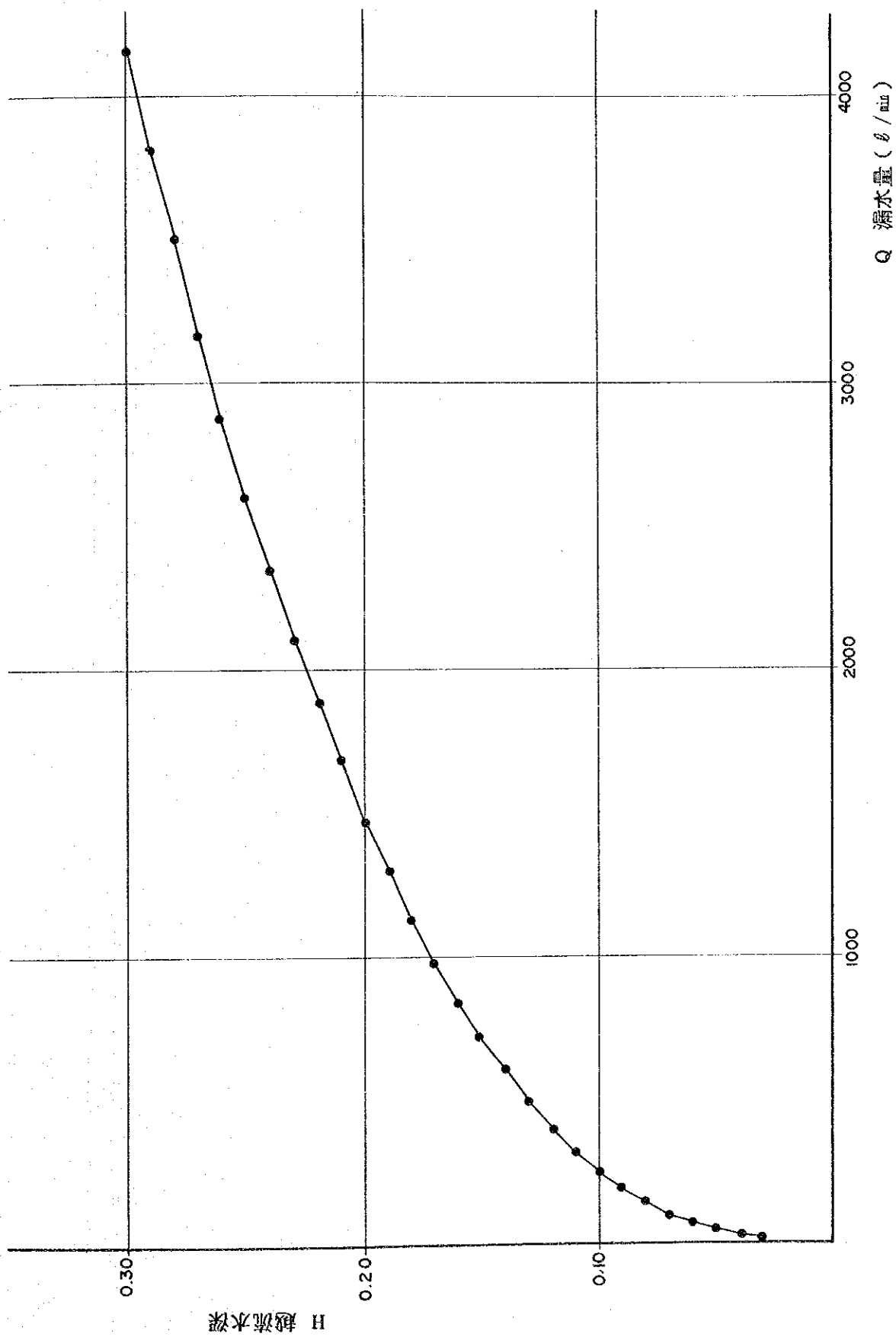
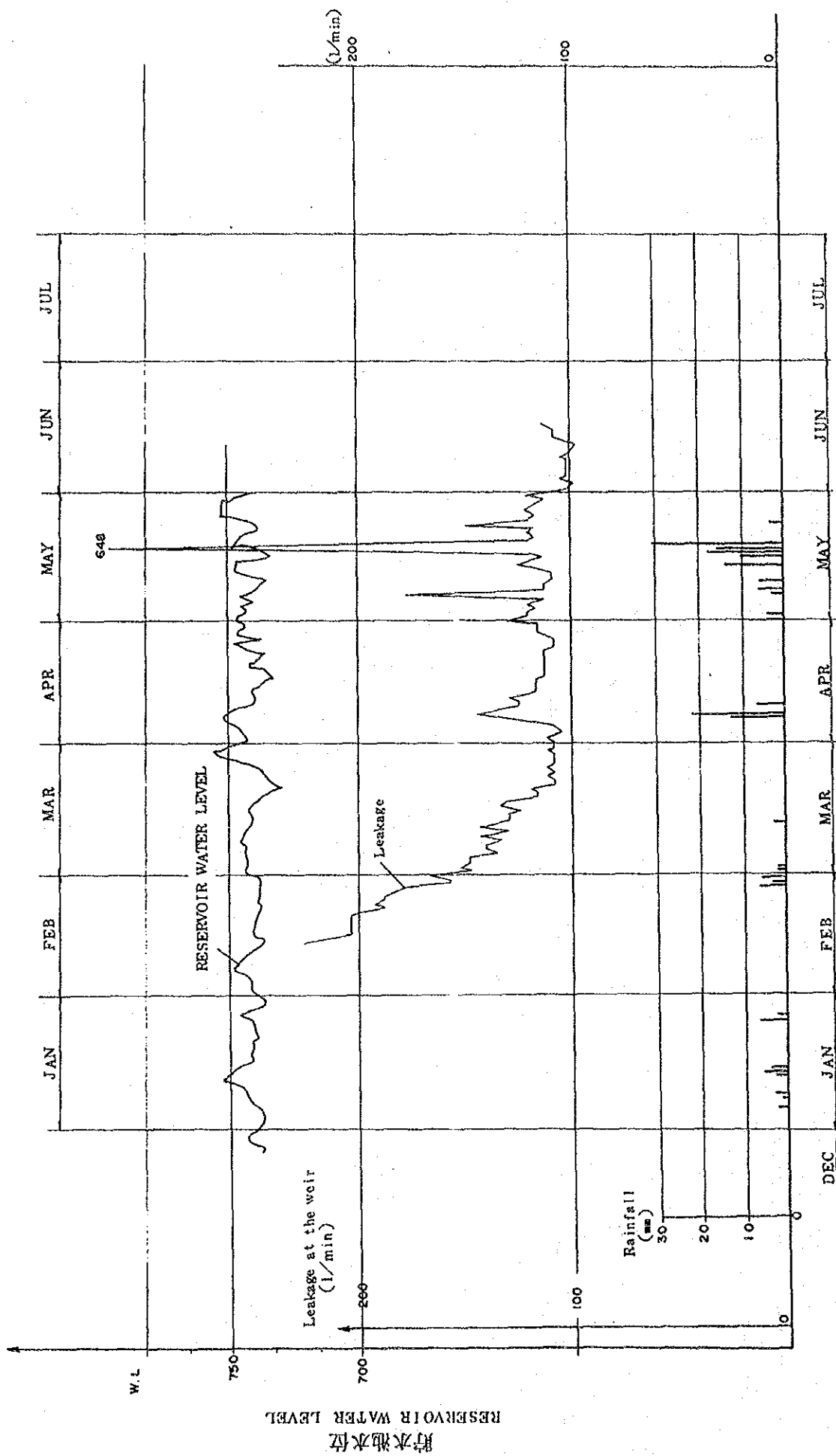
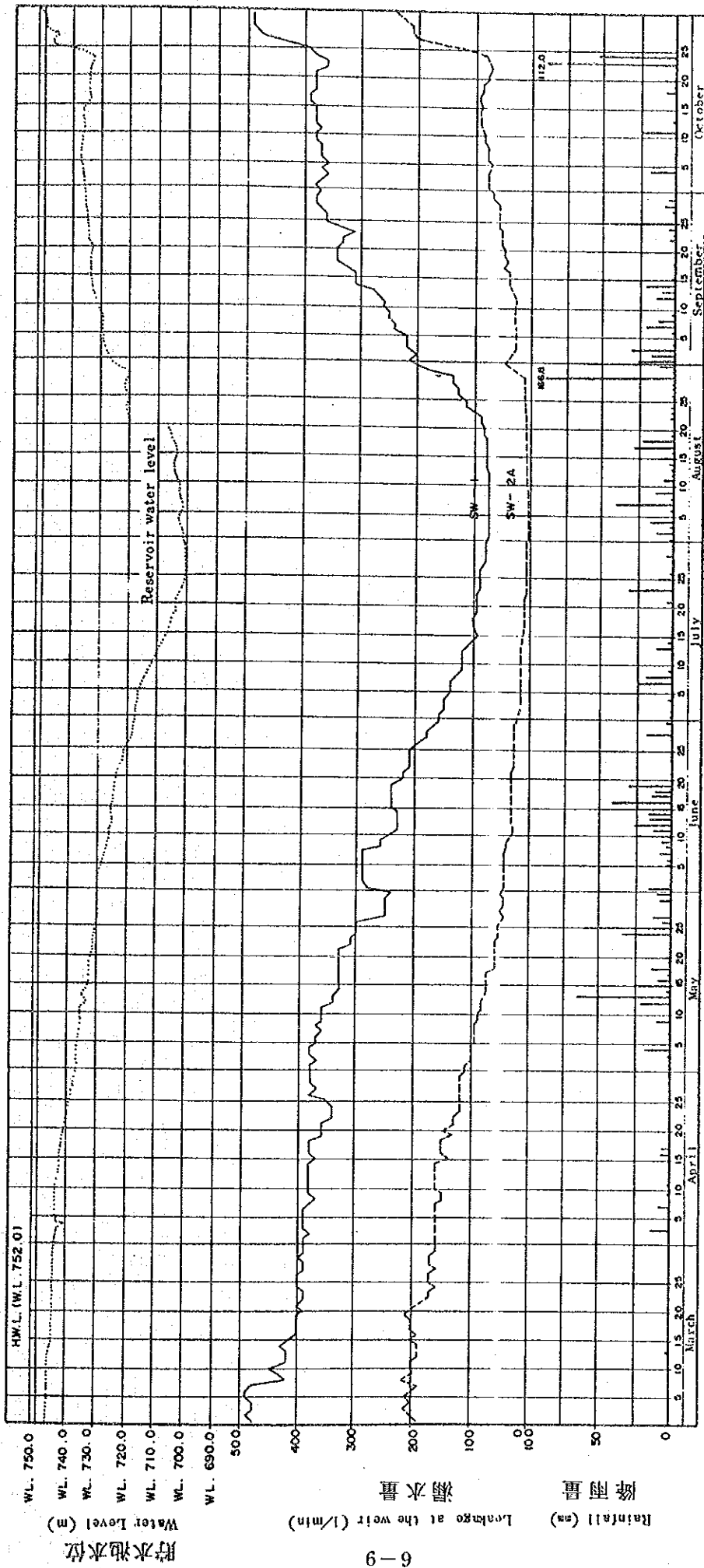


图-6.1 H-Q 曲线

WATER Leakage at Weir



図一6.2 ダム漏水量測定記録の一例



図一6.3 トンネル内漏水量測定記録の一例

Ground - Water Level of AMBUKLAO Dam

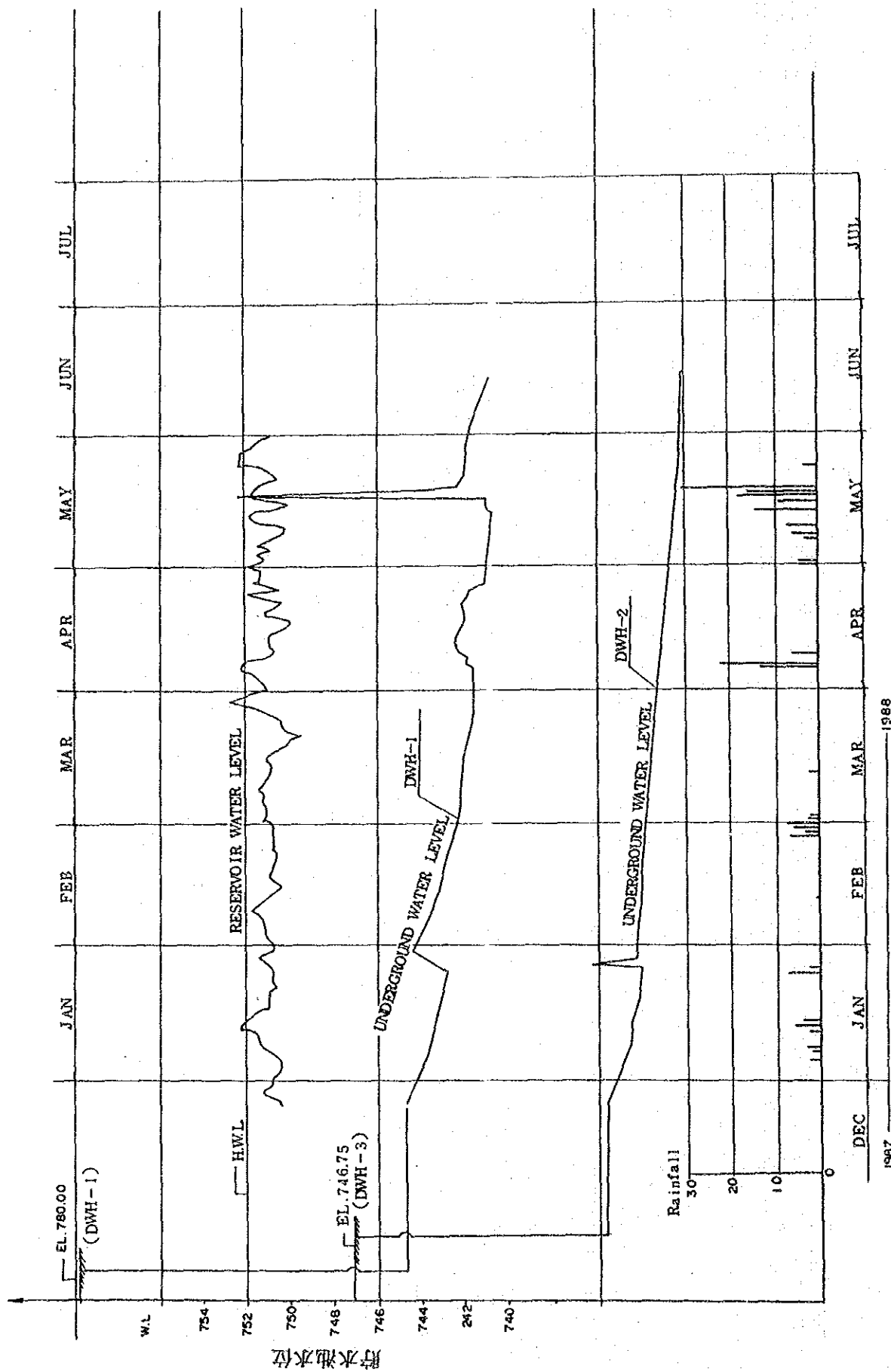


図-6.4 地下水観測記録の一例

7. モニタリング

7. モニタリング

アンプクラオダムにおいて、実施しているモニタリングの内容は、次の通りである。

7.1 漏水量及びその水質

漏水量の測定は、ダム直下流に設置したダム漏水量測定装置と、地下発電所の周辺に数箇所設置した流量測定装置によって測定されている。それらの配置は、図-5.4 および図-5.6 に示す通りである。また、本調査期間中に収録された測定結果は下記の通りである。

| | |
|--------------|--|
| ダム漏水量測定 | 1987年 3月 1日から連続計測 1987年 11月 12日まで測定結果収録 |
| 地下発電所周辺漏水量測定 | 1987年 3月 1日から連続計測 1987年 11月 12日まで測定結果収録 |

また、水質調査については必要ないと判断したので実施しなかった。

7.2 変形

1) ダムの変形

ダム変形測定は、ダム頂部の Alignment - 1 及び Alignment - 2 の 2 測線に於いて測定されている。

それらの測線の位置は、図-5.1 の通りである。

ダム変形測定は、1987年3月17日から連続計測されており、1987年11月6日までの測定結果を収録した。

2) インクリノメーター

インクリノメーターの測定は洪水吐左岸の既設（1979年設置）の調査孔に於いて測定されている。その位置は図-5.3 に示す通りである。

測定は1987年3月13日から連続測定されており、1987年8月10日までの測定結果を収録した。

7.3 洪水吐左岸ボーリング孔およびダム堤体内の地下水位

左岸ボーリング孔およびダム堤体内の地下水位の測定は、つぎのとおり実施されている。
また、その配置は、図-5.3のとおりである。

| | |
|-----------|---|
| ダム堤体内地下水位 | 1987年 2月 5日から連続計測 1987年 8月25日まで測定結果収録 |
| 左岸ボーリング孔 | ボーリング完了後から連続計測 DWH-1, 2, 4, 5 孔は1987年11月9日まで測定結果収録 DDH-A, B, Cおよび堤体内測定孔は、1987年8月25日まで測定結果収録 |

7.4 貯水池水位

アンブクラオ水力発電所は、1時間ごとに貯水池水位を測定し、記録している。

7.5 流入量・流出量

流入量および流出量は、アンブクラオ水力発電所にて記録されており、必要に応じて入手できる。

7.6 降雨量

降雨量は、毎日測定されており、モニタリング時に記録する。

7.7 地震記録

アンブクラオダム地点においては、有益な地震記録は、入手できなかった。しかし、アグノ川下流域の Bongel 及び Kanoong Station のデータは入手できた。