

第 6 章

ダムと土木構造物

6章 ダムと土木構造物

6.1 調査方法、結果、分析

6.1.1 現地調査

ダム発電計画の土木構造物の主要諸元を表 6.1 に、又土木構造物の全体配置図を図 6.1 に示す。

現地調査はダム及び導水路等の土木構造物の現況調査と改修計画策定のため、1994年の7月中旬から8月中旬までの約1ヶ月間に亘って行われた。主な調査項目は以下に示す通りであった。

- －貯水池堆砂調査 : エコーサウンダーによる貯水池深浅測量。貯水池内堆砂のサンプリングと粒度分析
- －目視による土木構造物の現況調査 : 水中部分の土木構造物を除くダム、洪水吐、導水路（取水口、水圧鉄管路、発電所及び放水路）等の土木構造物の現況調査
- －地形測量 : 洪水吐付近でのダムの横断測量及び水準測量
- －潜水調査 : 取水ゲート及び可動式トラッシュラックが降りる取水口立坑の底部、並びに洪水吐の入口部及び洪水吐右岸側壁付近のダム上流側法先部
- －土木構造物に関するデータ及び情報収集 : ダムからの漏水量記録及びダム堤体内の水位記録。導水路トンネルと水圧鉄管の点検記録
- －1993年洪水被害の資料、情報収集 : 1993年12月に発生したダム下流域（ドンドウン州）の洪水被害に関する資料

上記現地調査は PC-2 から派遣されたカウタンパートと共同で行われた。調査期間中、貯水池水位は約 標高1,025 m と常に一定で、貯水池満水位 標高1,042 m より約17 m 低い貯水池水位が続いた。

6.1.2 貯水池内の堆砂現況

(1) 貯水池横断測量

今回の現地調査では、日本より持ち込んだエコーサウンダー（音響測深機）による貯水池深淺測量に調査の重点をおいた。同測量調査は貯水池堆砂の現況を確認することを目的としている。本調査団員及びカウンターパートは限られた期間内に調査が完了するよう最善を尽くした。しかし、日によっては悪天候下の波浪の影響を受け、小型ボートによる貯水池深淺測量は困難を極めた。

図 6.2 及び 図 6.3 に、今回実施された貯水池横断測量の測線の位置を示す。測量結果は本章の付属資料の中に取りまとめである。

1973年貯水池上流域に於いて横断測量が行われた箇所は、ダニム川上の D1、D2、D3 の 3 測線、並びにクロンクレット川上の K1、K2 の 2 測線である。これら測線の位置は 図 6.2 に示す通りである。これら上流域の測線地点は木や草が生い茂っており、今調査期間中には 1973年の調査時に設置された測線 D1 の杭を発見できなかった。今調査期間中貯水位は標高 1,025 m 付近で低く、貯水池上流域ではエコーサウンダーによる深淺測量は水深が低く実施できなかった。従って、貯水池上流域の 2 支流では、レベルを用いた水準測量を実施した。ダニム川が D3、旧クロンクレット川が D1 のそれぞれ 1 測線の横断測量を行った。

将来に亘って今回設置した測線を使って貯水池堆砂を観測出来るよう、図 6.4 に示す通り測線の両端にコンクリート製の測量杭を今調査期間中に設置した。今後、これら測線における貯水池堆砂状況をチェックする際は、最新の貯水池堆砂測量システムを利用することを提案する。

(2) 暫定的な貯水池容量の算定

図 6.5 に示すドラングムの貯水容量曲線は、プロジェクト設計時に地形図上でプランニメーターを用いて各等高線毎の面積を求め、作成したものである。一方、現在の残存貯水容量は、

測水池横断測量に基づいて算定せざるを得ない。これら、貯水池完成前と完成後の貯水容量算定方法の違いを考慮すると、原則としては、今回の貯水池横断測量で得られた横断面図と、過去設置された測線又はプロジェクト設計当時に貯水容量曲線の作成に用いた地形図から得られる同測線の位置での横断面を比較することにより、長期間に亘る貯水池内の堆砂状況を把握すべきである。本調査で実施された貯水池横断測量は、以下に述べる観点から、今後長期間に亘って貯水池の堆砂を監視する為の最初の段階の調査とみなすべきである。

- 今回の貯水池横断測量では、測線及び測線上の基準点の座標を決定する為、簡易 G.P.S. 受信機を使用した。この測定方法の場合最大数百メートルの誤差を伴うことがある。従って、容量を計算する際、隣り合う断面間の正確な距離を決めるのが難しい。
- 図 6.2 で示すとおり、特に貯水池上流域では測量線の数が少なく、地形図上でプランニメーターをまわして容量を算定した場合と比べて、標高が高い部分の貯水池容量に相当の誤差がでる。加えて、本ドラム貯水池のようにその中心部の河川方向の長さに対して巾が相対的に大きい場合、地上測量を含む上記測量が十分に実施されない限り、貯水池横断測量による残存貯水容量算定の精度は、設計当時のプランニメーターによる方法に比べてやや精度が低くなることもある。

本調査期間中、調査団はプロジェクトの設計段階で貯水池容量曲線の作成に使用した地形図を入手できなかった。一方、ダムサイトから取水口付近までをカバーしている部分的な地形図は利用可能であった。本調査で測定された貯水池横断測量結果と、ダムサイトから取水口付近の地形図を基に、各測線に於ける有効貯水容量に相当する横断面の面積の比較を行い、長期間にわたる有効貯水池容量の変化を検討した。その検討結果は以下に示す通りである。

有効貯水量（標高 1,042 m ~ 1,018 m）に相当する横断面積の比較

(単位：m³)

年	測線番号				
	No. 1	K2	D2	D3	I (取水口)
1964*	32,037				56,867
1973**		3,971	1,849	2,648	
1993***		1,809			
1994	32,825	3,608		2,553	55,908
—横断面積減少量	-789	364	40	94	959
—減少率 (%)	-2.5	0.4	0.0	0.2	-1.7
(期間：年)	(30)	(21)	(20)	(21)	(30)

注

1. No. 1、K2、D2、D3 及び I の測量線の位置は 図 6.2 に示す通り。
2. * : 現在利用可能な地形図に基づき算出。
3. ** : "Report on Observation and Study on the Dran Dam and Reservoir of Da Nhim Hydroelectric Project, June 1973" の報告書の中の測量結果に基づき算出。
4. *** : 1993年にダニム発電所の職員が実施した貯水池の横断測量結果に基づき算出。
5. 1994年のデータは、今回の貯水池の横断測量結果に基づき算出。

上記の比較より、貯水池上流域及び下流域において有効貯水量に相当する横断面積は殆ど変化していないといえる。

表 6.2 に示す通り、今回の調査は貯水池横断測量の結果を基に、1994年8月現在の残存貯水容量を算出している。今回算出された残存貯水容量とプロジェクト設計ときに設定された貯水容量の比較結果を以下の表に示す。

プロジェクト設計当時の貯水容量と今回の調査結果
に基づいて暫定的に算定した貯水池容量の比較

(単位：百万m³)

番号	項目	設計当時の 貯水容量 (1)	現在の 貯水容量 (2)	差=(1)-(2)
1.	堆砂容量 (標高 1,014.5 m 以下)	2.0	1.0	1.0
2.	死水容量 (標高 1,018 m (貯水池低水位) 以下)	9.0	7.5	1.5
3.	総貯水容量 (標高 1,042 m (貯水池満水位) 以下)	165.0	146.3(152.3)	18.7(12.7)
4.	有効貯水容量 (標高 1,018 m から1,018 m の間)	156.0	138.8(144.8)	17.2(11.2)

注

括弧内の数値は、表 6.2 で述べているように、クロンレット川の測量線 K1 と K2 の間に仮の測量線を設定し、その横断面を加えて算出した総貯水容量と有効貯水容量である。

上表より貯水池容量に関して、以下のことが言える。

- (i) 1964年のダム完成時から30年を経た現段階で、標高 1,014.5m 以下の堆砂容量は、プロジェクト設計時の堆砂容量 (200万m³) の約50%に減少している。堆砂容量は貯水池下流域において細長い形をしているので今回の測定結果は信頼できる範囲内であると考えられる。
- (ii) 有効貯水量に関しては、今回の予備的な堆積砂量の推定値は計画時に設定された堆砂容量よりも7~11%減少した値を示している。しかし、上述したように貯水池内上・下流の測線では有効貯水量に相当する横断面積はダム完成から長期間を経たにもかかわらず、ほとんど変化していない。このように、今回算定された有効貯水量と、プロジェクト設計時の有効貯水量を単純に比較することは難しい。その理由として言えることは、本調査での堆砂容量の算出は限られた数の貯水池横断測量線に基づき行ったものであり、一方プロジェクト設計時の貯水容量は等高線が入った地形図上でプラニメータを用いて精確に算出されたものであり、前者と後者では算出方法に大きな違いがあるからである。

以上の分析結果より、現時点では貯水池堆砂は危機的な状況ではないと判断できる。しかし、貯水池堆砂調査は、次にかかげる事項に注意して、次期調査において再度実施することを提案する。

- 今回の調査よりも格段に有効貯水容量の正確な算出が出来るよう、測線を追加すること。
- 高精度の本格的な G.P.S 受信機を用いて、測線上の基準点に対する地上測量を行うこと。
- 同G.P.S. をボートに搭載して、貯水池内で測線に沿って移動するボートの位置を常時測定できる、最新の貯水池深淺測量システムを導入すること。

(3) 貯水池堆砂の粒径分析

本調査期間中、以下の地点で貯水池内の堆砂土砂を採取した。採取位置を図 6.8 に示す。

番号	採取位置
1.	取水口の固定式トラッシュラックの前面
2.	ダム堤体先端部付近の洪水吐右岸側水路内
3.	洪水吐越流部付近の洪水吐右岸側水路内
4.	クロンクレット川(支川)上の測線 K2の河床
5.	ダニム川(支川)上の測線 D3 の河床

上記地点から採取した堆砂土砂の粒度分析は、ホーチミン市の水資源総局の研究所 (Southern Institute of Water Resources Research (SIWRR)) で行われた。

粒度分析の結果は、図 6.7 と表 6.3 に示す通りである。これらの粒度分析結果から、貯水池内の堆砂土砂の特徴に関して以下の点が判明した。

- (i) 貯水池流入口の上流域で採取した堆砂土砂と貯水池左岸側の取水口及び洪水吐付近の堆砂土砂を比較すると、前者の方が粒径が細やかである。このように

集水域の上流域から供給される堆砂土砂は粒径が比較的細い。

- (ii) 取水口及び洪水吐付近の堆砂土砂の多くは粒径が粗く、貯水池左岸側の法面崩壊により供給されたものと想定される。

6.1.3 ドランダム の観測記録

1964年のドランダム の完成後、1973年にダム の状況に関する詳細調査が実施され、報告書 “Report on Observation and Study on the Dran Dam and Reservoir of Da Nhim Hydroelectric Project, June 1973” が作成された。同レポートでは、ダム堤体へのコアボーリングを含む現地調査結果に基づき、ダム、洪水吐、及び取水口等の土木構造物は全て満足できる状況にあると述べられている。本調査では、ドランダム の現況に関して、以下に述べるように最近のダム観測・測定データに基づいて検討した。

(1) ダム堤体からの漏水量

ダム堤体からの漏水量は、26個の観測井戸、排水パイプ及びダム完成後ダニム発電所によって補足的に建設された14個の観測井戸、並びに配水路で観測されてきた。しかし、14個の補足観測井戸の中で完全に機能しているものは5個である。26個のオリジナル観測井戸の位置図を図 6.8 に示す。

図 6.9 に、1980年11月から1994年7月までの貯水池水位と測定されたダム堤体からの全漏水量の関係を示す。同図に示すように、下流側のダム表面からの雨水を含んでいると思われる測定結果1個を除いて、ダムからの全漏水量は毎秒80リッター以下である。同最大値の観測時の天候の状況については、ダニム発電所から収集した観測記録の中に記されてある。ダムからの全漏水量データは、いづれも、ダム設計時に設定された貯水池満水位（標高 1,042 m）での漏水量の許容範囲内である毎秒180リッター以下である。このようにダムからの全漏水量に関しては、問題点は何ら見当たらない。

図 6.10 と表6.4 は貯水池水位が満水位を越えた際の上記26個の観測井戸からの漏水量の分布を示している。No.9、No.11、No.12の観測井戸からの漏水量が高い割合を示している。特

に、満水位より約 50cm 上昇した貯水池水位 1,042.5 m の条件下で、No.9 の観測井戸からの漏水量は設計時の 1 つの井戸からの漏水量許容値の上限値 (6.9 リッター) に近い値を示している。

一方、長期間の No.9 の漏水量記録及び他のダム観測記録から以下のことが明かとなっている。

- 貯水池水位が満水位を越えた時、高い漏水量を示す現象はここ 10 年来続いているが、ダム堤体に関して異常な現象は起こっていない。
- 観測井戸 No.9 の付近のダム天端の沈下は見受けられない。
- 貯水池水位が低くなるにつれ、漏水量も少なくなる。

上記より判断すると、貯水池水位が満水位に近い時に No.9 の観測井戸からの高い漏水量の発生は、No.8 及び No.10 等の No.9 の周囲の観測井戸が閉塞している為、漏水が No.9 観測井戸に集中しているものと予測される。上記のドラングダムの漏水量の分布に関しては、既に自然な状態に落ち着いているものと判断される。

(2) ダム天端の沈下

以下の 6.1.4 節で述べる濁水の発生に関連して問題となるダムと洪水吐の接触部に於けるダムの沈下量を調べるため、IP-63.3 地点での横断測量並びに洪水吐付近のダム天端沿の水準測量を本調査期間中に行った。ダム天端の標高の測量結果を図 6.11 及び表 6.5 に示す。同表を見るかぎり、1972 年、1992 年そして 1993 年のダム天端の標高に大きな変化はなく、ここ 20 年間ダムの沈下は起こっていないと言える。今回の測量結果では、図 6.11 に示すように IP-63.3 地点のダム天端の標高は 1,045.3 m であった。一方、この地点より 2 ~ 3 m 離れた地点のダム天端の標高は 1,045.5 m と原設計標高とほぼ同じであった。

今後、ダム沈下の状況を監視するため、洪水吐付近のダム天端の水準測量を行っていくことを提言する。

(3) ダム堤体内部の水位

1992年12月及び1993年12月に貯水池水位が満水位 1,042 m を越えた時に測定されたダム堤体内の水位測定結果を図 6.12 に示す。ダム堤体内の高水位は、ダムアバットメントの付近に位置するNo. IP-38 とNo. S12 両地点において観測された。これらの地点では標高の高い原地盤をダムの基礎地盤とした所である。ダムと洪水吐の接触部に近く位置しているIP-38 地点では、左岸側アバットメントの地山がダム堤体の一部を形成している。

これは重大な問題ではないが、以下の6.1.4 節で述べるようにダムと洪水吐の接触部での濁流の発生を明らかにする上でも、コアボーリングを含めたより詳細なダム堤体内部の地質・土質調査を行う必要がある。

6.1.4 土木構造物の主な劣化と問題点

今調査において明らかにされた各土木構造物の現況を、表 6.6 から表6.9 にとりまとめた。遅かれ早かれ、ある程度の改修を必要とする土木構造物の主な欠陥及び問題点は以下に述べる通りである。

(1) ダム（貯水池水位が満水位時を越え、洪水吐から放流を行った際起こる、洪水吐水路沿いの濁流の発生）

表 6.6に述べる通り、1978年の雨季に洪水吐の下流側右岸側側壁の脇に設置されている階段の排水パイプから大量の土砂混じりの濁水が流出した。その時、図 6.13 に示す通り、洪水吐付近のダム下流側の法面上にダム軸と平行に長さ約10 m の亀裂が発生すると同時に、法面崩壊が起こった。

加えて、下流側のダム内部コンクリート遮水壁の上端部にクラックが発生しているのが確認された。今調査期間、ダム発電所の職員より、ダム堤体に関しては劣化箇所の盛土材を除去した後人力で良質な土質材料を充填することにより、又、同遮水壁の損傷部はセメントグラウチングによって完全に修理したとの報告を受けた。

以後、ダム堤体でそのような亀裂の発生等の現象は起こっていない。しかしながら、特に

1991年以降、洪水時に毎秒 500m³ 以上の流量を洪水吐から放流した際、上流側のダム法面上の水際で（洪水吐右岸側々壁から約 5 m の位置）濁流が発生し、洪水吐の最も右岸側の水路に沿って流出することが、ダニム発電所の職員により報告された。調査団は、本調査期間中、貯水池水位が低かったため、この現象を確認できなかった。現場調査の結果より、濁水は以下の原因-A 又は原因-B によって引き起こされているもの想定される。

原因-A： 洪水吐ゲートを開けた時、貯水池内の密度流が堆砂を巻き込み、洪水吐に近い貯水池左岸付近で堆砂を巻き上げる水理現象。

現在、ダムサイトから取水施設に至る左岸側道路に対して法面保護工事（満水位以下の貯水池水面に下る法面）が行われている。現地調査の結果、貯水池内の左岸側の堆砂は、貯水池左岸の土砂崩れに起因していると考えられる。貯水池内の密度流が貯水池左岸を這い上がり、これと同時に堆砂を巻き上げ、洪水吐付近で濁流を起こしている可能性がある。事実、ダムより 200 m 上流の貯水池左岸側は岩がむき出しになっている。これは、貯水池水位が満水位を越え、洪水吐ゲートが開かれた時、貯水池内の流れが貯水池左岸側に衝突していることを示しているように思われる。

原因-B： 洪水吐付近のダム堤体内の漏水及び土砂の流出

洪水吐右岸側々壁に隣接するダム上流側法面上の 20cm 厚のコンクリートは、大きな沈下箇所も無く、全体的に安定している。又、過去ダニム発電所の職員がコンクリートを取り外し、ダム堤体内を調査した際も何ら問題になることは見受けられなかったと報告されている。このように現地調査の結果、ダム堤体材料が流出しているという可能性は低いと思われる。

しかし、濁流がこの部分から発生するとの情報があるかぎり、ダムと洪水吐の接触部に於てダム堤体内部又は基礎に濁水のルートが形成されている恐れがわずかながらある。

濁水の発生原因を明確にするために、6.5 節で述べるように、本調査で提案された緊急工事に対する詳細設計の段階、又は本調査と別枠の新規調査として、水理調査及び地質・土質調

査を含めた追加調査を実施する必要がある。同追加調査結果に基づいて、改修計画の必要性並びに改修工事の規模が最終的に決定されるべきである。

一方、ダム堤体内調査のためのコアボーリングを含めた地質・土質調査に関しては、予期せぬ事態の発生を防ぐため、貯水池水位が高い時に実施してはならない。特にコアボーリングに関しては、地質専門家及びダムエンジニアの監督の下、経験豊富なボーリング専門家が実施することを強く推奨する。

(2) 洪水吐（洪水吐の下流地点における河岸侵食）

洪水吐の現況は表 6.7 に示す通りである。現地調査及びダニム発電所職員からの聞き取り調査によって明らかとなった。洪水吐の主な問題点は以下の通りである。

(i) 越流部コンクリートの亀裂発生

(ii) 洪水吐橋脚内に設置されている農業用放流施設のバルブ室の排水パイプの閉塞

（現在、同バルブ室は雨水の侵入により完全に水没し、その機能を停止しているが、農業用放流施設の改修が本緊急改修計画として提案されている。）

(iii) 洪水吐下流側の河岸侵食

洪水吐下流端の側壁の裏込材料が、過去の大規模放流毎に流出している。特に1993年の洪水に於いて $1,600\text{m}^3/\text{sec}$ が放流された際、侵食が相当進んだものと思われる。

一方、洪水吐下流の両岸にも河岸侵食が見られる。特に洪水吐左岸側の下流両岸において法面崩壊が起こっている。これら河岸侵食や法面崩壊により洪水吐下流側の河床はかなり上昇したものと想定される。

(3) 導水施設－取水口（可動式トラッシュラックの戸あたり部のコンクリートの欠落及び取水口立坑の隔壁コンクリートの亀裂）

潜水調査による取水施設の内部点検の結果として、取水口のコンクリート等に以下の劣化が見られる。

- (i) 可動式トラッシュラックの戸あたり部のコンクリートの欠落
- (ii) 取水口坑内の隔壁コンクリートの亀裂
- (iii) 取水口上下流側の法面崩壊

上記 (iii) に関しては、表 6.8 で述べているように、1992年に貯水池水位が1,018 m 迄下がった時、取水口前面の水路上にたまった土砂のうち、水面より上の部分の土砂を250m³ 取り除いた。図 6.14 及び図 6.15 に示す通り、1992年に取水口アプローチ同水路内の堆砂調査が実施された。また同図には取水口の上下流側において発生した法面崩壊の概略位置を示している。

(4) 導水施設－圧力トンネル

図 6.16 に1992年3月ダニム発電所の職員によって実施された、抜水下での圧力トンネルの点検結果を示す。同図に示されるように、トンネル内を空にした状態で圧力トンネルの2箇所から多量の漏水が確認された。それらの漏水箇所は下に示す通りである。

- (i) 取水口ゲートより下流1,050 m地点 から 1,380 m 地点までの破碎した花崗岩が分布する延長330 m の区間
- (ii) サージタンクより上流640 m 地点から 780 m 地点までの延長140 m の 区間

一方、上記抜水下での漏水の関連で、通常の発電・運転には何ら問題になることは報告されていない。

上記漏水に起因する周辺環境や関連施設への悪影響は何も出ておらず、また通常の発電にも影響を与えないので緊急改修計画の必要はないものと判断する。

(5) 導水路－圧力鉄管：急勾配部に於ける雨水の排水及び基礎の侵食

調査期間中、調査団は目視による土木構造物の点検を行うと共にダニム発電所の職員が過去に実施した圧力鉄管路の点検記録を収集した。結果として、最も急勾配部のアンカーブロッ

ク No. 3 から No. 7 の区間の圧力鉄管路を除いては、圧力鉄管路に関して何ら問題は見当たらない。

圧力鉄管は全長が約 2,200 m あり、アンカーブロック No. 3 から No. 8 の約 620 m 区間の水平勾配は 2 2° から 4 5° の急勾配を呈している。同急勾配部分の圧力鉄管路は過去 2 回破壊されている。本調査により確認された圧力鉄管路の主な問題点は次の通り。

- (i) アンカーブロック No. 5 から No. 6 の間に、圧力鉄管路の床盤コンクリートが欠落している箇所がある。この床盤コンクリートの欠落は、小支台も含めた周囲の土木構造物の安定に問題を起こす恐れがある。
- (ii) ダニム発電所から得た情報によると、急勾配部の基礎部は雨季間に雨水が集中して流下する為毎年のように改修工事を行っている。又、アンカーブロック No. 4 周辺の斜面の上には不安定な岩や石が露出している。

よって、緊急改修計画において、現排水施設の改修を提言する。

圧力鉄管路バルブ室に関しては、外気との間でエアバルブ機器に必要な空気を取り入れ易くするため、壁による窓の設置を提言するものとする。

(6) 導水路－発電所：発電所のコンクリート壁の亀裂

今回の目視による調査に於いて、発電所下流側の壁に多くの亀裂が発見された。中にはかなり深い亀裂もあった。これらの亀裂は発電機による振動が大きくなるにつれ拡大してきたが、下流側の壁と較べると上流側の壁の亀裂の方が極端に少ない。更に、発電所建屋の柱及び梁には亀裂は発生していない。従って、現在の状況から判断してこれらの亀裂が近い将来発電所に対して悪影響を及ぼすとは思われない。しかし、現在の発電所の深い亀裂に関しては、発電機器の改修と平行して改修作業を行うべきである。

このような発電所の亀裂の改修は、緊急改修計画の作業の中で行うことを提言する。

6.1.5 洪水対策と洪水予警報システム設置の必要性

貯水池へのピーク流入量 $1,600 \text{ m}^3/\text{sec}$ を記録した1993年の洪水被害の概要は表 6.10 に示す通りである。この洪水で住居、農地、学校、公共施設、電話線、工場及び道路、橋などが大きな被害を被った。

1993年の洪水で流出した7つの橋の内、ドラングダムから最も離れていた橋は同ダムの約25km下流に位置していた。

この洪水の被害額は公式発表では約12万ドルだが、ドンジュン州の共産党本部の見積りによると、同洪水被害の総額は約37万ドルに達している。1962年の日本工営(株)のダニムダム設計報告書によると、1932年3月4日にダラットにおいて307mmの雨量が記録され、ドラングダムサイトにおいて $2,500 \text{ m}^3/\text{sec}$ の洪水が観測された。これまで観測された水文データを見るかぎり、この洪水はドラングダムサイトに於ける最大の洪水である。同報告書によれば、1932年の洪水で100家屋が流出し、150人が死亡した。その当時、ドラングダム下流域の土地利用は現在ほど進んでいなかったと予想される。現実には、ドンジュン州の人口は1980年4万人から1993年現在までに6.6万人に増加している。この間の人口増加率は年平均3.9%である。従って、1932年の洪水と同規模の洪水が発生した場合、下流域での洪水被害は当時よりさらに大きなものとなるであろう。さらに、今後表 6.1 に示すダニムダムの設計洪水流量の $4,500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、または異常洪水流量の $5,500 \text{ m}^3/\text{sec}$ が起こった場合、下流域で大規模な洪水被害が起こるものと予想される。

今後、下流域に於て大規模洪水の被害を避けるため、緊急に以下の調査を実施に移すよう提言する。

- (i) 下流河道区間に於ける河床浚渫、河岸掘削、堤防、道路、橋等の建設からなる洪水防御計画の策定・実施。
- (ii) 上流域で発生する洪水をいち早く察知することにより、洪水吐ゲートの最適操作に用い、かつ、大規模洪水の到達前に下流域の住民を避難させることを目的とする洪水予警報システムの設置。

6.1.6 流域保全計画の必要性

今回実施した貯水池横断測量の結果を見ると、貯水池堆砂は現在危機的な状況ではないと言える。一方、最近ダム上流域では、鉱物の採掘及び焼き畑による農地開発が盛んであるとの情報があり、今後ダム上流域において、このような開発がさらに進めば、近い将来貯水池への土砂流入は飛躍的に増大するだろう。

貯水池堆積砂に対して、貯水池の機能を維持していく上でも、流域保全のための対策を検討する必要がある。

6.2 土木構造の改修計画案

前記6.1節で述べたように、各土木構造物毎に改修の優先度は異なるが、いずれの土木構造物もある程度の改修を必要としている。

貯水池水位が満水位を越えた状態で洪水吐ゲートを開けた際に発生する濁流の問題に関しては、改修計画を実施する前に、その発生原因を明確にするための詳細な追加調査を実施する必要がある。

一方、下流域での洪水被害を軽減するために、下流域において洪水防御計画立案及び洪水予警報システムを設置する必要がある。同様に貯水池への流入土砂の増大を防ぐために、なるべく早い時期に流域保全調査を実施すべきである。

前記6.1節で述べたように土木構造物の改修計画は、大きく3つに分けられる。

- (i) 本調査で提案する緊急改修計画
- (ii) 本調査で提案する長期改修計画
- (iii) 改修計画の必要性、改修の規模の決定のための詳細な追加調査を実施し、その追加調査の結果に基づき策定されるべき改修計画

6.3 緊急改修計画

6.3.1 概論

緊急改修工事の対象となる土木構造物には、既存施設の全体又は一部に著しい劣化又は損傷が見られ、緊急改修を必要とする土木構造物、並びに現在緊急改修を必要としないが電気・機械設備と一緒に改修すべき土木構造物が含まれる。本調査で提案された土木工事に対する緊急改修工事の内容は以下の通りである。

- (1) 洪水吐
 - － 越流部コンクリート表面の亀裂箇所のコンクリートのはつり及びモルタル充填
 - － 灌漑放流用のバルブ室に対する排水孔の設置

- (2) 取水口
 - － 可動式トラッシュラックの戸あたり部の劣化箇所に於けるコンクリート打設
 - － 取水口立坑の隔壁コンクリートの亀裂箇所のコンクリートのはつり及びモルタル充填

- (3) 圧力鉄管路
 - － アンカーブロック No. 5 と No. 6 の間の区間の床版コンクリート基礎部に於ける砂・砂利の充填、並びに床版コンクリートの打設
 - － アンカーブロック No. 2 から取り付道路との上流側交差点迄の区間に於ける調査ボーリング並びに低圧グラウト（調査ボーリングにより床版コンクリートの下側に劣化箇所が確認された場合）
 - － アンカーブロック No. 2 から取り付道路との上流側交差点迄の区間に於ける排水問題を緩和するため、新規排水路の建設
 - － アンカーブロック No. 3 から上流交差点迄の区間に於ける斜面保護工
 - － バルブ室内の既存窓枠の除去及びよろい窓の新設

- (4) 発電所
 - － 下流側のコンクリート壁及び他のコンクリートの亀裂箇所に於けるコン

クリートのはつり、並びにモルタル又は高分子材料の充填

6.3.2 基本設計

提案された緊急改修工事数量は表 6.11 に取りまとめられている。

(1) 洪水吐に対する緊急改修工事

越流部コンクリートの亀裂箇所に対する補修工事は、コンクリートの養生に必要な期間を考慮し、貯水池水位が同クレストの天端標高よりかなり低くなる乾期の間を実施する必要がある。灌漑放水用バルブ室のための排水孔に関しては、2本の孔を洪水吐の表面から同バルブ室に向かって削孔するよう計画されている。

(2) 取水口可動式トラッシュラックの戸あたり部コンクリート及び立杭内隔壁コンクリートの亀裂箇所に対する緊急改修工事

トラッシュラック戸あたり部のコンクリート補修に関しては、以下の二つの方法が適用可能である。

工事方法-1： 固定式トラッシュラック前面にストップログを設置することにより、必要とする工事期間中、作業場所への貯水池からの流水を遮断した後、劣化箇所のコンクリートのはつり及び打設を行う

工事方法-2： 水中で劣化箇所に鉄板を溶接し、その裏側にモルタルを充填する。

上記の二つの工事方法を以下に説明する。他方、立杭隔壁の補修工事は、水が無い状態で実施する必要がある。

a. 工事方法-1： 貯水池からの水の流入を遮断した状況下でのコンクリート打設
本補修工事は、取水口立杭の最下部の非常に狭小な場所で行われるので、工事期間中の安全性を確保することが重要である。従って、貯水池水位が標高1,018 m 以下になった後、二組

のストップログを降ろし、貯水池からの水の流入を遮断することが必要となる。ストップログの挿入部の天端標高は1,019 m である。

可動式トラッシュラックの戸あたり部の補修工事に必要とする期間は、以下にその詳細を示す通り、少なくとも約10日間と見積られる。

－ コンクリートのはつり／型枠固定用の金物設置	： 1日
－ 型枠工	： 1日
－ コンクリート打設（早強セメント）	： 1日
－ コンクリート養生	： 5日
－ 型枠の撤去	： 1日
－ 他の雑工事	： 1日
合 計	10日

作業期間に対してある程度の余裕を考慮すると、貯水池水位を約2週間に亘って 1,019 m 以下に維持し続ける必要があると想定される。他方、洪水吐の橋脚の中に設置された灌漑用放流施設が、ストップログ設置後貯水池水位を下げる唯一の施設である。しかしながら、この放流施設は、バルブ室が水没していたため、ここ20年間以上に亘って稼働していない。この放流施設には上流側に二つの呑口があるが、その内下側の呑口部の中心標高は 1,019 m である。従って、仮に補修工事が灌漑用放流施設が完全に修復された後の乾期の間に実施されたとしても、放流能力が小さいためストップログの締切下で貯水池への流入量を十分に下流へ放流出来ない。

上記の考察から、補修工事は、貯水池への流入量が最小となる最乾期に行わなければならない。表 6.12 の長期間の月平均貯水池流入量記録に示すように、貯水池流入量は通常一年を通じて3月及び4月に最小となり、ある年にはこれらの月に於ける平均流入量が $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下となる。従って、一般的に、本補修工事は3月末に開始されるべきである。貯水池水位が標高1,016.5 m に下がった後、本補修工事が $5 \text{ m}^3/\text{sec}$ の貯水池流入量の条件下で続行されたと仮定すると、貯水池水位がストップログ挿入部天端迄達する時間は以下の式で算出される。

$$T = V / (5.0 \times 24 \times 3,600)$$

ここに、 T : 補修工事のため確保出来る期間 (日)

V : 標高 1,016.5 m と 1,019 m の間の貯水池容量 (m³)

図 6.15 の貯水池容量曲線から、"V" の値は約 6.5 百万 m³ と得られる。その結果、補修工事に利用可能な時間 "T" は 15 日間となる。この検討結果は、本補修工事が平均貯水池流入量が 5 m³/sec 以下となる乾期の間の実施すべきであることを表している。長期の貯水池流入記録から判断して、ある年の 3 月及び 4 月の平均貯水池流入量が 5 m³/sec 以下となるのは一般に前年の 12 月及び同年の 1 月の月平均貯水池流入量が各々 20 m³/sec、10 m³/sec 以下であった場合である。このように、本補修工事が次期乾期に実施すべきかどうか決定するため、貯水池流入量を監視する必要がある。もし前年の 12 月に厳しい洪水が発生していれば、翌年の 3 月及び 4 月に本補修工事を実施することは期待出来ないであろう。

その場合には、本補修工事は、上述した水文状況が起こりそうな翌年以降の乾期迄延期すべきである。本補修工事を実施するためには、以下の準備工事が必要となるであろう。

- 前記 6.1.2 節で説明した堆砂による標高 1,019 m 以下の貯水池容量の減少を考慮し、図 6.18 に示すようにコンクリート梁の製造及び既存取水口呑口部のコンクリート壁上への設置、
- 取水口の流入部で、標高 1,019.3 m 迄貯水池の水の侵入を阻止出来る、高さ 5.3 m の二組のストップログの製造、
- 取水口立杭内の階段の補修及び同立杭内底部への工事機器の搬入・設置、
- もし本補修工事以前に灌漑用放流施設の補修が完了した場合には、貯水池への流入量の幾分かを下流へ放流するため、放流バルブを全開すること

b. 工事方法-2 : 水中コンクリートの打設

この代替工事方法の場合、ほとんどの補修工事は水中で熟練した潜水夫によって行われることとなる。図 6.19 に提案された改修工事の内容を示す。本代替工事手法による補修工事は以下の手順で行われる。

- － 劣化箇所を三枚の鉄板で覆い、溶接する。
- － 袋に詰めたモルタルを搬入し、劣化箇所に充填する。

(3) 水圧鉄管路に対する緊急改修工事

鉄管路に対する緊急改修工事は、主としてアンカーブロック No. 5 と No. 6 の間の区間に於ける床版コンクリートの打設、並びに取付道路の上流側交差点から上側の区間に於ける排水改良を目的とする新規排水路の建設及び法面保護工から成る。床版コンクリート及び新規排水路の標準断面を図 6.20 に示す。

水圧鉄管路バルブ室の既存の窓の代わりに設置予定のよろい窓は、図 6.21 に描かれている。

(4) 発電所に対する緊急改修工事

発電所のコンクリート壁に発生している全ての亀裂箇所は、コンクリートのはつり及びモルタル又は日本から持ち込まれる高分子材料を充填することにより補修を行うものとする。

6.4 長期的視点にたった改修計画

長期的視点にたった改修計画は以下の工事から成る。

- (1) 洪水吐 : － 洪水吐下流側両岸の法面保護工

- (2) 取水口 : － 取水口の上・下流部に於ける法面保護工
 － 図 6.22 に示すように、貯水池の堆砂容量拡大を目的とした、固定式トラッシュラック前面に於けるコフファードムの建設（まず、導水路の両端にケーブルクレーンを設置する。これにより資機材等を運搬と、水中工事によるコンクリートの打設を行なう）

- (3) 圧力トンネル : グラウト及びモルタル吹付による漏水箇所の保修、特に前記6.1.4節で述べた、ダニム発電所の職員が確認した2箇所の主要漏水区間

6.5 追加調査

広範囲の項目を含む土木構造物の詳細調査を、本調査完了後早い段階で新規調査として実施するか、もしくは本調査で提案される改修工事の詳細設計の段階で実施することを推奨する。同追加調査により、土木構造物に関する新たな改修計画案が策定されるものと期待される。

追加調査には、ダムと洪水吐の接触部に対する本格的な改修工事の必要性を確認するための現地調査、ダニム川上流域の流域保全調査及びダム下流域治水に関するフィージビリティスタディも含まれている。追加調査の内容は以下の通りである。

- (1) 洪水吐から洪水を放流した際に発生する濁水流の原因を解明するための現地調査及び解析、加えてそれらの調査結果に基づきダム堤体に何らかの問題が確認された場合は緊急改修計画を作成するものとする。
 - 1) 貯水池内での水理現象の解明のための現地調査及び水理調査
 - ・洪水吐ゲートを開いた際の貯水池内に於ける上記濁水現象の観察及び貯水池内の水の流れの方向確認（通常、ゲート操作を必要とする大規模な洪水は11月及び12月に発生する）
 - ・濁水に含まれる堆砂のサンプリング並びに乾燥密度、粒径等に関する室内土質試験
 - ・貯水池内の水の流れに関する水理モデルテスト（その実施が必要と判断される場合）
 - 2) ダムと洪水吐の接触部に於ける地質・土質調査
 - ・堤体内及び堤体基礎の地山での標準貫入試験を含む4本のボーリング並びにピエゾメーターによる間隙水圧の測定

- ・ボーリング孔から収集した土質材料に対する、乾燥密度、粒径、圧縮強度等に関する室内土質試験、並びにそれらの物性値に関して上記濁水中の堆砂との比較
- ・緊急改修計画の作成（本調査の結果、ダム堤体の接触部に何らかの問題が確認された場合）

(2) ダニム川上流域の流域保全調査

- 1) 前記6.1節で述べた最新の測量システムによる貯水池横断測量
- 2) 衛星写真の解読及びヘリコプターを使用した上空からの査察による、ダニム川上流域の土地利用現況の把握（主として、焼畑農業地区の確認に重点を置く）
- 3) 現況を考慮に入れた流域保全に関する長期計画の立案

(3) ドランダム下流域治水計画に関するフィージビリティスタディ

- 1) 気象水文調査
 - ・ドランダムサイトに於ける可能最大洪水流量（PMF）を含む、ダムサイト下流河川区間に於ける確率洪水流量を算定する
- 2) 測量調査
 - ・ドランダムサイト下流約 30 km 区間に対する河川横断測量
 - ・ドンジュン市街地を含む、ドランダム下流域約 100 km² に対する縮尺 1/5,000 での航空写真図化
- 3) 水理解析
 - ・測量調査結果に基づく現況下でのドランダムサイト下流河川区間の洪水疎通能力の算定及び各確率洪水流量に対する浸水域の解明
- 4) 洪水被害調査

- ・特に1993年洪水時の公共施設、耕作地、他の資産等に対する洪水被害に関する詳細な資料の収集
- 5) 社会・経済調査及び環境調査
 - ・関連する資料の収集及びそれらの収集資料に基づく調査対象地区に於ける社会・経済状況及び環境問題の評価・検討
- 6) 本格的な洪水予警報システム設置に関する補足調査
- 7) 施設計画地点に於ける、ボーリング及び室内土質試験を含む地質、土質調査
 - ・各施設の設計にあたっての、その計画地点に於ける地質データの収集及びダム堤体内の土質調査
- 8) 施設設計
 - ・堤防、樋門、カルバート、橋梁等の治水施設及びその関連施設の設計
- 9) 治水計画の立案
 - ・治水計画は、施設案と非施設案（洪水予警報）による洪水対策の両方を含むものとする。施設案による洪水対策は、河道の拡巾、河床の浚渫、堤防の建設等の手法を組み合わせるものとする。
- 10) 治水計画に関する経済分析

6.6 維持・管理・運営計画

ダム発電所の職員は、これ迄土木構造を適切に維持・管理するため、最善の努力をしてきており、今後共定期的点検及び測定を続行していくことが望まれる。

他方、既存土木構造物の運転・維持に関して、以下の点に留意することが推奨される。

(1) 洪水吐ゲートの操作

適切な洪水吐ゲートの操作に必要な洪水予警報システムが導入されない限り、洪水の上昇時貯水池水位は意図的に常時満水位（EL. 1,042 m）以上に上げるべきではない。瞬間的な下流への放水量の増大を避けるため、現時点では洪水の継続時間中常に流入量に相当する流量を下流に放流するよう心がけるべきである。

(2) 取水口の補修時期

トンネルの中が空の状態で行う場合、貯水池への流入量が少なく、貯水池水位が標高 1,016.5 m 又はそれ以下にならない限り、破損箇所のコンクリートを修復することは難しいだろう。不都合な水文条件のため修理工事を行う機会に恵まれなかった場合には、その後の好都合な乾期の間をねらって修理工事を完了することが望まれる。

他の工事方法としては、前記の6.3節で述べた工事方法-2に従って、水中下での補修工事も実施可能である。

(3) ダムと洪水吐の接触部に於けるダム天端の沈下の監視

土木構造物に関する本格的な追加現地調査が開始される迄、洪水吐右岸側々壁とダム天端上の IP 点間の水準測量を定期的に行い、同接触部の沈下を監視する必要がある。

(4) 貯水池横断測量

前記6.1節で述べた最新の測量システムを、次期土木構造物の追加調査の段階で導入し、定期的に貯水池内の堆砂状況を監視することを提案する。

表 6.1 ダニム水力発電計画の主要諸元

No./ Component	Principal Features	
1. Reservoir	<ul style="list-style-type: none"> - Storage capacity - Reservoir area at HWL - High water level (HWL) - Low water level (LWL) - Drawdown - Design flood - Critical flood 	<ul style="list-style-type: none"> Gross storage capacity : 165 million m³ Effective storage capacity : 150 million m³ 9.7 km² EL. 1042 m EL. 1018 m 24 m 4,500 m³/sec 5,500 m³/sec
2. Dran dam	<ul style="list-style-type: none"> - Type - Height - Length - Width - Slope - Embankment volume 	<ul style="list-style-type: none"> Homogeneous type rolled earth embankment, provided with foundation drains, toe rockfill, slope protection of rock riprap and sod facing, cut-off curtain of steel sheet piling into foundation, and upstream impervious blanketing Maximum : 38 m, Average : 34 m At the crest 1,460 m At the crest 6 m Average width at the base 180 m Upstream - 1:2.5 to 1:3, Downstream - 1:1.8 to 1:2 3.6 million m³
3. Spillway	<ul style="list-style-type: none"> - Type - Dimension - Gate 	<ul style="list-style-type: none"> Overflow type, with upturned bucket Width : 51.5 m, Length : 142 m Four taintor gates, each having a dimension of 11.0 m x 13.6 m
4. Intake	<ul style="list-style-type: none"> - Type - Inlet dimension - Tunnel dimension - Shaft dimension - Gate - Trashrack 	<ul style="list-style-type: none"> Bell mouth type concrete structure with gate operating shaft. Width : 18 m, Height : 10 m Typical section : 3.6 meters square to 3.4 meters round, Length : 100 m Inside diameter : 4.8 m, Height : 49 m One caterpillar gate with a dimension of 3.6 m square. Two fixed trash racks, each having a dimension of 8 m x 11.25 m Two movable trash racks, each having a dimension of 3.6 m square.
5. Headrace tunnel	<ul style="list-style-type: none"> - Type - Diameter 	<ul style="list-style-type: none"> Circular shape, pressure tunnel Diameter : 3.4 m, Length : 4,930 m
6. Surge tank	<ul style="list-style-type: none"> - Type - Riser dimension - Upper chamber dimension - Lower chamber dimension 	<ul style="list-style-type: none"> Chamber surge tank Inside diameter : 4.0 m, Height : 47.6 m Circular tank, inside diameter : 8 m Two circular tunnels, Inside diameter : 3.4 m, Length : 15 m each
7. Penstock tunnel and valve house	<ul style="list-style-type: none"> - Type/dimension of tunnel - Penstock pipe - Dimension of valve house - Valve 	<ul style="list-style-type: none"> Horse shoe-shape tunnel, Diameter : 4 m, Length : 87 m One lane of steel pipe, Diameter : 2.8 m Width : 6 m, Length : 10 m, Height : 8 m Two butterfly valves, Diameter : 2 m
8. Penstock line	<ul style="list-style-type: none"> - Type - No. of lane - Length for each lane - Inside diameter 	<ul style="list-style-type: none"> Welded steel pipe Two lanes 2,300 m 2.0 to 1.0 m
9. Powerhouse	<ul style="list-style-type: none"> - Type of powerhouse - Dimension of powerhouse - Maximum discharge - Maximum gross head - Maximum net head for maximum discharge - Rated maximum power output - Turbine - Generator 	<ul style="list-style-type: none"> Above-ground type, reinforced concrete building with steel roof girder. Width : 27.8 m, Length : 93.2 m, Height : 17.0 m 26.4 m³/sec 799.00 m 741.00 m 160,000 KW Four 42,000 KW horizontal Pelton turbines. Four 45,000 KVA horizontal generators.
10. Tailrace	<ul style="list-style-type: none"> - Type - Dimension <li style="padding-left: 20px;">Box conduit (on each water passage) <li style="padding-left: 20px;">Open channel 	<ul style="list-style-type: none"> Twin-box shape conduit and rectangular open channel Width : 8 m, Height : 5.3 m, Length : 46 m Width : 3.5 m, Height : 2.0 m, Length : 132 m

表 6.2 貯水池横断測量結果に基づく残存貯水量の算出

No. of Survey Line	Distance (m)	(1) Silt Sedimentation Capacity (below EL.1,014.5 m)		(2) Dead Storage Capacity (below L.W.L. : EL.1,018 m)		(3) Gross Storage Capacity (below HWL : EL.1,042.0 m)							
		Area (m ²)	Capacity (x 1000 m ³)	Area (m ²)	Capacity (x 1000 m ³)	Case-1			Case-2				
						No. of Survey Line	Distance (m)	Area (m ²)	Capacity (x 1000 m ³)	No. of Survey Line	Distance (m)	Area (m ²)	Capacity (x 1000 m ³)
1) Axis of Dam	0	0	0	0	0	1) Axis of Dam	0	0	0	1) Axis of Dam	0	0	0
2) Bottom of Dam	100	861	43	4,807	240	2) Bottom of Dam	100	37,632	1,882	2) Bottom of Dam	100	37,632	1,882
3) No.1	100	861	86	4,807	481	3) No.1	100	37,632	3,763	3) No.1	100	37,632	3,763
4) No.2	800	574	574	4,723	3,812	4) No.2	800	50,428	35,224	4) No.2	800	50,428	35,224
5) No.3	1,000	21	297	756	2,739	5) No.3	1,000	39,505	44,967	5) No.3	1,000	39,505	44,967
6) No.4	500	0	5	0	189	6) No.4	500	20,519	15,006	6) No.4	500	20,519	15,006
7) K2	1,250	0	0	0	0	7) K2	1,250	3,608	15,079	7) K2	1,250	3,608	15,079
8) K1	2,380	0	0	0	0	8) K1	2,380	3,311	8,234	(K1+1,190 m)	1,190	8,512	7,211
(K1 + 2,000 m)	2,000	0	0	0	0	(K1 + 2,000 m)	2,000	0	3,311	8) K1	1,190	3,311	7,035
Subtotal-1			1,006		7,461	Subtotal-1			127,466	(K1 + 2,000 m)	2,000	0	3,311
						Subtotal-1				Subtotal-1			133,478
9) No.5	0	0	0	0	0	9) No.5	0	9,108	0	9) No.5	0	9,108	0
10) D3	2,700	0	0	0	0	10) D3	2,700	2,553	15,743	10) D3	2,700	2,553	15,743
11) D2	770	0	0	0	0	11) D2	770	1,849	1,695	11) D2	770	1,849	1,695
(D2 + 1,500 m)	1,500	0	0	0	0	(D2 + 1,500 m)	1,500	0	1,387	12) (D2 + 1,500 m)	1,500	0	1,387
Subtotal-2			0	0	0	Subtotal-2			18,824	Subtotal-2			18,824
Total (Subtotal-1 + Subtotal-2)			1,006		7,461	Total (Subtotal-1 + Subtotal-2)			146,290	Total (Subtotal-1 + Subtotal-2)			152,302

Note
 The gross storage capacity is calculated based on the river cross sections surveyed in the Case-1 above, while in the Case-2 the new cross section (K1 + 1,190 m) located between the survey lines K1 and K2 on the Krong Klet River, which is configured with reference to the available topographic maps as well as these neighbouring two cross sections, are applied to estimate the remaining gross storage volume.

表 6.3 貯水池河床材の粒径加積曲線

Sieve ParticleSize (mm)	Location of Sampling				
	No.1 (Intake site) Finer(%)	No.2 (Spillway site) Finer(%)	No.3 (Spillway site) Finer(%)	No.4 (Survey Line-K2) Finer(%)	No.5 (Survey Line-D3) Finer(%)
50.80	77.7				
19.20	66.1	75.12	76.43		
2.00	65.6	61.31	36.29	99.96	96.95
1.00	62.3	53.80	30.07	99.25	94.25
0.84	58.3	46.65	26.29	97.84	92.26
0.42	43.6	20.22	16.61	78.85	82.34
0.25	33.9	5.10	12.31	48.65	70.38
0.13	5.7	0.30	3.85	14.94	44.67

Notes:

1. The sieving analysis was carried out by the Southern Institute of Water Resources Research in July and August 1994
2. The locations of sampling of the bed load materials are shown in Figure II-4.6.

表 6.4 26個の観測井戸からの漏水量

No.	Date of Measurement	Reservoir Water Level (El. m)	Seepage Volume at each of 26 Relief Wells (litre/sec)																									
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)
1	23th Dec. '83	1,042.405	0.67	1.67	0.43	1.00	1.43	1.00	0.36	0.57	6.66	1.00	5.00	2.00	0.15	0.13	0.05	1.35	0.25	0.16	2.00	0.92	1.25	0.50	1.10	0.67	0.55	0.31
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 31.18																									
2	12th Dec. '84	1,042.540	0.53	1.10	0.25	0.38	0.19	0.48	0.43	0.42	6.67	0.62	6.67	2.50	0.16	0.15	0.06	1.43	0.22	0.13	1.67	0.26	1.00	0.43	0.91	0.59	0.50	0.17
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 27.92																									
3	5th Dec. '86	1,042.450	1.10	2.00	1.67	1.10	0.71	0.83	0.40	0.55	6.67	0.83	5.00	2.50	0.24	0.33	0.08	1.25	0.25	0.15	2.00	1.00	1.43	0.55	1.10	0.50	0.50	0.22
			Total seepage from 26 gauging wells: Qw= 32.96																									
4	24th Nov. '88	1,042.452	0.83	1.67	0.50	0.83	0.67	0.83	0.30	0.45	6.67	0.71	4.00	3.33	0.25	0.21	0.10	1.25	0.26	0.12	1.67	1.00	1.25	0.50	1.25	0.59	0.32	0.25
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 29.81																									
5	21th Nov. '89	1,042.380	0.50	1.67	0.27	0.34	0.14	0.40	0.22	0.33	5.00	0.45	2.50	2.00	0.14	0.09	0.08	0.91	0.19	0.09	1.67	0.77	1.00	0.40	1.62	0.40	0.38	0.13
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 21.69																									
6	15th Nov. '90	1,041.800	0.55	2.00	0.36	0.67	0.34	0.71	0.25	0.40	5.00	0.67	3.33	2.50	0.16	0.14	0.00	0.91	0.18	0.00	1.43	0.62	1.25	0.45	0.83	0.29	0.29	0.00
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 23.33																									
7	28th Nov. '90	1,042.525	0.67	1.67	0.27	0.50	0.48	0.53	0.23	0.36	5.00	0.21	3.33	2.50	0.14	0.14	0.09	0.91	0.13	0.08	1.67	1.43	0.53	0.42	0.62	0.38	0.40	0.13
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 22.82																									
8	20th Nov. '92	1,042.530	0.62	2.00	0.28	0.53	0.30	0.67	0.26	0.36	5.00	0.83	4.00	2.50	0.16	0.11	0.00	0.77	0.18	0.08	1.43	0.77	0.91	0.36	0.67	0.33	0.36	0.00
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 23.48																									
9	31th Dec. '93	1,042.538	0.34	1.67	0.25	0.29	0.19	0.37	0.17	0.34	6.67	0.43	2.50	2.00	0.14	0.08	0.00	0.62	0.13	0.07	1.43	0.62	0.83	0.36	0.45	0.29	0.28	0.00
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 20.52																									
10	21th Mar. '81	1,034.590	0.00	0.30	0.09	0.00	0.00	0.13	0.15	0.15	3.33	0.30	1.67	1.43	0.07	0.06	0.00	0.48	0.05	0.05	0.83	0.43	0.34	0.19	0.31	0.25	0.25	0.00
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 10.86																									
11	20th Apr. '93	1,034.115	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.15	3.33	0.21	1.67	1.10	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.77	0.36	0.11	0.14	0.22	0.20	0.20	0.00
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 8.84																									
12	14th Mar. '94	1,035.030	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.16	0.13	0.25	3.33	0.25	2.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.77	0.40	0.20	0.25	0.22	0.20	0.19	0.00
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 10.76																									
13	2th May '81	1,028.780	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	1.67	0.14	1.10	0.77	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.50	0.20	0.00	0.09	0.00	0.15	0.15	0.00
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 5.12																									
14	29th Jul. '94	1,025.190	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.05	0.59	0.09	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.29	0.13	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.00
			Total seepage from 26 Relief wells: Qw= 1.66																									

表 6.5 ダム堤頂沈下に関する測量データ

(1) Comparison of Dam Crest Elevations Surveyed in 1972, 1992 and 1993

Station No.	Cumulated Distance from I.P. (m)	Dam Crest Elevation on 20 Dec. 1972 (El. m)		Dam Crest Elevation (El. m)		Difference in Dam Crest Elevation (m)	
		(at both edges of dam crest)		(at center of dam crest)			
		Upstream side	Downstream side	Dec. 1992	Dec. 1993	1992 and 1993	1972 and 1993
	(1)	(2a)	(2b)	(3)	(4)	=(4) - (3)	=(4) - (2a+2b)/2
Right Abut.	71.3	1,045.35	-	-	-	-	-
R.A. + 50 m	21.3	1,045.45	1,045.45	-	-	-	-
I.P.	0.0	1,045.64	1,045.69	1,045.61	1,045.60	0.00	-0.06
I.P. + 28.7 m	28.7	1,045.82	1,045.87	-	-	-	-
I.P. + 78.7 m	78.7	1,045.99	1,046.00	-	-	-	-
S1	100.0	1,046.06	1,046.07	1,046.02	1,046.02	0.00	-0.05
S2	200.0	1,046.10	1,046.14	1,046.11	1,046.10	0.00	-0.02
S3	300.0	1,046.07	1,046.10	1,046.02	1,046.02	0.00	-0.07
S4	400.0	1,046.12	1,046.12	1,045.99	1,045.99	0.00	-0.13
S5	500.0	1,046.07	1,046.14	1,046.02	1,046.02	0.00	-0.08
S6	600.0	1,046.07	1,046.13	1,046.03	1,046.03	0.00	-0.07
S7	700.0	1,046.06	1,046.15	1,046.02	1,046.03	0.01	-0.08
S8	800.0	1,046.07	1,046.11	1,046.02	1,046.02	0.00	-0.07
S9	900.0	1,046.05	1,046.11	1,046.01	1,046.02	0.01	-0.06
S10	1,000.0	1,046.10	1,046.10	1,046.03	1,046.04	0.00	-0.06
S11	1,100.0	1,046.05	1,046.09	1,046.06	1,046.06	0.00	-0.01
S12	1,200.0	1,045.89	1,045.98	1,045.90	1,045.90	0.00	-0.04
S13	1,300.0	1,045.64	1,045.74	1,045.69	1,045.69	-0.01	-0.01
TBM		1,045.63		1,045.63	1,045.63		

(2) Elevations at Center of Dam Crest in the neighbourhood of the Right Abutment (Surveyed in August 1994)

Station No.	Cumulated Distance from I.P. (m)	Dam Crest Elevation Surveyed on Aug. 1994 (at center of dam crest) : (El. m)
Right Abut. (R.A.)	71.3	1,045.44
R.A. + 5 m	66.3	1,045.45
R.A. + 8 m (IP - 63.3 m)	63.3	1,045.30
R.A. + 10 m	61.3	1,045.48
R.A. + 15 m	56.3	1,045.53
R.A. + 20 m	51.3	1,045.54
R.A. + 25 m	46.3	1,045.60
R.A. + 30 m	41.3	1,045.59
R.A. + 35 m	36.3	1,045.48
R.A. + 40 m	31.3	1,045.48
R.A. + 45 m	26.3	1,045.61
R.A. + 50 m	21.3	1,045.64

表 6.6 土木構造物の状況に関するチェックシート : ダム

I. 目視による構造物 現況調査結果	(1)ダム・クレスト (ダム天端部)	ダム・クレスト沈下の箇所は見当たらなかった。堤頂部の道路上に設置された縁石に破損箇所が確認された。 但し、緊急に改修する必要はないものと思われる。
	(2)ダム下流側盛土法面	盛土法面は全体が草に覆われ安定している。但し、1993年の洪水放流（最大約1600m ³ /secに達した）により、洪水吐下流端の側壁の裏込土が流出した。同侵食は、まだ、洪水吐の即右岸の堤体下流側法先までは達していないが、今後雨期間の洪水放流がある度に更に侵食が進むものと思われる。
	(3)ダム上流側盛土法面 (貯水池水位 EL. 1025m)	法面上に置かれたリップラップ（表層捨石材）は安定しており、陥没及び破損箇所は見当たらなかった。
	(4)ダム上流側法面コンクリート（20cm厚）	打継目に約5cmの段差が生じている。（何時又何故、この様な段差が出来たかは不明）
	(5)ダムの計測機器	1994年7月29日に、ダニム発電所のダムサイト側職員と一緒にダム堤体内の水位測定及び漏水量の定期測定（毎月一回）を行った。ダム計測室内に設置されている間引き水圧を測定する計器は動いていない模様。
II. ダム堤体からの漏水量 測定結果	過去行われた漏水量測定結果によれば、漏水量は許容値を下回っている。一方、貯水池水位 EL.1024mの時、特に観測井戸 No. 11の漏水量は他と比べて、高い割合を示している。	
III. プロジェクト完成 後に確認された問題点	(1)1978年、ダムと洪水吐の接触部からの漏水及び1991年以降、濁水の発生	ダムと洪水吐の接触部からの漏水及び濁水の発生について、ダニム発電所の職員より以下の報告を受けた。 " 西暦1978年に、洪水吐のすぐわきのダム下流側法面に幅約10cmの亀裂が長さ約10mに渡って発生した。更に、洪水吐下流右岸側の側壁のコンクリート製階段に設置されているパイプを通じて、堤体内から大量の漏水（土砂を含んだ濁水）が発生した。この為、ダムの亀裂箇所を掘起こし、コンクリート遮水壁に対し、セメントグラウトで補強すると共に、堤体の亀裂箇所の盛土の置き換えを行った。補修工事の後、同パイプからの漏水量は減少したが、現在でも貯水池水位が高い場合、清水又は時により濁水が同パイプから流出する。一方、1991年以降、洪水期に500m ³ /sec以上が放流された時、洪水吐上流の即右岸側壁に沿って、濁水が発生する。"
	(2)ダム法面に生息する白蟻による法面侵食	過去に、ダム下流側法面に約1.5m ³ に及び法面上の陥没箇所が確認された。この為、ダニム発電所の職員によって同陥没箇所の補修（盛土）を行うと共に、その原因であるダム法面に生息する白蟻の駆除を行った。
IV. 今後必要とする ダム堤体に関する 追加詳細調査	III(1)にて上述した濁水の発生原因を明確にする為の水理及び土質試験の実施。これによって、ダムと洪水吐の接触部からの濁水の発生が確認されたならば、緊急改修計画を作成する必要がある。	

表 6.7 土木構造物の状況に関するチェックシート : 洪水吐

I. 目視による構造物 現況調査結果	(1)上流側右岸側壁	重大な損傷・劣化箇所は見当たらなかった。
	(2)越流部分	重大な損傷・劣化箇所は見当たらなかった。 しかし、越流部コンクリートに亀裂が発生している。
	(3)下流側右岸側壁	重大な損傷・劣化箇所は見当たらなかった。
	(4)洪水吐の下流側河川区間の現況	洪水吐下流の両河岸侵食及び洪水吐下流左岸側の法面崩壊により洪水吐下流側の河床はかなり上昇しており、ダニム川の流下能力は以前と比べて相当低下しているように思われる。 下流域は広域にわたり宅地及び農耕地等に利用されており、今後、2,000m ³ /sec 級の洪水を放流した場合、下流のドンジュン地区では相当の洪水被害が発生するものと想定される。
II. 洪水吐前面に於ける堆砂状況 (エコーサウンダーによる深淺測量の結果に基づく)	深淺測量の結果より、問題になる洪水吐水路内の堆砂は見られない。	
III. プロジェクト完成 後に確認された問題点	(1)ダム下流域における洪水被害	1993年12月、洪水吐より約1,600m ³ /secを下流に放流した際、洪水吐下流のNo.3 仮設橋が流出した。(河川水位は道路面から約1m上昇したとのこと)また、下流域の各インフラ設備及び農耕地に大きな洪水被害が発生した。
	(2)洪水吐下流端に於ける河岸侵食	洪水吐下流端の側壁の裏込材料が、過去の大規模放流毎に流出している。特に1993年の洪水に於て1,600m ³ /secが放流された際、侵食が相当進んだものと思われる。
	(3)洪水吐橋脚内の農業用放流施設のバルブ室の浸水	現在、洪水吐橋脚内に設置されている農業用放流施設のバルブ室は雨水の侵入により完全に水没し、その機能を停止している。
IV. 今後必要とする追加詳細調査	(1)洪水防御計画の立案	下流域に於て大規模洪水の被害を避ける為に以下のことが必要とされる。 下流河道区間に於ける、河床浚深、河岸掘削、並びに堤防、道路、橋等の建設を含む洪水防御計画の策定及び実施。
	(2)洪水予警報システムの設置	上流域で発生する洪水をいち早く察知することにより、洪水吐ゲートの最適操作を行ない、且つ、下流域での洪水被害の軽減を目的とする洪水予警報システムの設置。
V. 緊急改修工事の提言	(1)越流部コンクリート表面の亀裂箇所の改修。 (2)灌漑放流用のバルブ室に対する排水孔の設置。	
VI. 長期改修計画	(1)洪水吐下流側両岸の法面保護工 (安定した法面にする為の斜面掘削及びコンクリート擁壁の建設を含む。)	

表 6.8 土木構造物の状況に関するチェックシート : 取水口

I. 目視による構造物 現況調査結果	(1)ダムサイトから取水施設 に至る貯水池左岸の土砂崩れ	1993年、大洪水の際の貯水池内土砂崩れに対する法面保護工事 (満水位以下の貯水池水面に下る法面)が、現在ダムサイトから 取水施設に至る左岸側道路に於て行なわれている。
	(2)取水塔前面の15cm厚 コンクリート斜面	コンクリート斜面の打継目付近のある一部に於て、約15cmの陥没が 確認された。このコンクリート斜面に於て、その他問題となる 損傷及び陥没等は見られない。
	(3)取水口前面水路部の 上下流側の法面崩壊	取水口水路内に堆砂が見られるが、これは取水口前面水路部の 上下流側に於て発生した法面崩壊による堆砂と見られる。 現在、水路内の堆砂は危機的な状況ではない。
II. 潜水調査による 現況調査	(1)取水口固定式トラッシュ ラック前面の堆積土砂	潜水調査より現時点では取水口前面の堆砂は危機的な状況ではない。 しかし、固定式トラッシュラックには多くの流木等がかかっている。
	(2)可動式トラッシュラック の戸あたり部のコンクリート の欠落	可動式トラッシュラックの戸あたり部のコンクリートの欠落が確認さ れた。しかし、この部分のガイドフレームが残っている為、現時点 では発電に対する影響はないものとする。
	(3)取水口坑内の隔壁コンクリ ートの亀裂	取水口立坑の隔壁コンクリート下部に於て、いくつかの亀裂が確認 された。
III. 取水口中央基準線に沿った貯水池の堆砂状況 (エコーサウンダーによる深淺測量の結果に基づく)		深淺測量の結果より、取水口中央基準線に沿った貯水池の堆砂は 危機的な状況ではない。
IV. プロジェクト完成 後に確認された問 題点	(1)取水口固定式トラッシュ ラック前面に於けるストップ ログ設置による発電への影響	ダニム発電所の職員から得た情報によると、流木等の取水口への侵入 を防ぐため、現在までの約10年間におよび、取水口水路内 (E.1.1017m) にストップログ降ろしたままの状態が発電を 続けている。
	(2)取水口水路内の堆積土砂 の除去	1992年の乾季中に貯水池水位がE.1.1018mの時、取水口水路内に堆積 した土砂250m ³ (水面から露出した部分のみ) を除去した。
V. 緊急改修工事の提言	(1)可動式トラッシュラックの戸あたり部の劣化箇所 (2)取水口立坑の隔壁コンクリートの亀裂箇所のコンクリートのはすり及びモルタル充填 (上記補修工事は、貯水池水位がE.1.1016.5mに下がった後に実施されることを提言する。)	
VI. 長期改修計画	(1)取水口前面水路部の上下流側に於ける法面保護工 (2)貯水池の堆砂容量拡大を目的とした、固定トラッシュラック前面に於けるコフファーダムの建設	

表 6.9 土木構造物の状況に関するチェックシート : その他導水路

(1) 圧力トンネル及びサージタンク

I. プロジェクト完成後に確認された問題点	(1)圧力トンネル	1992年3月ダニム発電所の職員によって、抜水下での圧力トンネルの点検が行なわれた。その結果、トンネル内を空にした状態で圧力トンネルの2箇所から多量の漏水が確認された。
	(2)サージタンク	重大な損傷・劣化箇所は見当たらなかった。
II. 長期改修計画	(1)上記2箇所の主要漏水箇所に対するグラウト及びモルタル吹き付けによる補修。	

(2) 圧力鉄管路

I. 目視による構造物現況調査結果	(1)アンカーブロックNo.5・6間の床盤コンクリートの欠落	アンカーブロックNo.5・No.6の間に、圧力鉄管路の床盤コンクリートが欠落している箇所がある。
	(2)アンカーブロックNo.4周辺の斜面	アンカーブロックNo.4周辺の斜面上には不安定な岩や石が露出している。
	(3)アンカーブロックNo.8・15の圧力鉄管路の現況	重大な損傷・劣化箇所は見当たらなかった。
II. プロジェクト完成後に確認された問題点	(1)上流側交差点（取付け道路との）より上流部分の圧力鉄管路の排水路	ダニム発電所から得た情報によると、急勾配部（アンカーブロックNo.3・7）の基礎部は雨期間に雨水が集中して流下する為、基礎部の侵食が著しく、毎年のように改修工事を行なっている。
III 緊急改修工事の提言	(1)床盤コンクリート基礎部に於ける砂、砂利の充填、並びにコンクリートの打設（上記I-(1)） (2)アンカーブロックNo.4周辺の法面保護工事（上記I-(2)） (3)急勾配部の圧力鉄管路（上流側交差点より上流側）に於ける新規排水路の建設（上記II-(1)） (4)バルブ室内の既存窓枠の除去及びよろい窓の新設	

(3) 発電所

I. 目視による構造物現況調査結果	(1)発電所のコンクリート壁の亀裂	発電所下流側の壁に多くの亀裂が発見された。
III 緊急改修工事の提言	(1)下流側のコンクリート壁及び他のコンクリートの亀裂箇所に於けるコンクリートのはつり、並びにモルタル又は高分子材料の充填	

表 6.10 1993年洪水による Don Duong 州の洪水被害記録

(1) Population Increase in the Don Duong Province

(Unit : x 1000 persons)		
Year	1980	1993
Population	40	66

Notes :

1. The annual average increase rate of population increase in the Don Duong Province is estimated at about 3.9 %.
2. In the Don Duong Province, population of farmers occupies about 80% of the total population.

(2) Records on Flood Damages by the 1993 Flood

Item	Situation of damage
1) Private house	: 50 houses were destroyed.
2) Cultivated land for vegetable	: 3,000 ha was flooded.
3) Cultivated land for sugar	: 1,040 ha was flooded.
4) Cultivated land for industrial trees	: 3,040 ha was flooded.
5) Cultivated land for fruit	: 300 ha was flooded.
6) School	: 3 schools were destroyed.
7) Governmental office	: 1 office was destroyed.
8) Factory	: 2 factories were destroyed.
9) Transmission line	: 30 km long transmission lines in total were destroyed.
10) Bridge (steel-made)	: 7 bridges were destroyed (the farthest one was located about 25 km downstream of the Dran dam)

Notes :

1. Data source : The Communist Party office in the Don Duong Province
2. The damage by the 1993 flood was the most serious of those by the past floods.
3. The total flood damage is officially reported to be US\$1.2 millions, while it is estimated by the office of the Communist Party of the Don Duong Province at about US\$ 3.7 millions.

表 6.11 土木構造物に対する緊急改修工事

No.	Work Item	Unit	Quantity
C1	Preparatory works	L.S.	-
C2	Spillway		
	C2-1) Repair of cracked portion in concrete of the overflow weir portions	L.S	-
	C2-2) Drilling of bore holes of 10 cm diameter for drainage of valve house of irrigation outlet	m	40
C3	Intake structure		
	C3-1) Manufacturing and installing new stoplogs	m2	80
	C3-2) Manufacturing and installing concrete beams behind the stoplogs at the inlet portion (Provisional works)	m3	2
	C3-3) Concrete placement of guide frame portion of movable trash racks including chipping at the deteriorated portion	m3	1
	C3-4) Repair of cracked portions in partiiton wall of intake shaft including V-cut	L.S.	-
C4	Penstock line		
	C4-1) Excavation for diversion channel and along penstock line	m3	650
	C4-2) Excavation for foundation of roap haulage tower	m3	270
	C4-3) Compacted backfill for foundauiion of roap haulage tower	m3	50
	C4-4) Placement of slab concrete under penstock pipe	m3	40
	C4-5) Concrete placement in foundation and base concrete of roap haulage	m3	780
	C4-6) Slope protection works around Anchor Block 4	m2	250
	C4-7) Slope protection works around roap haulage tower	m2	1,300
	C4-8) Concrete placement for drainage channel	m3	300
	C4-9) Check boring (3 m deep per 1 piece)	Nos.	24
	C4-10) Low pressure grout	L.S.	-
	C4-11) Removal of existing windows and installtion of new louvers (1 m x 1 m) on concrete walls of valve house	L.S.	-
C5	Powerhouse		
	C5-1) Repair of cracks in concrete wall of powerhouse	L.S.	-

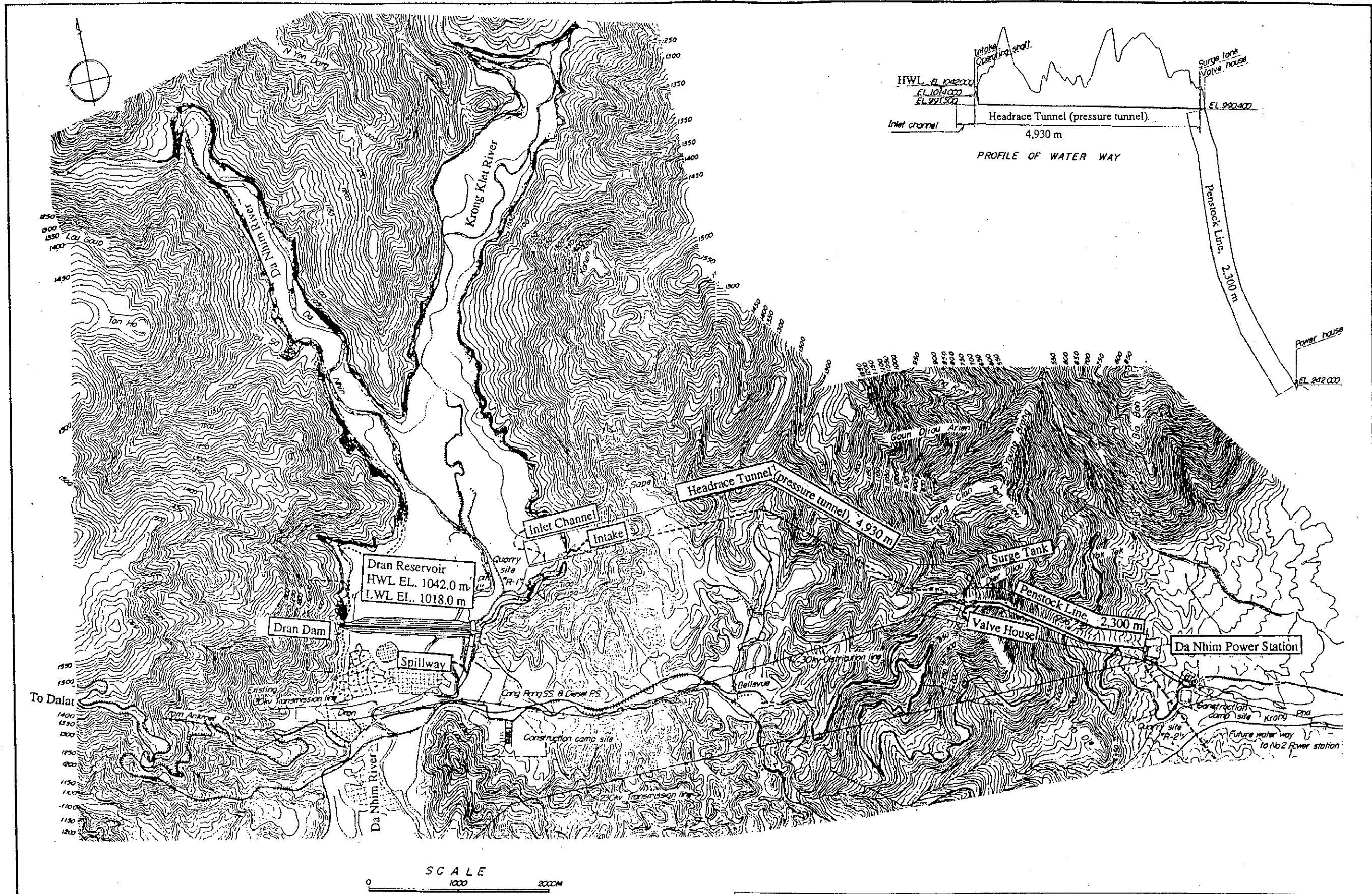
表 6.12 月平均貯水池流入量

(Unit : m3/sec)

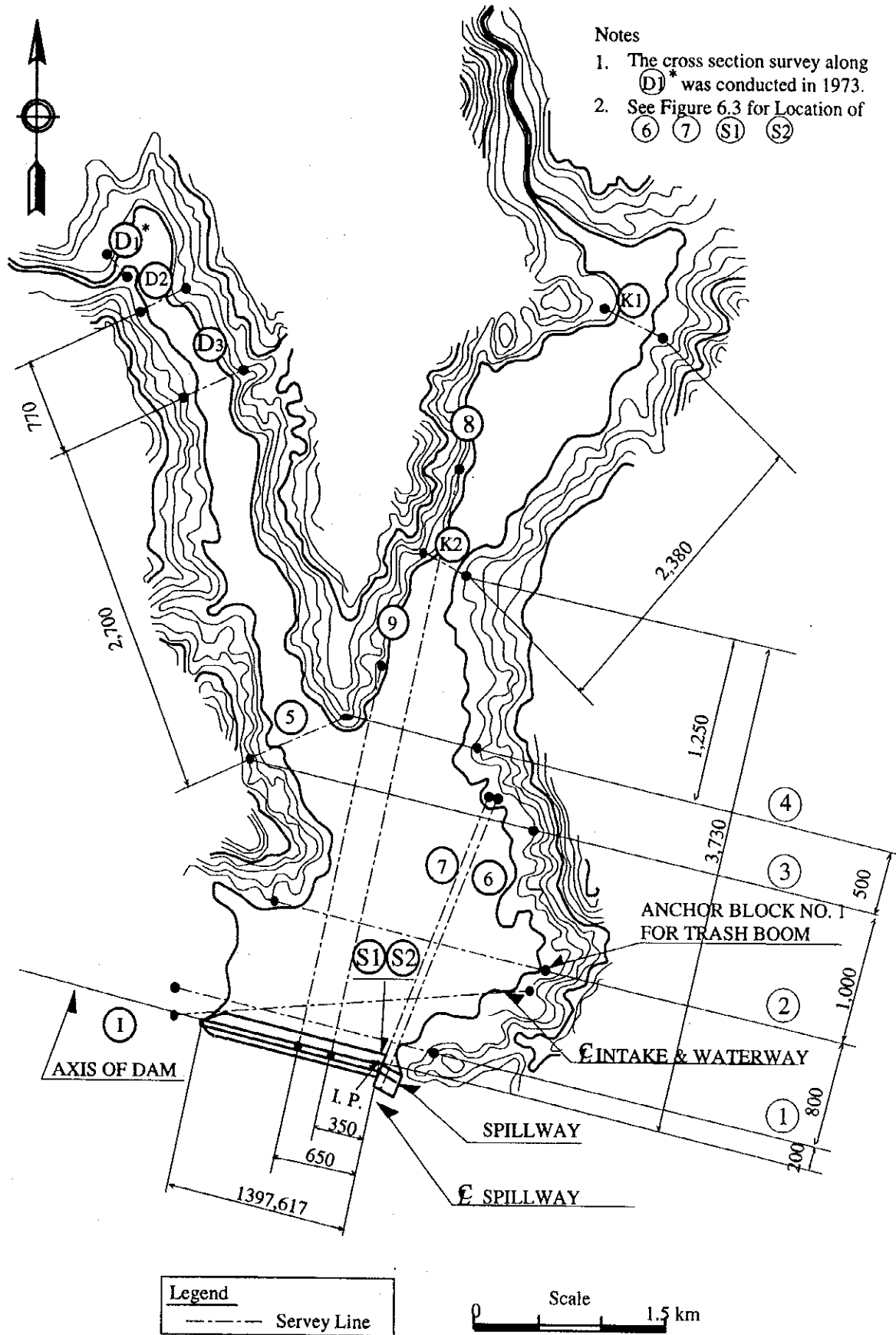
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Max.	Min.	Ave.
1934	15.00	8.16	7.33	7.07	13.12	20.91	15.79	18.37	17.98	40.63	25.28	17.08	40.63	7.07	17.29
1935	10.48	6.51	5.20	5.02	15.71	22.84	22.63	15.07	32.15	34.44	37.36	16.29	37.36	5.02	18.68
1936	14.00	6.83	4.84	5.76	9.48	11.88	7.56	11.53	44.59	47.56	33.65	16.17	47.56	4.84	17.81
1937	11.31	6.63	5.74	6.71	11.12	12.54	19.22	13.70	19.55	80.62	35.75	16.97	80.62	5.74	20.11
1938	9.57	7.81	7.38	15.70	23.64	7.38	15.36	25.74	29.25	102.79	33.58	25.64	102.79	7.38	25.51
1939	16.51	11.37	10.30	14.78	20.36	18.55	15.00	16.92	23.03	24.04	88.66	69.75	88.66	10.30	27.47
1940	18.95	7.88	8.49	8.18	12.35	20.20	21.29	21.08	44.32	27.35	44.93	28.40	44.93	7.88	21.95
1941	11.81	9.36	8.06	15.60	16.74	12.24	6.39	9.00	22.31	34.08	26.16	14.45	34.08	6.39	15.53
1942	9.48	5.32	3.75	5.86	15.59	26.31	15.71	21.25	41.56	140.23	179.83	22.25	179.83	3.75	40.64
1943	11.06	9.90	9.18	9.34	13.83	8.97	8.76	8.68	26.56	69.75	87.77	62.89	87.77	8.68	27.30
1944	27.13	8.66	6.24	7.12	13.54	12.64	9.98	8.08	21.68	20.82	12.83	46.65	46.65	6.24	16.35
1945	11.74	10.34	7.22	7.41	12.32	13.24	20.82	19.86	-	-	-	-	-	-	-
1949	7.47	6.50	6.05	5.06	5.81	8.31	17.07	17.49	28.21	33.50	39.82	41.09	41.09	5.06	18.10
1950	24.36	12.31	9.00	7.73	17.18	18.19	25.67	10.93	39.26	32.86	36.02	18.30	39.26	7.73	21.01
1951	9.31	5.55	5.03	10.96	20.29	16.39	24.50	22.89	40.31	41.05	44.65	50.39	50.39	5.03	24.39
1952	17.52	9.96	5.58	3.92	21.68	19.30	9.28	12.85	24.60	136.10	49.65	29.32	136.10	3.92	28.46
1953	22.33	14.61	9.21	10.77	23.17	38.14	47.88	49.59	52.54	41.15	53.36	34.70	53.36	9.21	33.21
1954	19.13	11.03	7.60	10.32	11.62	25.46	30.58	49.68	64.89	60.71	25.60	53.39	64.89	7.60	30.99
1955	27.59	11.83	6.81	7.32	16.99	16.30	18.88	34.01	46.25	38.91	86.51	24.45	86.51	6.81	28.00
1956	13.72	8.43	5.10	9.45	31.86	28.62	20.12	20.42	25.26	25.55	31.52	39.05	39.05	5.10	21.64
1957	14.28	9.15	6.95	9.47	13.14	11.46	13.64	15.54	33.10	38.20	15.37	12.91	38.20	6.95	16.14
1958	8.98	6.48	4.56	4.00	8.16	9.39	11.19	23.52	17.35	33.27	25.29	10.02	33.27	4.00	13.57
1959	6.52	4.59	3.70	4.45	9.65	15.20	12.56	10.95	16.24	66.76	48.00	30.00	66.76	3.70	19.15
1960	15.00	6.83	6.81	7.02	16.11	11.38	19.38	13.65	21.43	45.62	45.16	20.91	45.62	6.81	19.15
1961	11.27	7.94	5.20	11.11	9.65	12.85	11.32	9.87	8.94	24.19	13.95	8.12	24.19	5.20	11.22
1962	9.16	5.78	4.18	6.14	7.03	10.50	25.85	34.82	27.45	169.21	68.44	38.65	169.21	4.18	34.23
1963	9.81	8.84	8.08	8.03	9.96	11.18	9.75	35.69	47.88	76.03	25.59	16.28	76.03	8.03	22.36
1964	8.71	8.54	4.75	3.79	10.57	20.50	22.00	11.05	15.13	24.35	58.37	105.39	105.39	3.79	24.52
1965	11.82	8.70	6.66	11.36	22.21	11.68	9.66	16.10	34.83	28.64	26.18	66.30	66.30	6.66	21.28
1966	8.50	7.29	7.71	11.87	25.77	20.81	21.83	19.35	30.67	22.47	23.26	36.55	36.55	7.29	19.75
1967	40.62	11.99	7.67	11.17	13.79	8.65	7.65	7.83	16.81	31.05	25.68	22.35	40.62	7.65	17.16
1968	8.40	6.00	4.60	4.50	11.50	27.40	11.20	7.70	20.20	84.60	27.90	11.80	84.60	4.50	18.87
1969	10.90	6.40	3.90	10.50	15.90	12.90	24.00	26.60	33.10	44.10	37.10	20.10	44.10	3.90	20.54
1970	8.80	4.10	2.10	4.30	10.00	17.00	24.10	27.10	30.90	48.10	39.20	19.30	48.10	2.10	19.67
1971	9.00	3.90	3.70	3.36	9.37	13.95	19.10	25.16	57.77	49.96	71.16	57.29	71.16	3.36	27.06
1972	16.29	8.89	7.43	14.22	22.64	36.36	28.67	25.05	30.39	40.35	39.42	65.02	65.02	7.43	27.97
1973	25.21	12.26	9.39	11.48	22.36	22.22	21.84	30.08	42.90	48.38	130.39	32.26	130.39	9.39	34.05
1974	11.40	5.38	6.93	14.74	25.92	15.38	24.45	34.86	32.77	52.03	71.06	79.69	79.69	5.38	31.40
1975	37.33	15.07	12.84	-	39.84	34.45	29.86	18.24	39.79	65.93	50.68	40.10	-	-	-
1976	22.11	17.95	16.08	16.27	29.51	27.28	26.31	37.58	42.62	58.10	37.95	17.39	58.10	16.08	29.14
1977	9.93	6.54	4.90	4.46	5.48	11.80	12.74	11.69	42.34	19.10	35.75	9.72	42.34	4.46	14.50
1978	8.18	5.06	4.09	5.35	11.73	9.81	13.35	13.34	21.72	39.72	37.69	15.83	39.72	4.09	15.54
1979	8.00	5.33	4.91	7.76	9.89	17.93	21.95	22.40	21.15	31.58	52.79	21.19	52.79	4.91	18.78
1980	9.69	6.78	4.37	4.62	15.18	38.19	15.23	28.48	29.59	49.98	43.87	20.59	49.98	4.37	22.22
1981	10.78	8.72	4.84	4.72	10.62	14.51	13.85	14.33	22.85	48.82	66.88	60.54	66.88	4.72	23.53
1982	13.56	8.50	9.45	13.91	16.23	22.10	13.14	10.32	27.53	20.51	17.92	11.03	27.53	8.50	15.35
1983	7.50	5.43	4.71	5.35	9.44	15.14	17.63	38.27	42.16	73.50	30.30	17.07	73.50	4.71	22.33
1984	10.70	7.53	5.02	7.84	19.51	20.92	31.23	19.85	24.45	49.25	28.88	23.71	49.25	5.02	20.82
1985	10.73	7.84	5.53	18.07	20.36	11.02	16.43	9.88	17.71	43.38	24.56	24.61	43.38	5.53	17.59
1986	10.18	7.33	5.58	4.38	4.95	8.62	12.60	15.90	31.27	45.53	30.73	44.71	45.53	4.38	18.57
1987	12.18	7.99	6.49	6.96	10.21	11.51	10.08	15.16	27.61	19.30	36.69	16.03	36.69	6.49	15.01
1988	9.19	6.84	4.87	6.29	5.50	8.80	27.49	15.03	43.88	38.02	39.98	16.97	43.88	4.87	18.57
1989	12.49	7.35	8.51	10.56	23.81	28.90	32.91	18.12	29.64	33.46	20.84	10.93	33.46	7.35	19.87
1990	6.99	4.88	5.11	11.70	10.15	26.49	16.50	23.94	28.25	29.51	60.36	20.53	60.36	4.88	20.37
1991	10.06	6.84	5.88	6.18	6.82	6.12	8.11	7.67	30.78	35.55	13.22	8.17	35.55	5.88	12.14
1992	5.80	4.06	3.31	16.77	22.15	41.51	24.95	22.05	15.05	48.50	32.21	14.84	48.50	3.31	20.97
1993	9.37	6.40	7.38	6.12	9.40	22.57	15.74	9.99	21.61	59.45	37.98	76.19	76.19	6.12	23.67
1994	17.11	9.88	7.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.11	7.27	-
Ave.	13.53	8.08	6.44	8.47	15.28	17.98	18.43	19.90	30.21	48.57	43.22	30.71	59.09	5.81	21.46

Note : In the year enclosed thus , the mean monthly inflow into the reservoir became less than some 5 m3/sec or less for the two consecutive months.

Data source : Power Company No.2 (PC-2)



ヴィエトナム社会主義共和国 ダニム電力システム改修計画調査	MINISTRY OF ENERGY 国際協力事業団	図 6.1 ダニム水力発電計画位置図
----------------------------------	-------------------------------	-----------------------

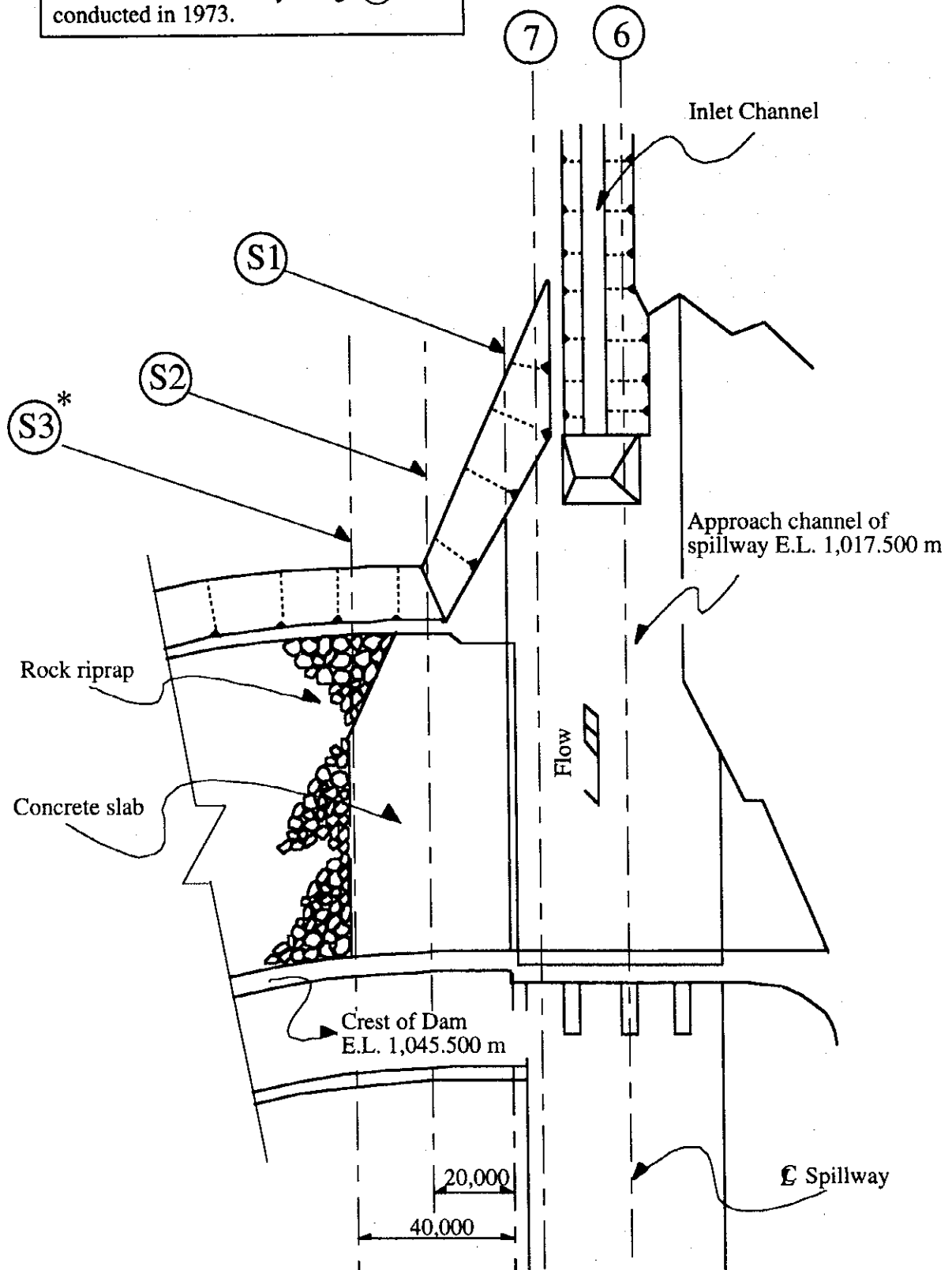


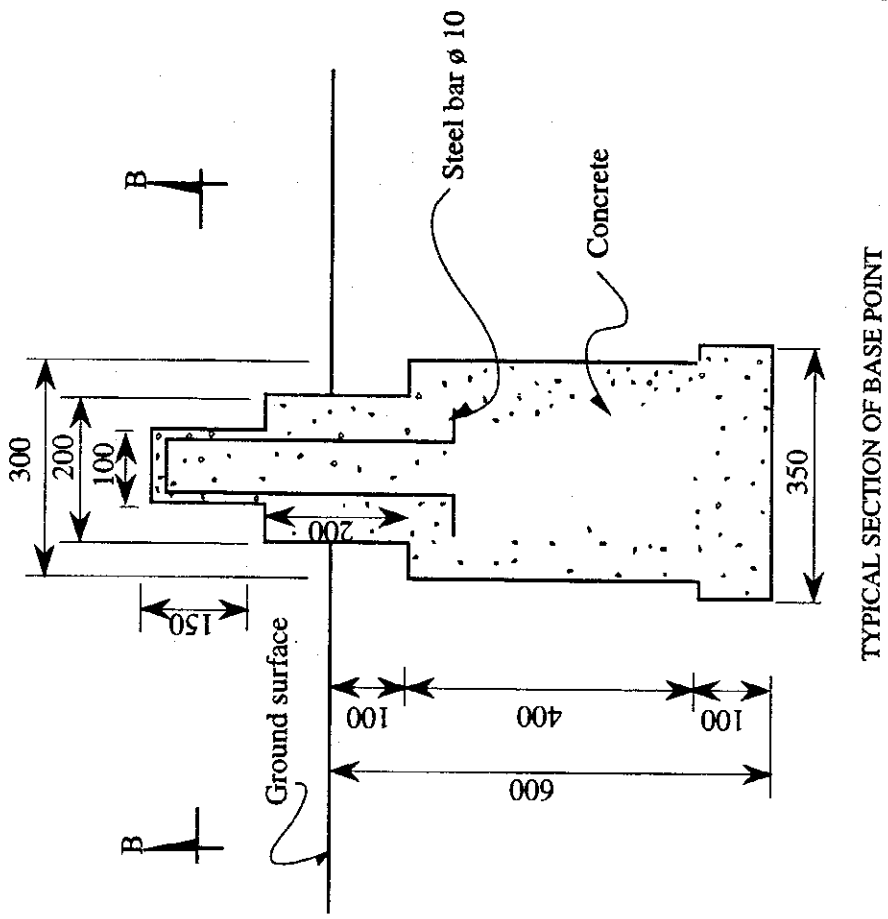
ベトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

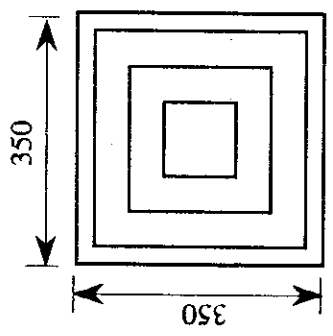
図 6.2
貯水池横断測量位置図

Note
The cross section survey along S3* was
conducted in 1973.

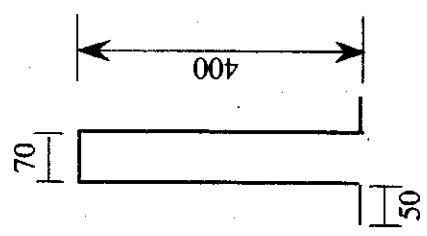




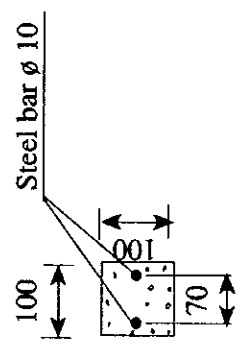
TYPICAL SECTION OF BASE POINT



SECTIONAL PLAN OF BASE POINT



STEEL BAR ARRANGEMENT



SECTION B - B

เวียดนาม社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

図 6.4
貯水池横断測量杭の構造

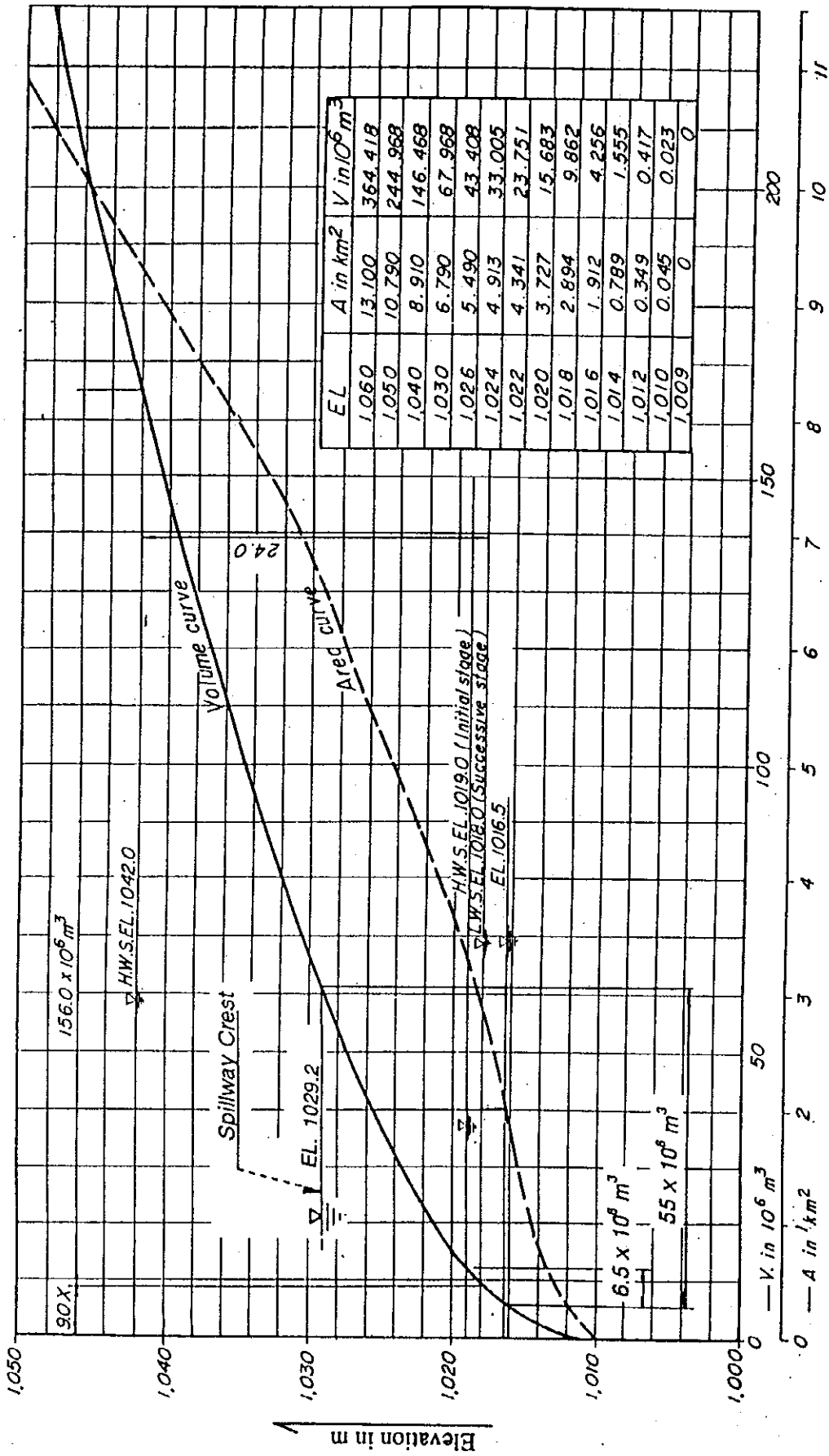


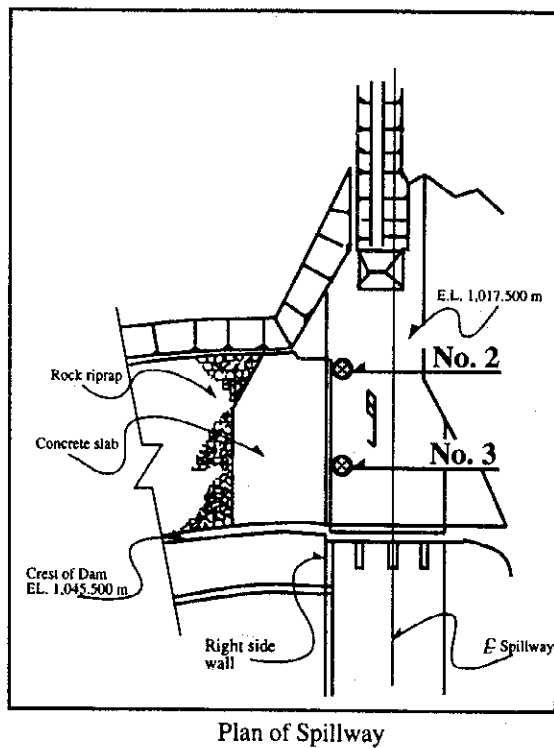
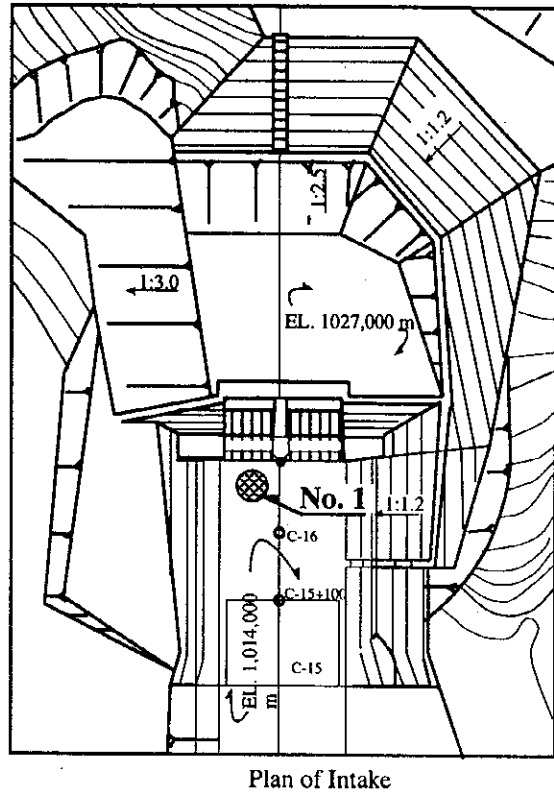
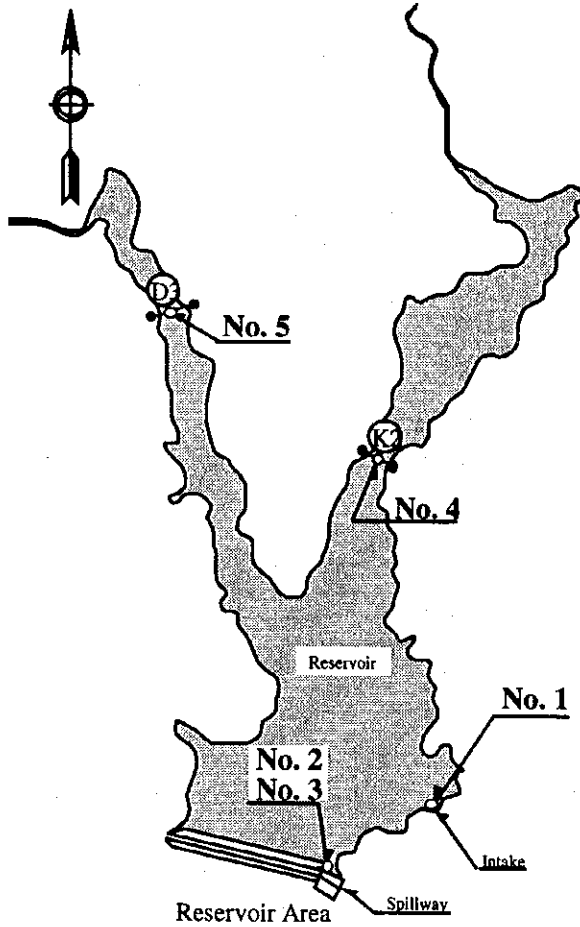
図 6.5

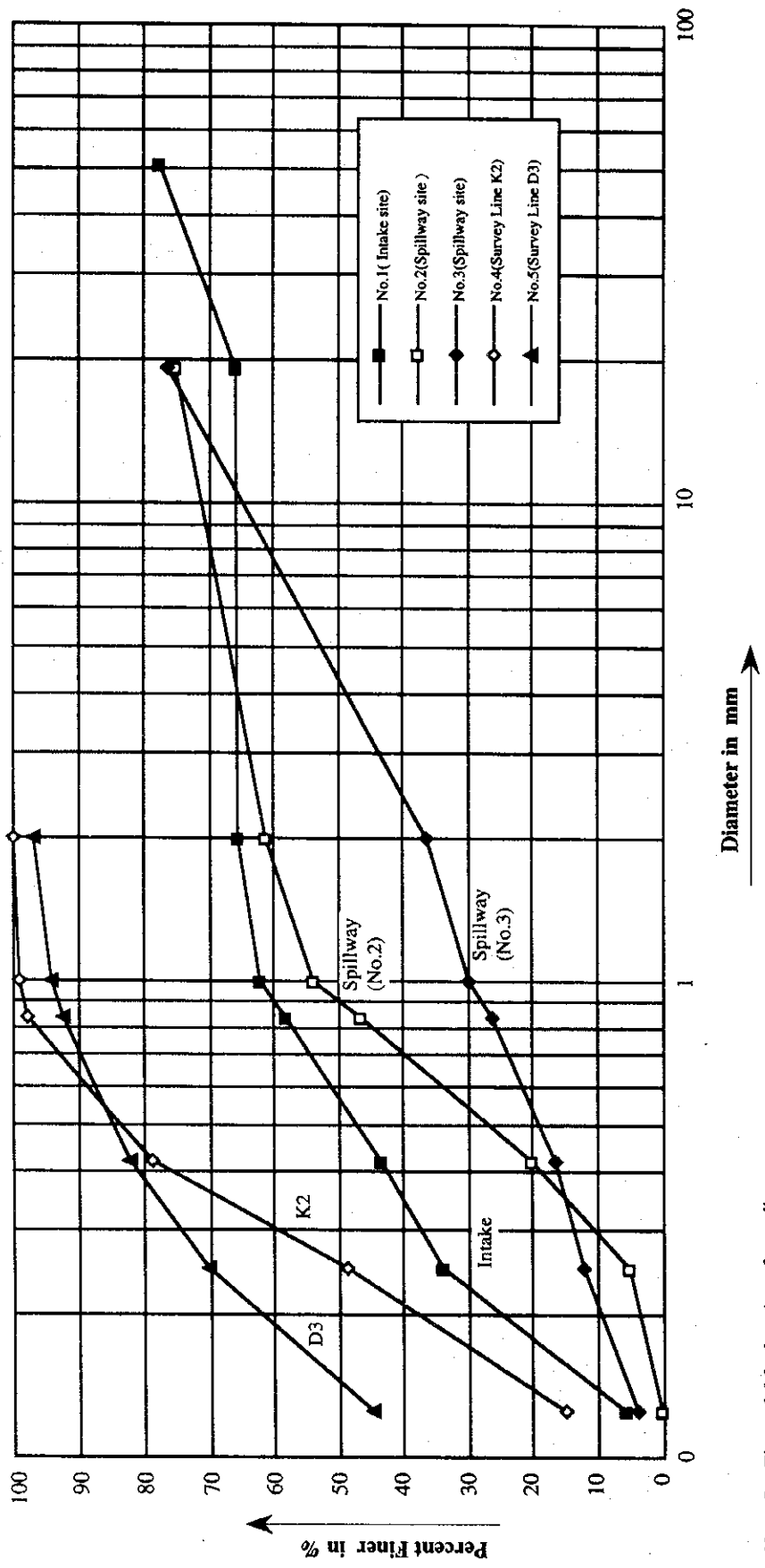
プロジェクト設計時の貯水容量曲線

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

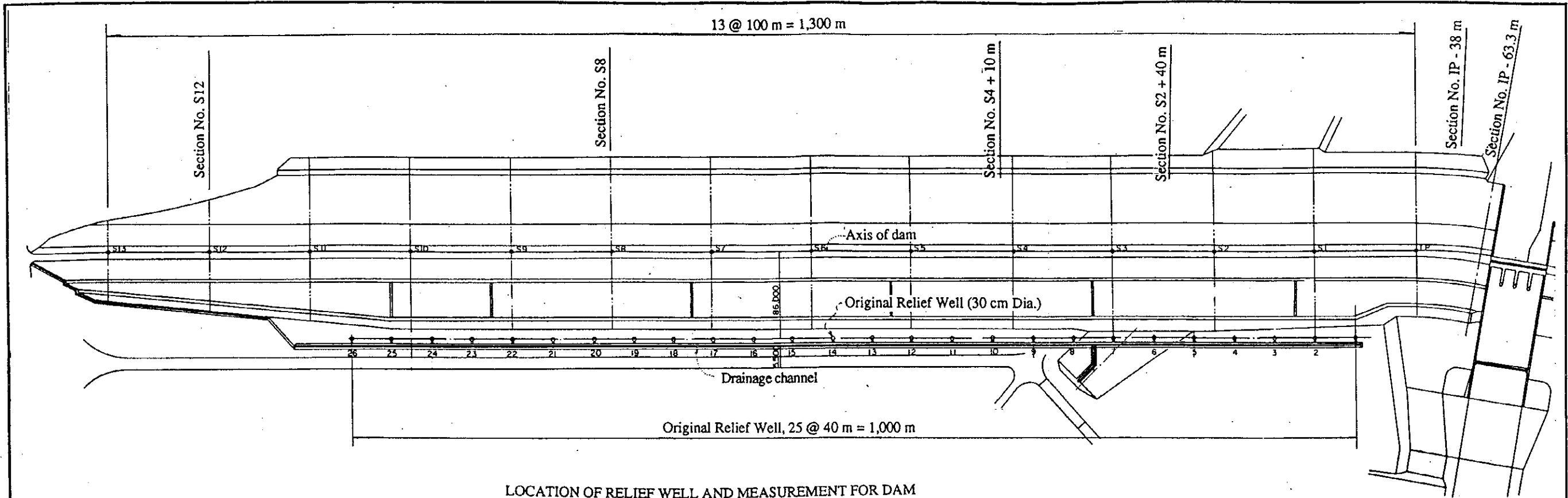
グイエトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査



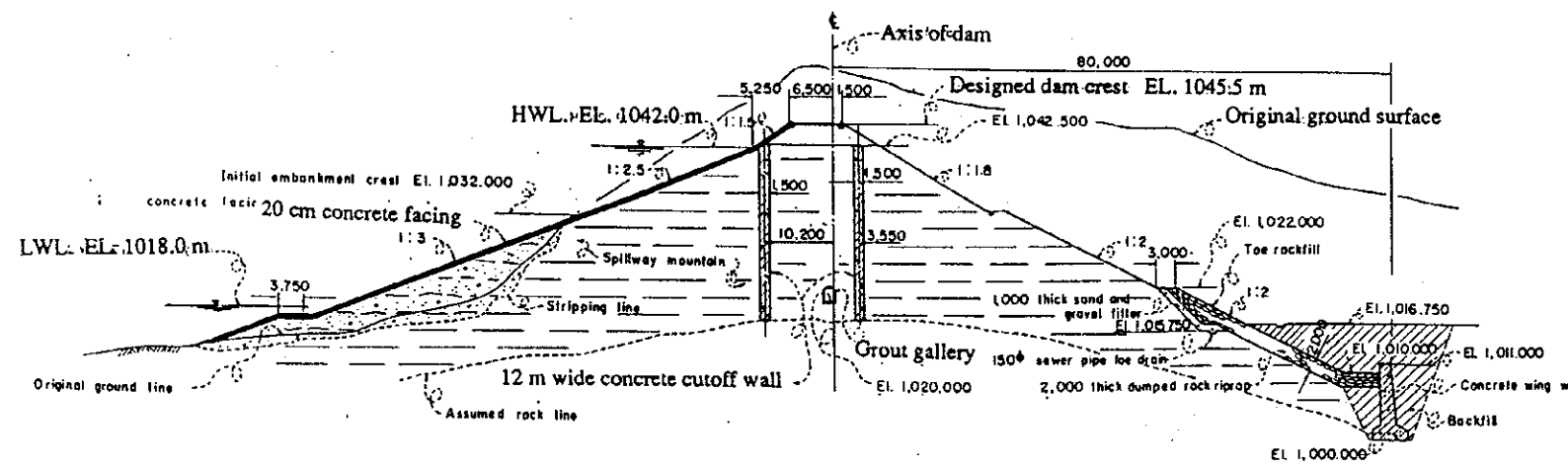


Note: See Figure 6.6 for location of sampling





LOCATION OF RELIEF WELL AND MEASUREMENT FOR DAM



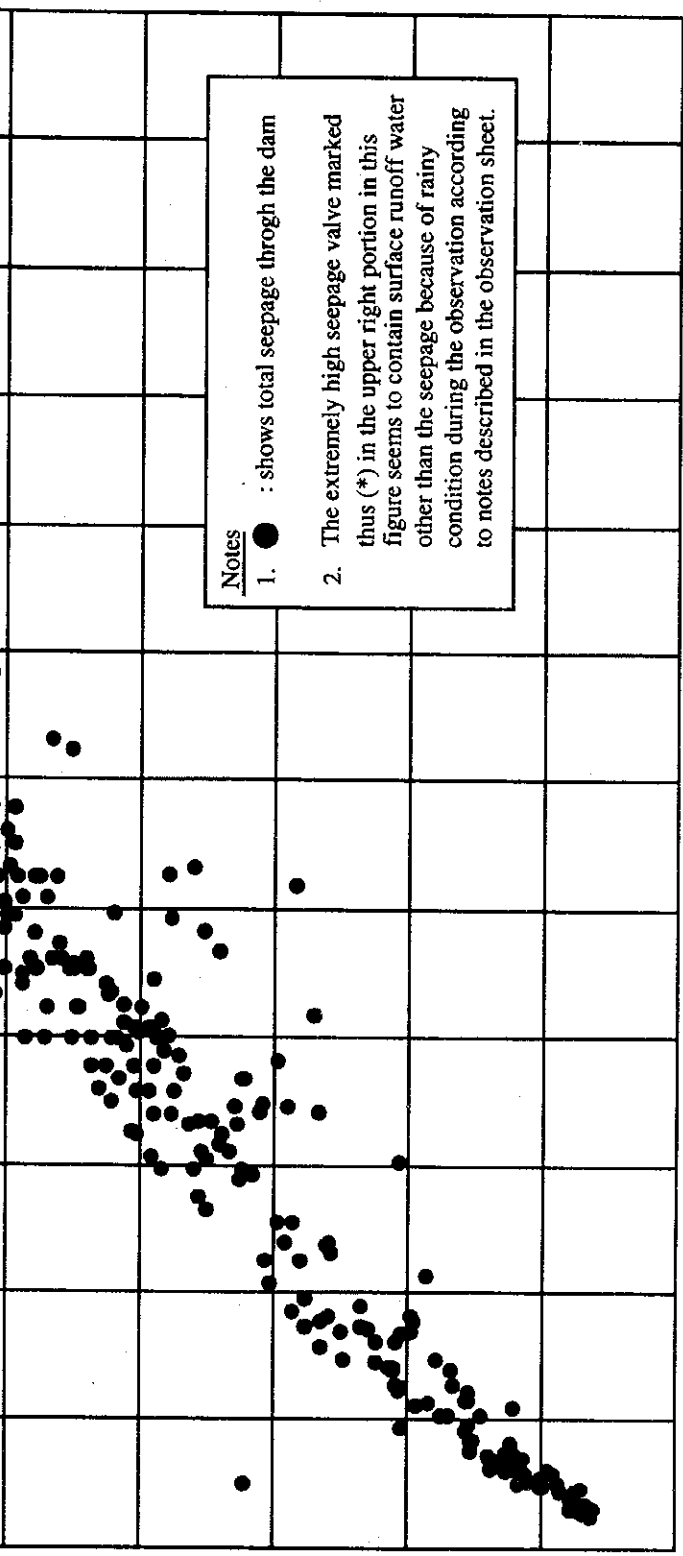
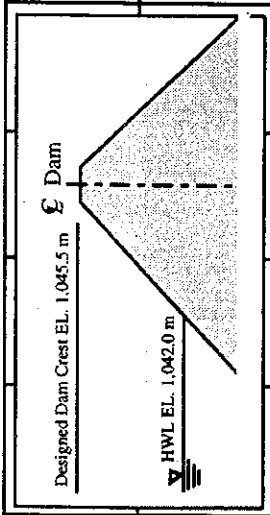
SECTION OF DAM EMBANKMENT AT NEARBY LOCATION OF SPILLWAY

LOCATION OF MEASUREMENT

No.	Item of Measurement	Location of Measurement	Fig./Table Referred
1	Seepage	26 Original Relief Wells, 4 Supplemental ones, Drain channels	Fig.4.9, Fig.4.10
2	Water Surface Elevation in Dam Body	IP-38 m, S2+40 m, S4+10 m, S8, S12	Fig.4.12
3	Settlement (Dam Crest Elevation)	IP, S1 to S12	Table 4.5
4	- do -	IP-63.3 m (done in Aug. 1994)	Fig.4.11

Reservoir Water Level (El. m)

1,050.00
1,045.00
1,040.00
1,035.00
1,030.00
1,025.00
1,020.00
1,015.00



Notes

- : shows total seepage through the dam
- The extremely high seepage valve marked thus (*) in the upper right portion in this figure seems to contain surface runoff water other than the seepage because of rainy condition during the observation according to notes described in the observation sheet.

0.0 10.0 20.0 30.0 40.0 50.0 60.0 70.0 80.0 90.0 100.0 110.0 120.0

Total Seepage through Dam Body (litre/sec)

グイエトナム社会主義共和国
ダム電カシステム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

図 6.9
貯水池と総漏水量の関係

Note
Locations of the 26 Relief Wells
are shown in Figure 6.8.

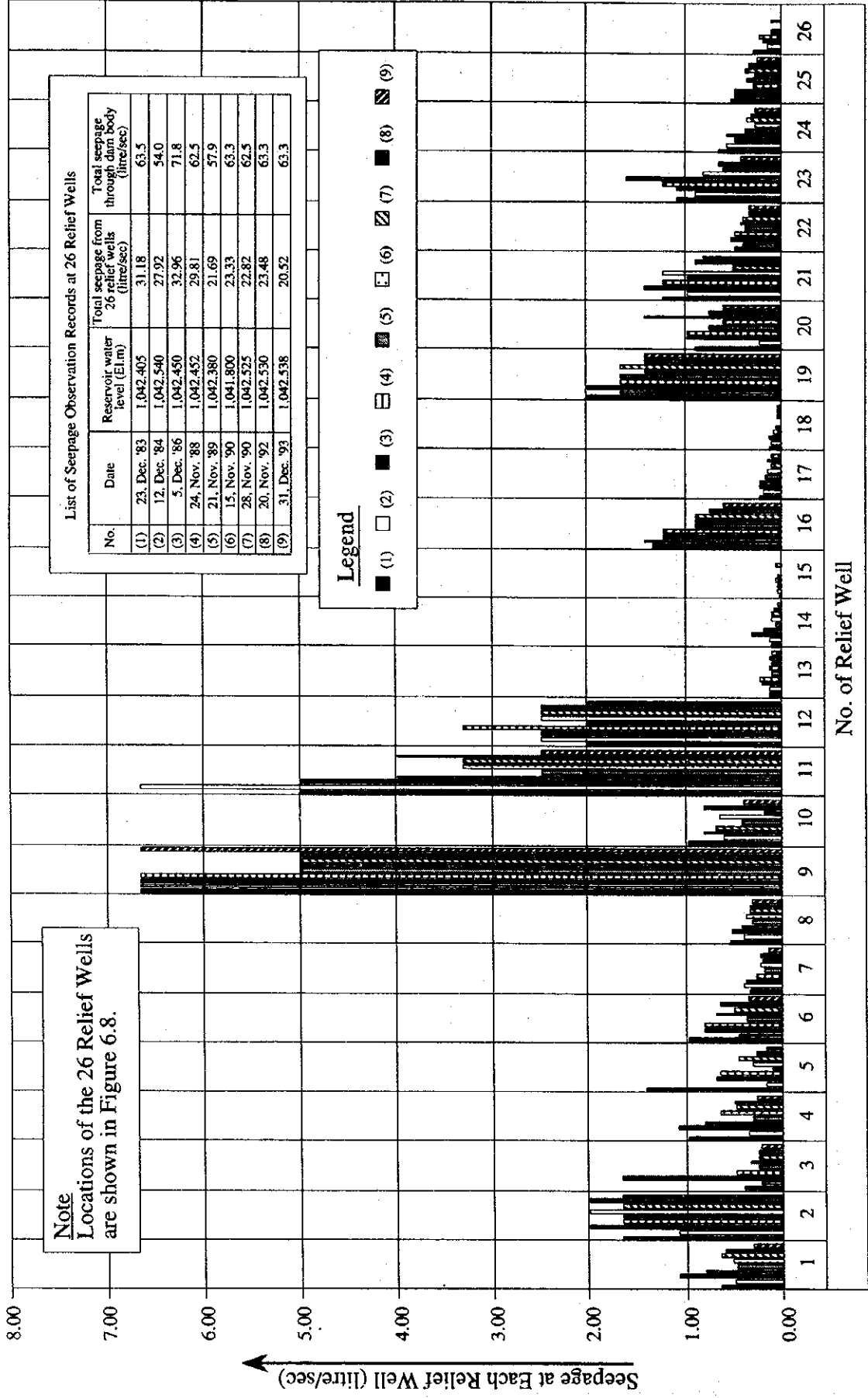
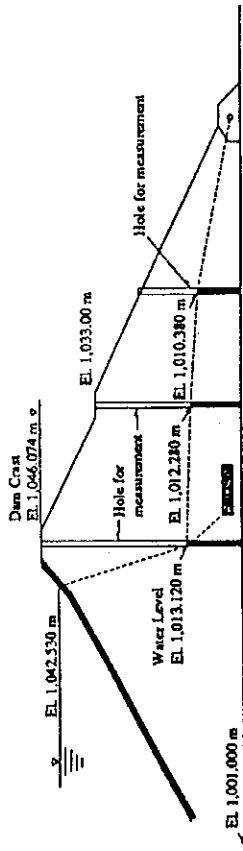


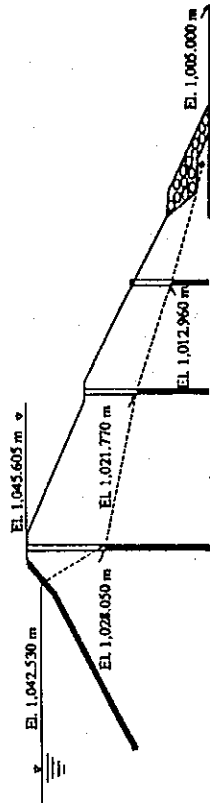
図 6.10
26個の観測井戸からの漏水量

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

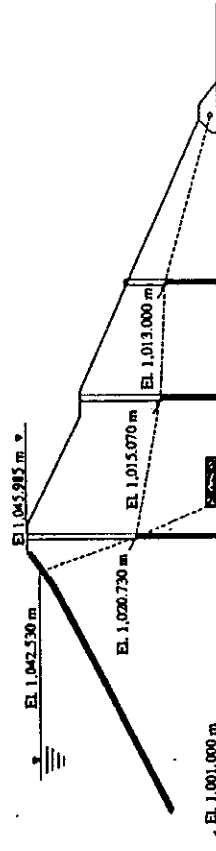
ヴァイエトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査



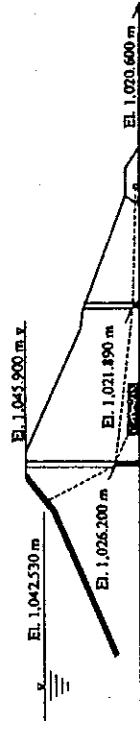
Section No. S2 + 40 m



Section No. IP - 38 m



Section No. S4 + 10 m

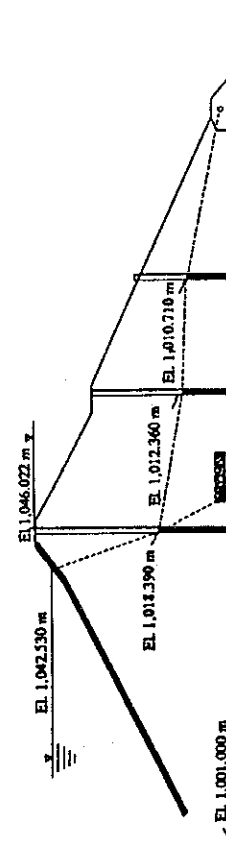


Section No. S12

Note

Locations of the Dam Sections are shown in Figure 6.8.

Section No. S8



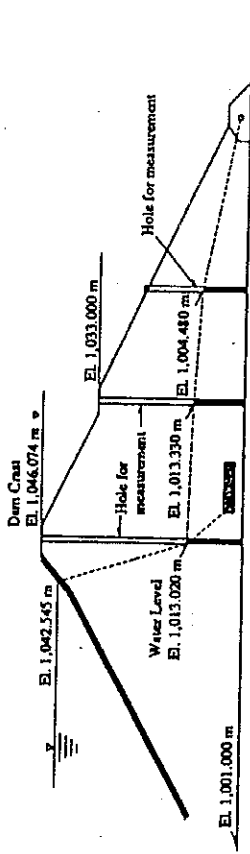
グイエトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

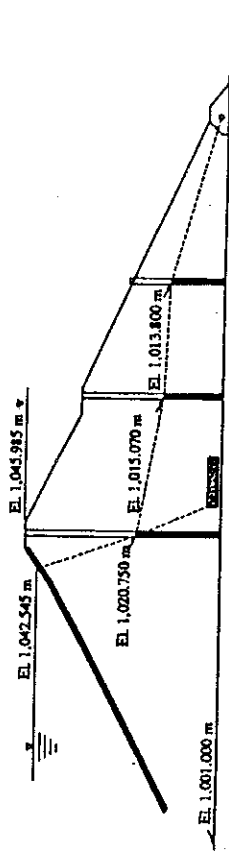
国際協力事業団

図 6.12 (1)

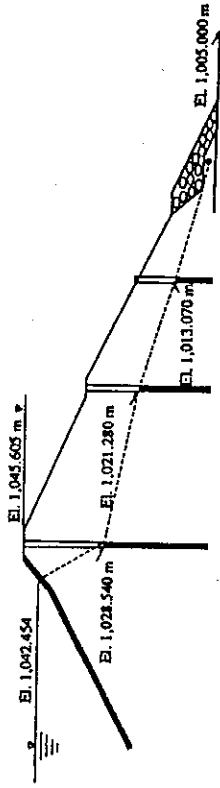
ダム堤体内部の水位
(1992年12月、貯水池水位: 1,042.530 m)



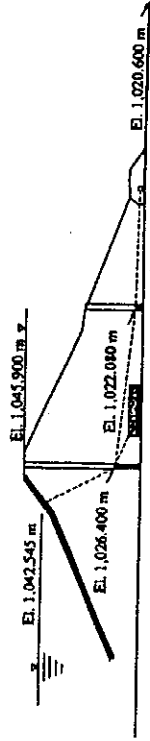
Section No. S2+40 m



Section No. S4+10 m



Section No. IP-38 m



Section No. S12

Note

Locations of the Dam Sections are shown in Figure 6.8.

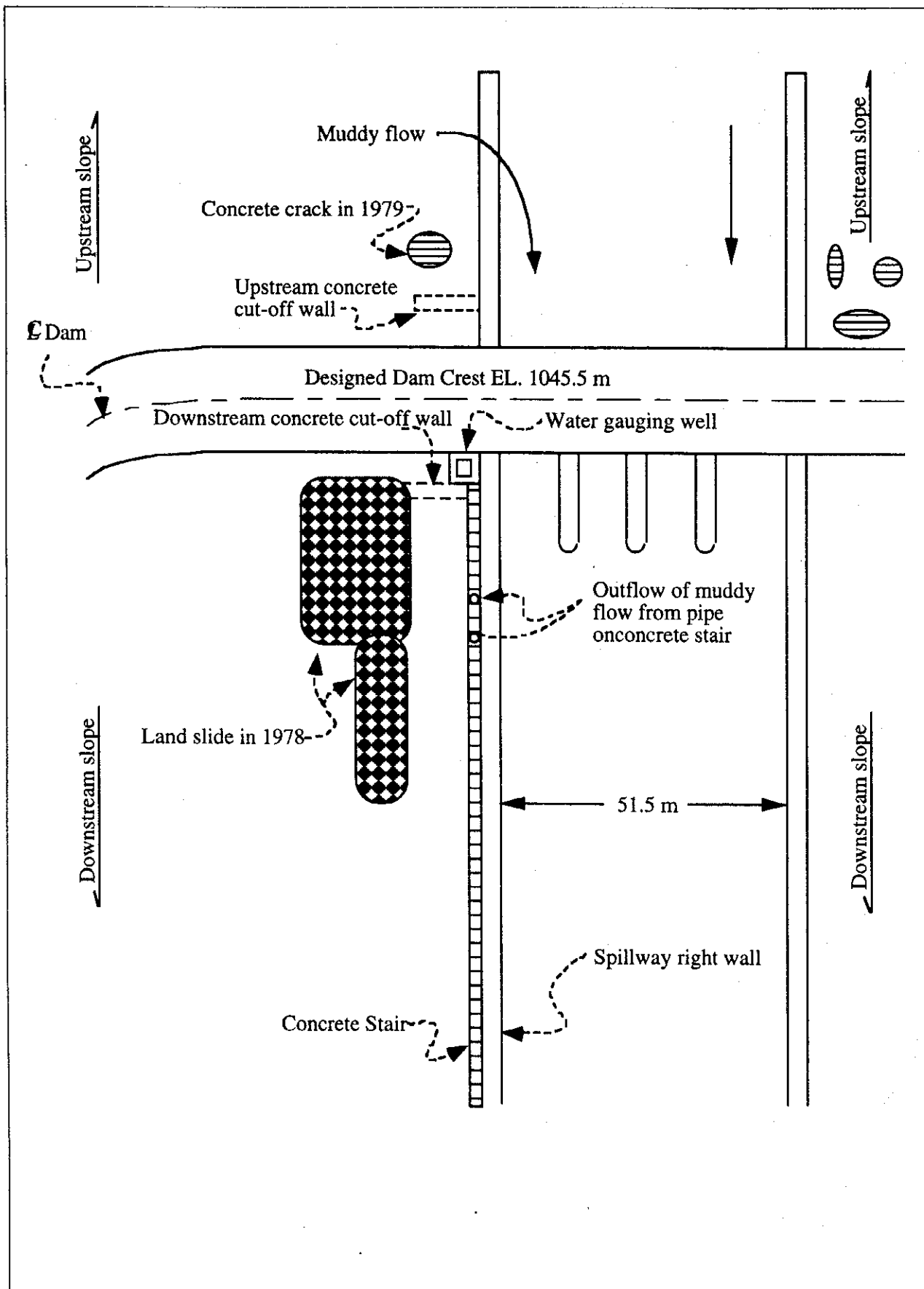
ヴェトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

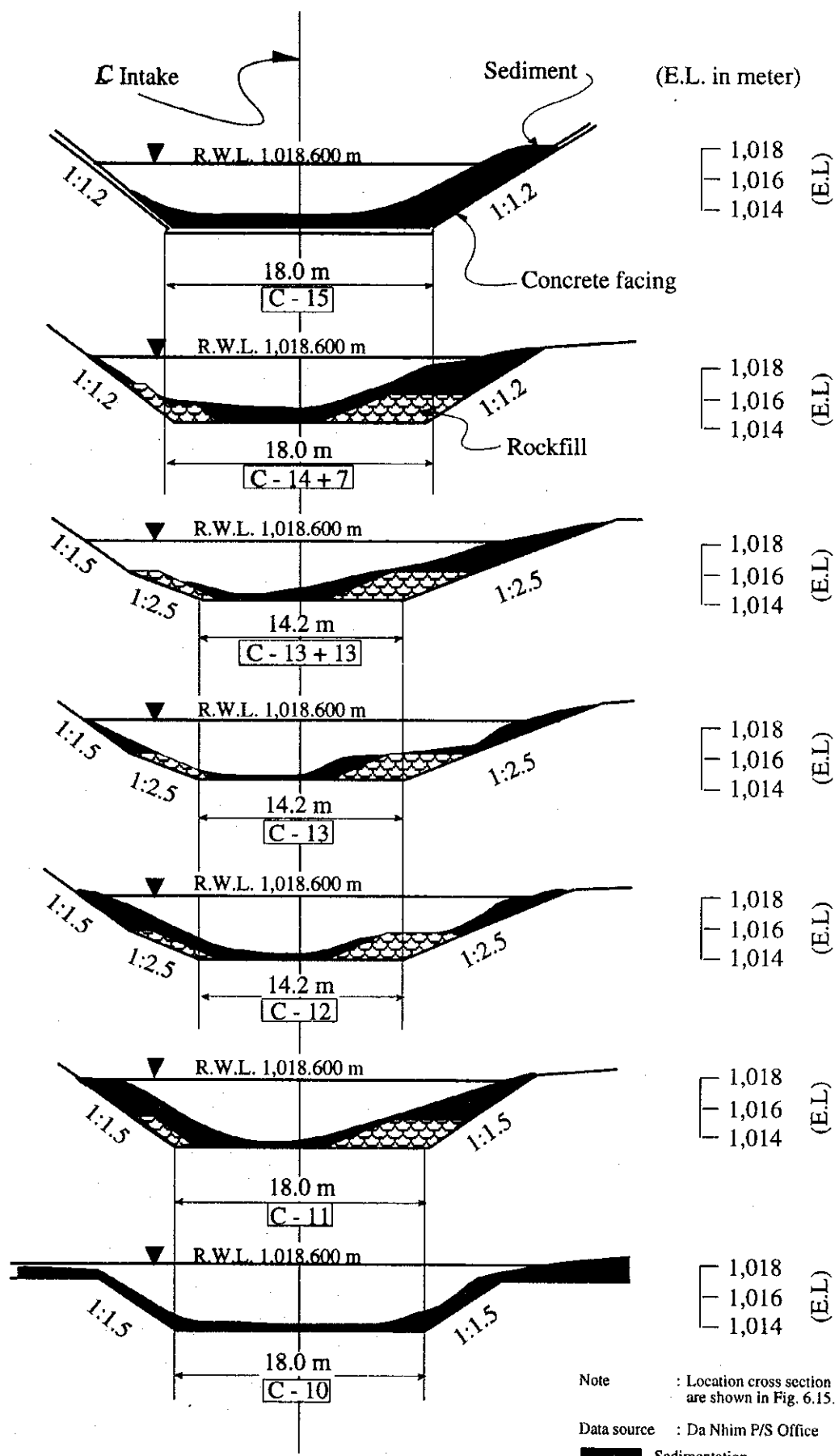
国際協力事業団

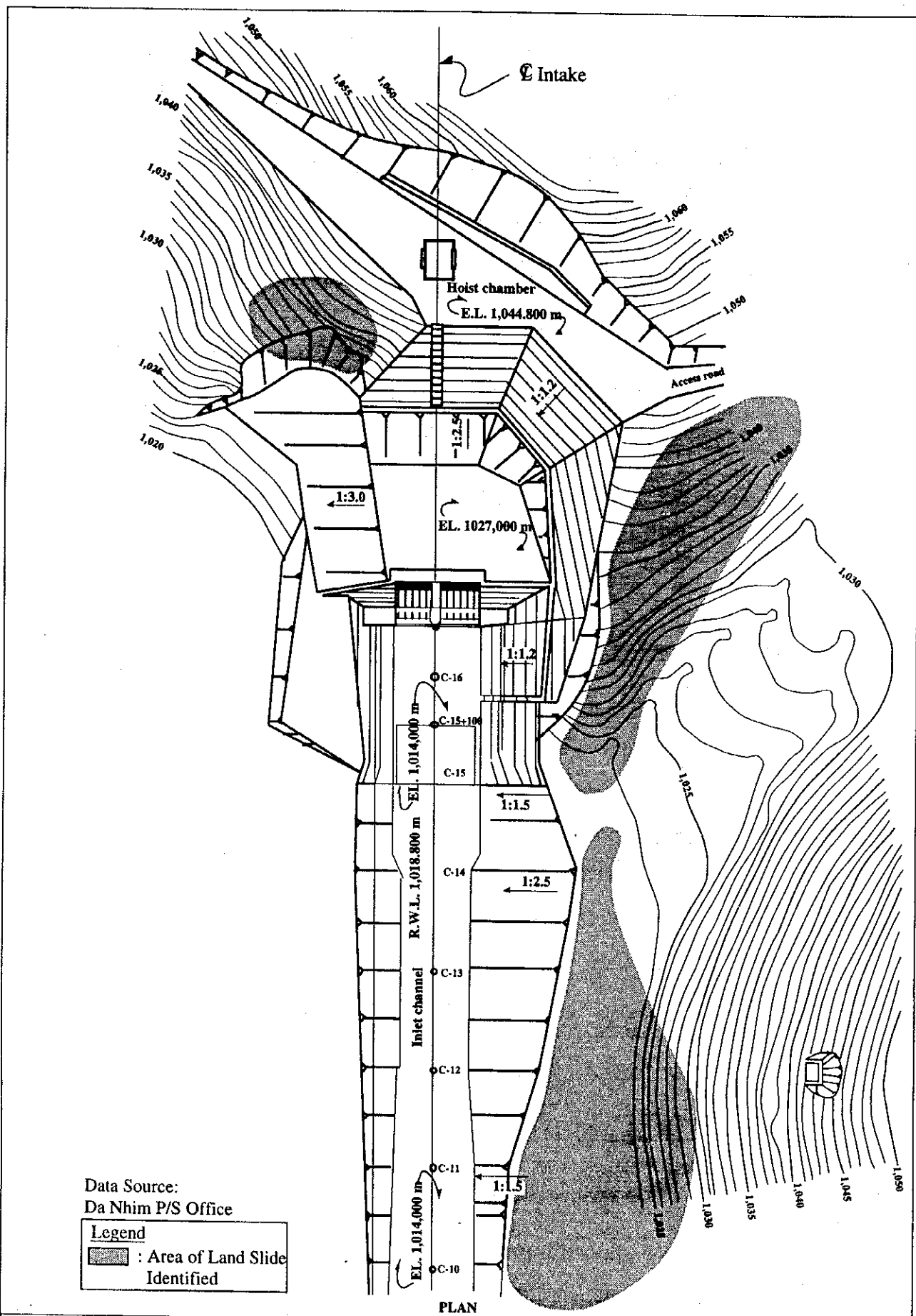
図 6.12 (2)

ダム堤体内部の水位
(1992年12月、貯水池水位: 1,042.545 m)



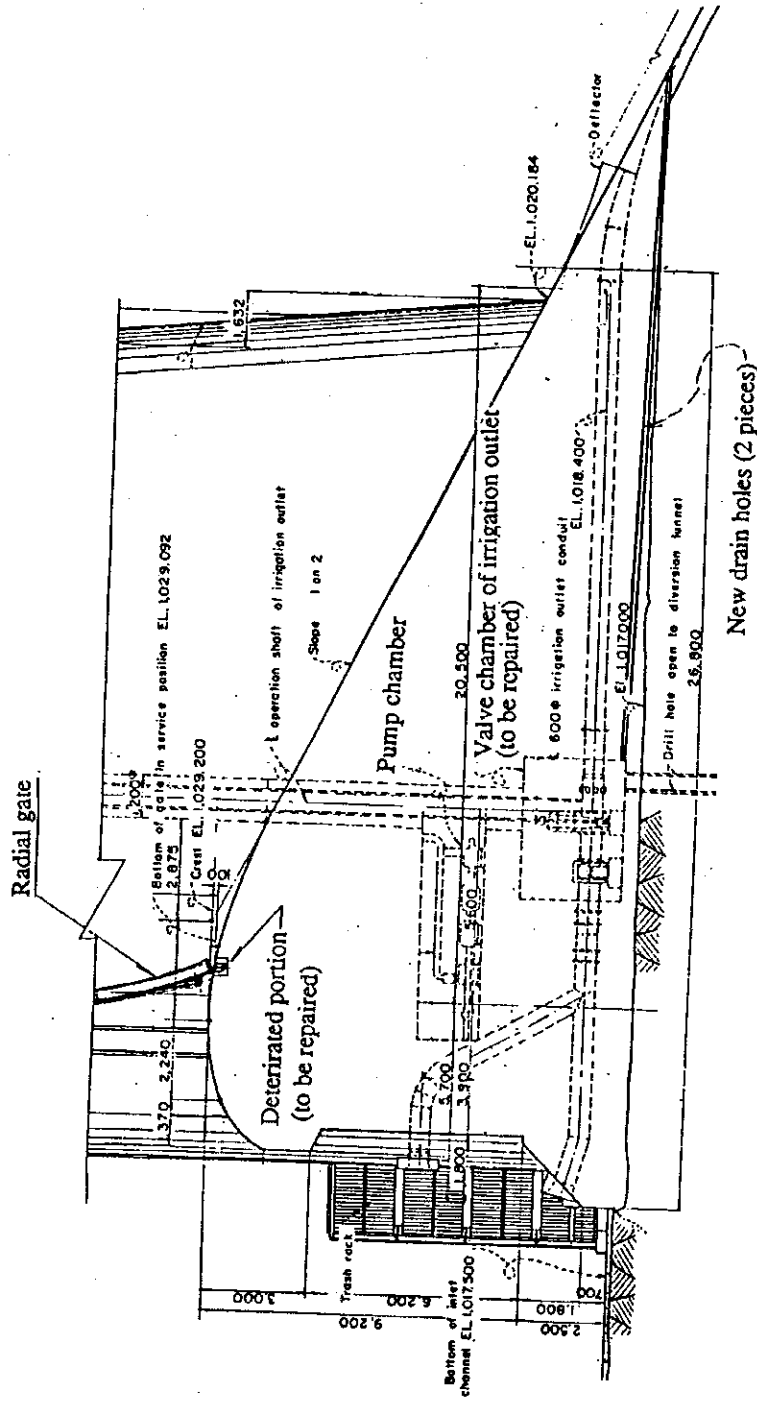
ヴィエトナム社会主義共和国 ダム電力システム改修計画調査	MINISTRY OF ENERGY 国際協力事業団	図 6.13 洪水吐とダム堤体の接触箇所の概略位置図
---------------------------------	-------------------------------	-------------------------------





Data Source:
 Da Nhim P/S Office
Legend
 [Shaded Area] : Area of Land Slide Identified





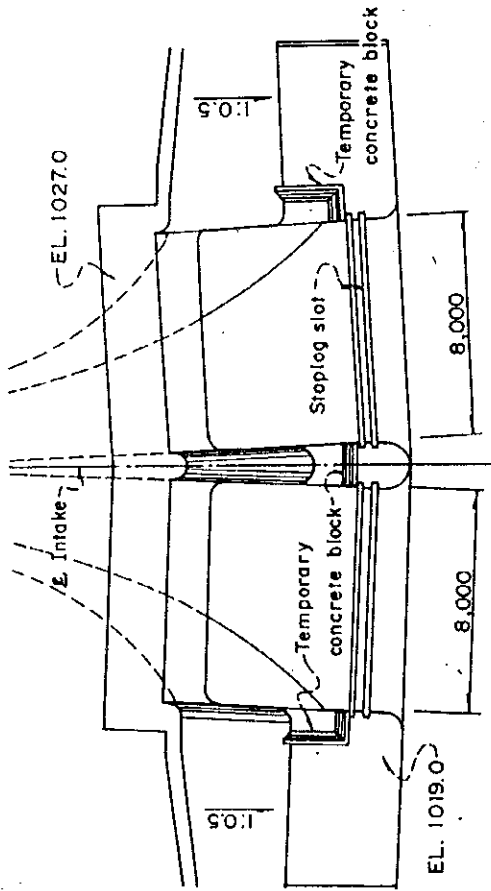
TYPICAL SECTION OF OVERFLOW WEIR PORTION OF SPILLWAY

ヴァイエトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査

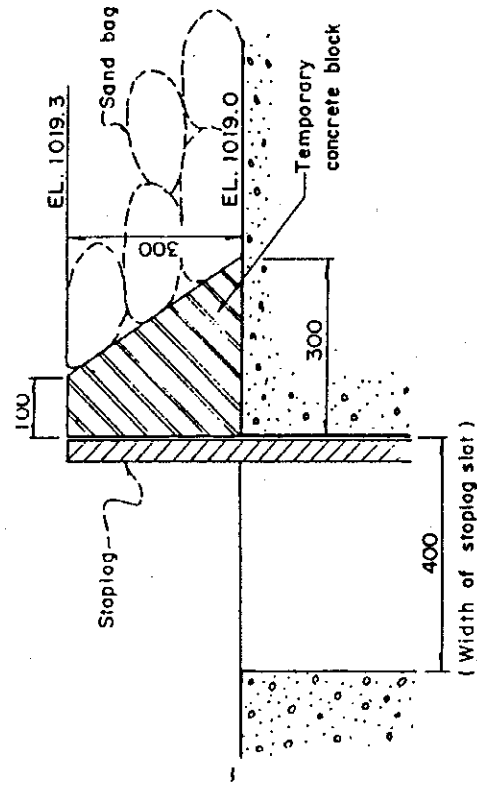
MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

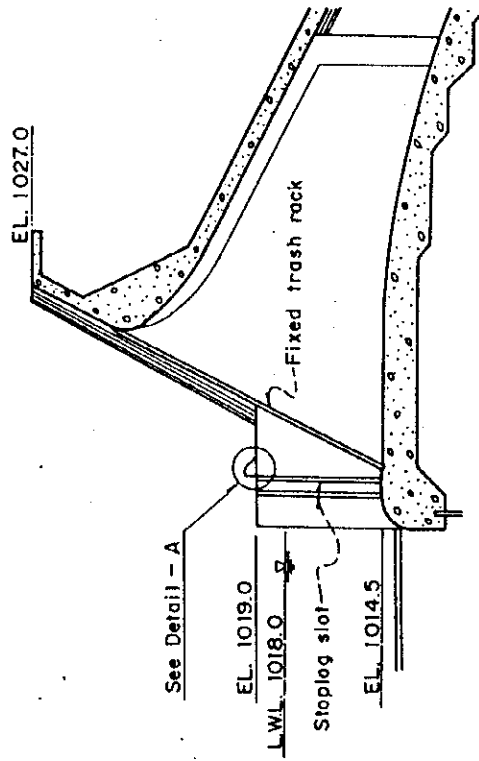
図 6.17
洪水吐の緊急改修工事



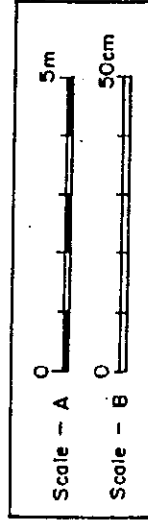
PLAN Scale - A



DETAIL - A Scale - B



PROFILE Scale - A



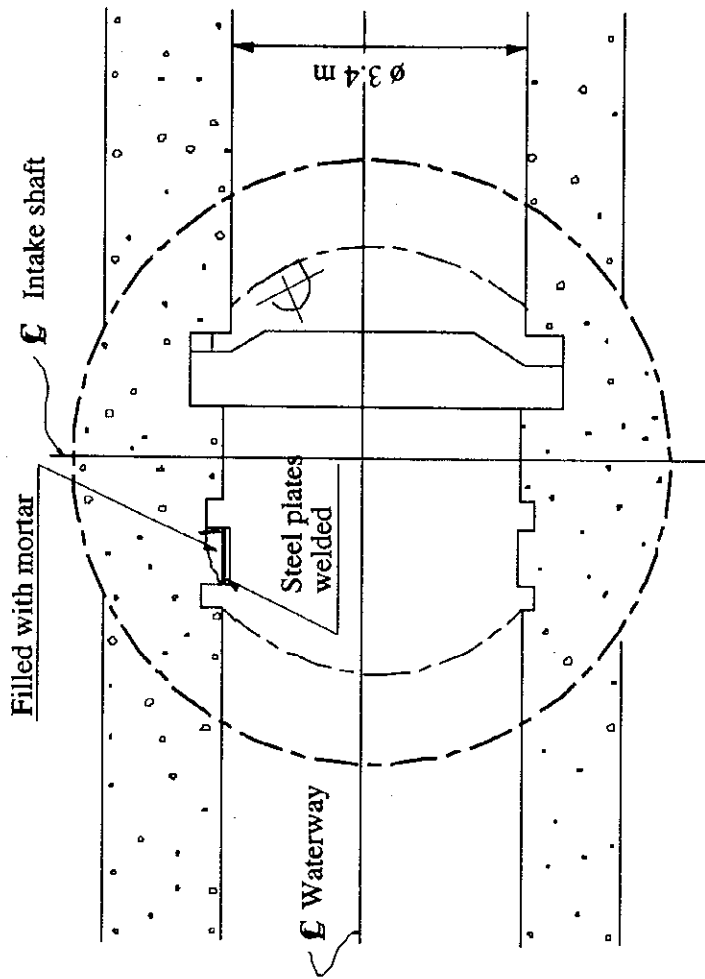
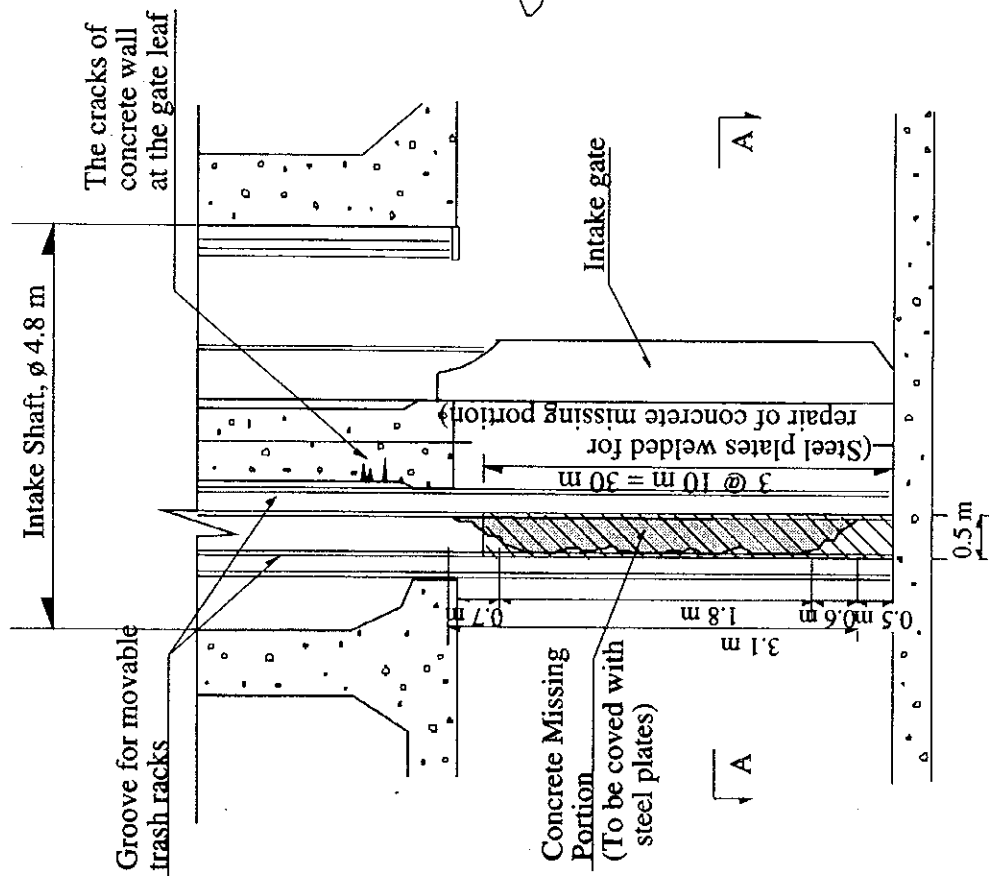
グイエトナム社会主義共和国
ダナム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 6.18

取水口可動式トラッシュラック
戸当り部の補修工事の為の準備工事



PROFILE OF GUIDE FRAME PORTION FOR MOVABLE TRASH RACKS AND INTAKE GATE

SECTION A - A

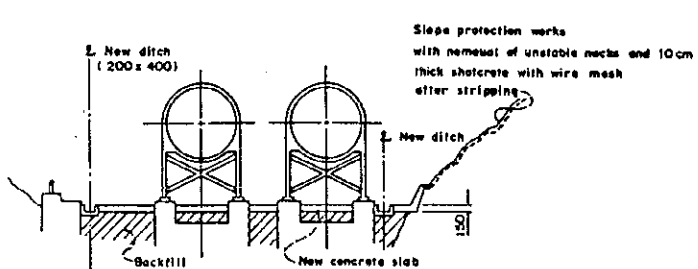
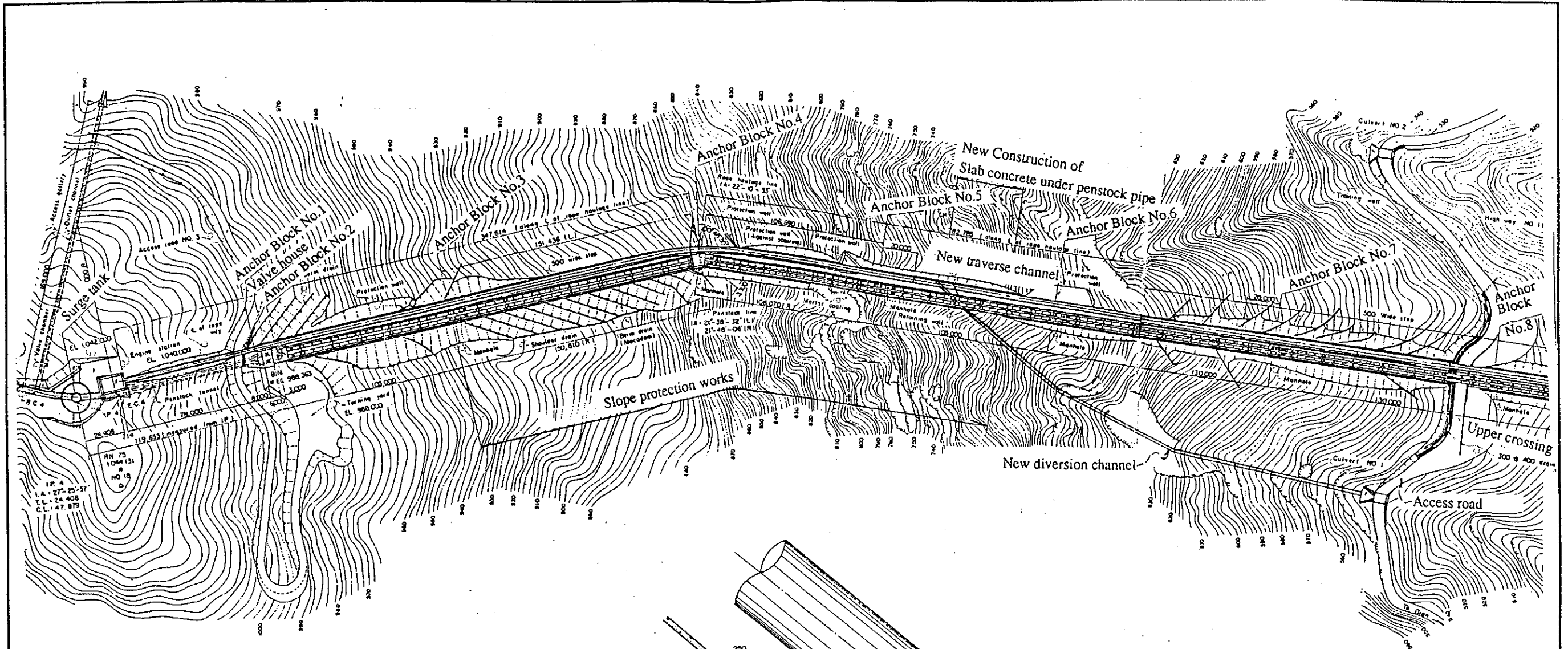
ガイエトナム社会主義共和国
ダニム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

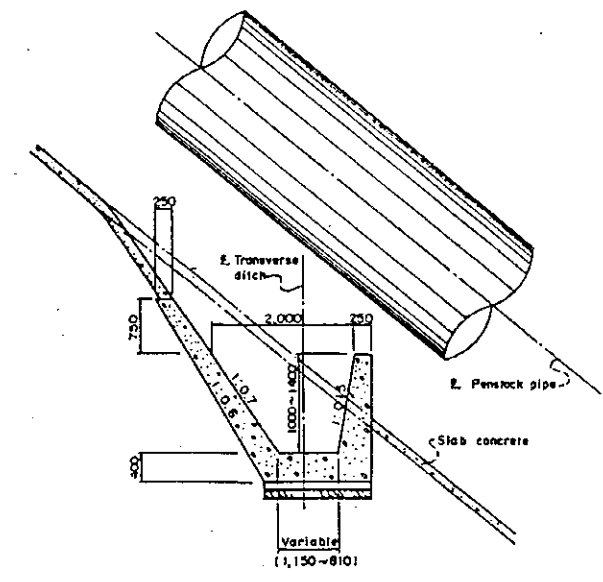
国際協力事業団

図 6.19

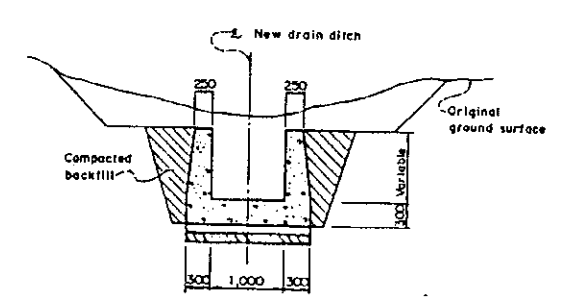
取水口可動式トラッシュラック
戸当たり部の代替補修工事



TYPICAL SECTION OF NEW SLAB CONCRETE UNDER PENSTOCK LINE

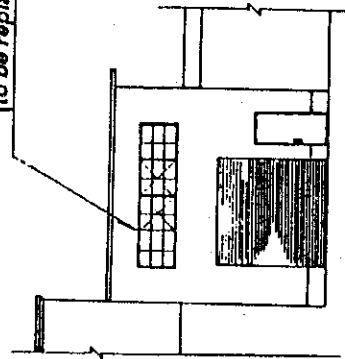


TYPICAL SECTION OF NEW TRANSVERSE CHANNEL

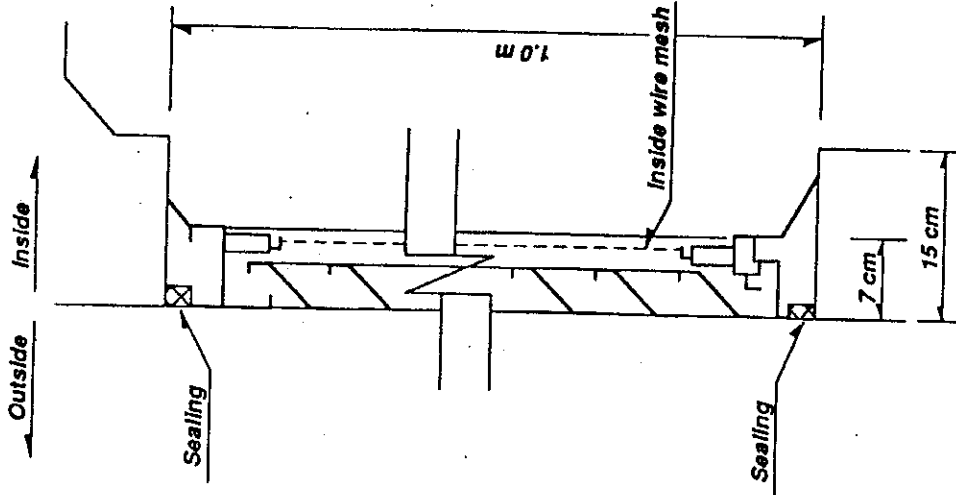


TYPICAL SECTION OF NEW DIVERSION CHANNEL

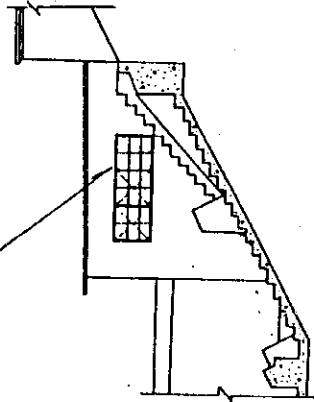
Existing windows
(to be replaced with new louvers)



SIDE ELEVATION

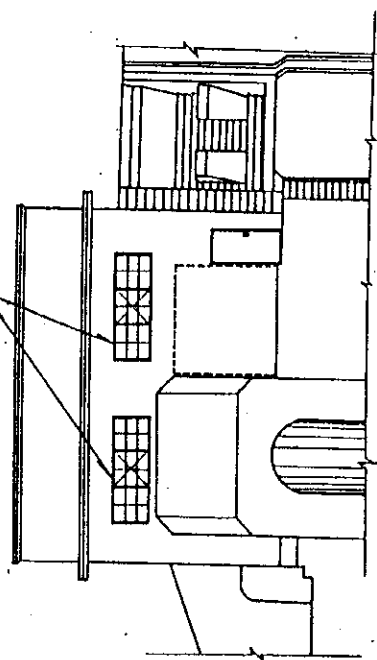


TYPICAL SECTION OF NEW LOUVER



SIDE ELEVATION

Existing windows
(to be replaced with new louvers)



FRONT ELEVATION

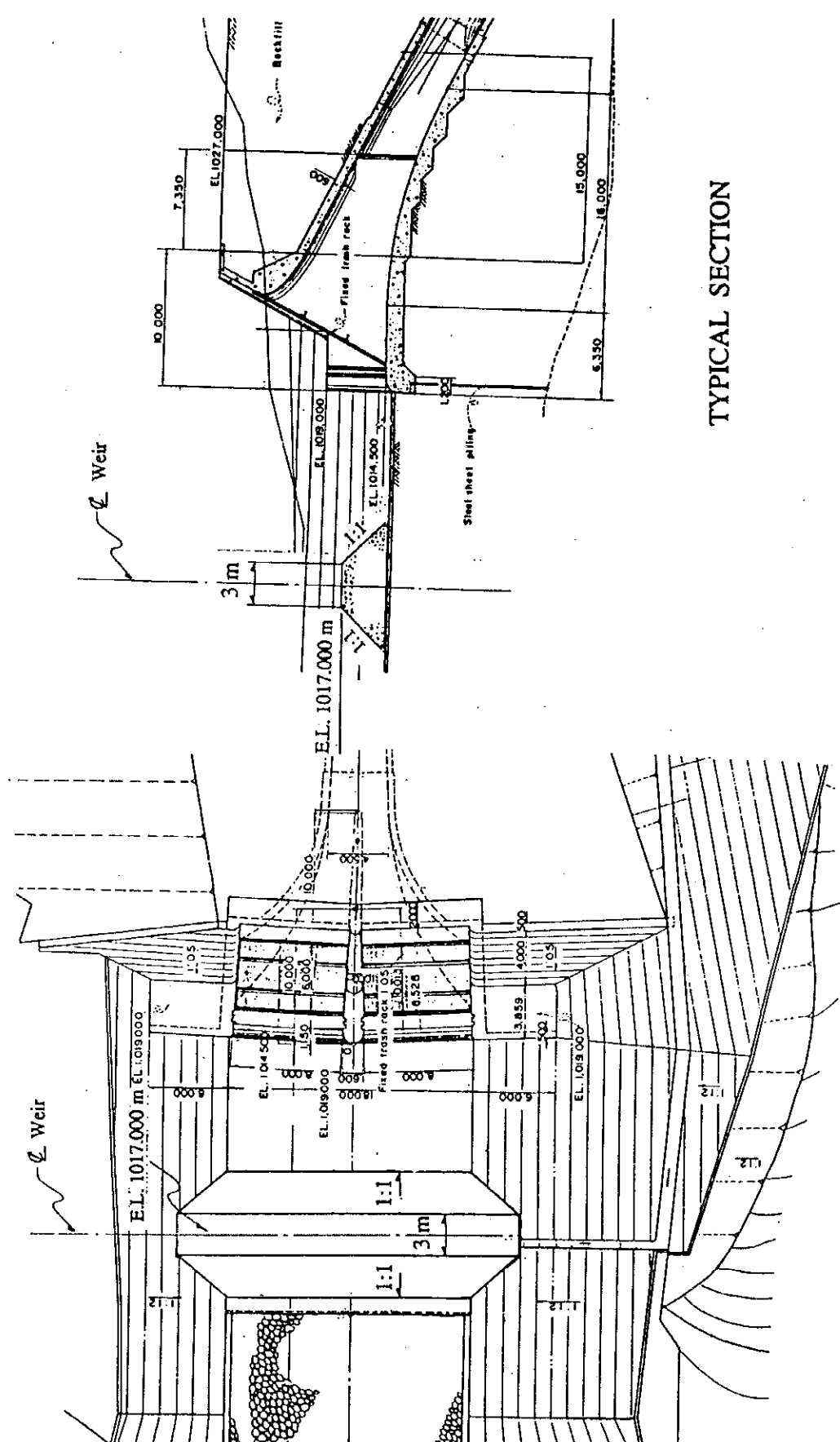
ヴィエトナム社会主義共和国
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY

国際協力事業団

図 6.21

圧力鉄管バルブハウスの緊急改修工事



TYPICAL SECTION

PLAN

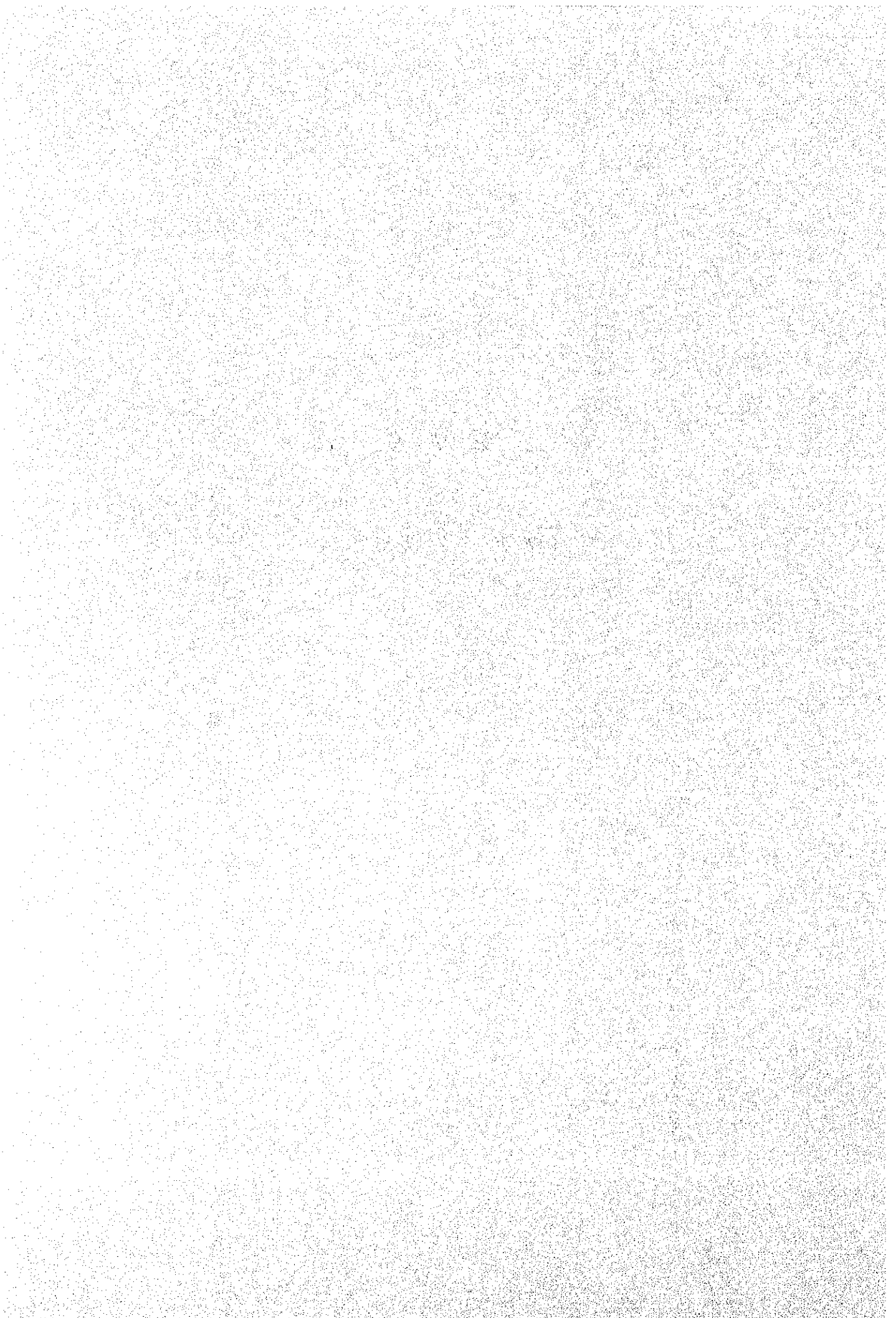
เวียดนาม社会主义共和国
ダム電力システム改修計画調査

MINISTRY OF ENERGY
国際協力事業団

図 6.22
長期的な貯水池堆砂対策案

第 7 章

水文データ収集装置



第7章 水文データ収集装置

7.1 調査方法、調査結果及び解析

7.1.1 調査方法

調査団は下記方法にて各水文データ収集に関する施設の現地調査を実施した。

(1) 雨量データ収集システム

既設雨量観測所は、現地の設計・施工により建設された。調査団の現地調査でのカウンター・パーツから設備に関する聴取するとともに、入手書類の検討、既設設備調査、机上検討を実施した。

1) ヒヤリング

主としてダニム発電所のエンジニアから設備の建設・運用の実態や今後の計画について説明を受けた。さらに雨量観測所の設計業者から設備機器内容の説明を受けた。

2) 書類調査

次の書類を現地で入手し検討した。

- ・ “The Hydrological Acquisition System of Danhim P/S (Summary)” 及び
- ・ “Rainfall gauge station complete documents”

3) 施設調査

中央観測所（Central Station：以下CSと略記）と雨量観測所（Xuan Tho rainfall gauge station, Da Sa rainfall gauge station, Da Chay rainfall gauge station：以下RSと略記）の4ヶ所の実状調査を実施した。中継局（現在は使用停止）は立入り許可がなく調査できなかった。

4) マップ・サーベイ

5万分の1の地図を用いて既設雨量観測所4ヶ所の位置関係、増設希望の数ヶ所についての位置関係、アクセス関係、電波伝搬上の障害物などの調査を行なった。

5) 代替地調査

施設調査時に地図を持参し既設観測所の近辺でよりよい代替地が有るか否か、アクセスの難易度などの調査を行なった。

(2) データ収集、伝送および管理システム

水文データの利用面を中心に次のような現地調査を行なった。

1) ヒヤリング

- a) CSの機能およびダム管理につき調査団水文担当者の協力を得て説明を受けた。
- b) 電力線搬送システム（Power Line Carrier System：以下PLCと略記）によるデータの伝送システムにつきカウンター・パーツから現状および将来構想の説明を受けた。なお、ホーチミン市のPC-2の中央制御所（Power System Control Center：以下PSCCと略記）から詳細な説明を受けた。
- c) 増設無線局の周波数割当に関しPSCCから事情説明を受けた。
- d) 水文データに関し Southern Region Hydro Meteorological Center から現状を聴取した。

2) 書類調査

PLC系統図を受領し、ヒヤリングに基づき現在試験中および改良中のシステムを加えてPLC系統図の修正を行なった。

3) 討論

CSとダニム発電所（以下P/Sと略記）間のデータ伝送（中継局を有する無線回線、PLC経由のデータ伝送）を中心に望ましい全体システム構成につきカウンター・パーツと討論を行なった。

この討論にて、将来構想としてマイクロ波あるいはオプティカルファイバーによるPSCCとの通信手段の開設などが議題となった。

7.1.2 調査結果

既設RSの設置は1983年に軍の技術アカデミー（The Army Academy of Technology）により設計、製作、設置が行なわれた。その後1989年に大幅な変更をP/Sの責任において実施し現在に至っている。

(1) 雨量及び水位データ収集システム

1) データ収集方法

- a) 既設RSは3ヶ所（クワン・ト、ダ・サ、ダ・チャイ）でありすべてダニム川の西側に配置されている。CSはダムサイトの余水吐ゲート近くに、また水位観測所（以下WLと略記）は1ヶ所で、ダムサイトの余水吐ゲート脇に配置されている。
- b) 雨量データはVHF無線（146.575 MHz）を用いて周波数偏移変調（Frequency Shift Keying、以下FSKと略記）と周波数変調（Frequency Modulation、以下FMと略記）の方式で伝送されている。
- c) RSは降雨量（積算値）の変化が3.5 mmに達した時および毎定時（毎時00分）にデータを送信することになっている。
- d) RSは送信前に受信動作を行ない既に他観測所により送信が行なわれていればこれが終るまで待機し、他観測所の通信終了後に送信する方式である。
- e) CSは受信が完了した場合に受信良好の信号を送信所に返送し受信不良の場合は再送要求信号を送ることになっている。
- f) 水位計はフロート式であり、信号はセルシン方式でCSに有線で伝送されている。

2) 雨量観測所（RS）

- a) RSは雨量計、マイクロコンピュータシステム、送受信機、アンテナ、バッテ

り、ソーラーパネル及び筐体、鉄塔などにより構成されている。局舎が付随しているRS（ダ・サ、ダ・チャイ）もあるが現在は局舎を使っていない。

- b) 雨量計はTipping bucket方式。分解能は0.5 mmである。
- c) マイクロコンピュータシステム（8 bit CPU (Z80)）に対し雨量計から状態変化の信号があると“割込み”を発生させ、降雨量の変化が3.5 mmに達すると送信機をONとし、データを送信する。
- d) マイクロコンピュータシステムは毎定時（毎時00分）に“割込み”を発生し送信機をONとし、その時点でのデータを送信機により送信する。
- e) RSのマイクロコンピュータ処理でデータをFSK信号に変換された送信データは、雨量データ、ID（局別の認識符号）、観測時刻、バッテリーの状態、ソーラーパネルの発電状況などである。
- f) 送信機（VHF-FM）の音声入力端子にこのFSK信号を入力する。従って変調はFSK-FM方式である。送信機は出力10 W/50 W、周波数146.575 MHzの設備である。
- g) アンテナは9 element Yagiアンテナである。ダ・チャイ観測所のアンテナはCSの方向を向いていたがクワアン・トは南、ダ・サは東を向いていた。いずれもCSの方向ではない。
- h) 既設のアンテナ高さは下記の通りである。

クワアン・ト RS	9 m
ダ・サ RS	9 m
ダ・チャイ RS	17 m
CS	21 m

各アンテナはこれらの三角鉄塔上に水平偏波で取付けられている。

- i) 雨量計、筐体（内部にはマイクロコンピュータシステム、送受信機、バッテリー類などが収納されている）、ソーラーパネルはアンテナ用三角鉄塔の地上数mの所に固定されている。
 - j) RS（ダ・サ、ダ・チャイ）へのアクセスは雨期には非常に困難である。
- 3) 中央観測所（CS）
- a) CSはダムサイトの余水吐ゲート近くの小高い丘に立つ局舎の一室に設置され

ている。

- b) CSの構成はパーソナルコンピュータ (IBM-AT コンパチ機、ディスプレイ、プリンターを含む)、FMトランシーバー、水位指示メータ (以上室内に設置) 及び雨量計、アンテナ、水位発信器などである。
- c) CSにはAC電源が常に供給されており無停電電源装置 (UPS) でバックアップすることになっているが、現在はUPSが動作不良でその機能がはたされていない。
- d) CSの機器は24時間電源ONの状態でRSの送信を監視している。水位計はダム水位を常に表示している。
- e) RSが送信を開始するとこれを受信しパーソナルコンピュータ (内蔵のデコーダボード) にて復調する。このデータをディスプレイ (CRT) に表示するとともにプリンターに打ち出すと同時にハードディスク装置に記録する。
- f) 電界強度が弱いなどの理由により受信が正常に行なわれなかった場合、又は同時送信のため受信信号の復調ができなかった場合には再送信号でRSを呼び出し、ID信号と共に送る。正常に受信できた場合はその旨の確認信号を送る。
- g) 受信データのプリントアウト例を図 7.1に示す。

(2) 収集データの利用システム

1) 雨量、水位データの収集及び表示

雨量および水位のデータは現在、CSで収集されている。雨量データはパーソナルコンピュータのハードディスクに蓄積されディスプレイへの表示プリンター打ち出しが行なわれている。

2) 雨量、水位データの転送

雨量および水位データはCSにて一元管理されている。P/Sへは必要な都度 (求められれば) PLCの電話チャンネルを利用して音声で伝送される。

(3) 電力線搬送 (PLC) 電話システム

PLCは主として音声回線として利用されている。現在、Hydrological Data Acquisition Systemと関連する所はP/Sとダムサイトの連絡電話チャンネルのみである。ダムサイトで得られたデータを求めに応じてP/Sに音声で伝送している。PSCCへのデータの報告は稀である。収集した図面、ヒヤリングなどから作成した現状PLCシステム図を図7.2に示す。

7.1.3 調査結果の解析

「ダムに貯えられたあるいは貯えられる水は貴重な財産であり、できる限り有効に利用されるべきである。」との立場が現在の水管理上の大命題である。

本節ではこの目標に照らして現在のデータ収集システムを解析する。

(1) データ収集システム

1) 収集方法

イベントレポーティング方式 (Event Reporting Method) を採用しているが、現在の観測所の設置数からは問題はない。改修計画を視野にいれると6～7観測所の増設が必要となり合計10局程度となる。この場合、定時送信は衝突 (同時送信) の確立が高くなりデータ収集が効率的に行なわれなくなる可能性があり改善が必要となる。CSの制御の下にデータを送信するポーリング方式は効率的でありこのシステムが推奨できる。ポーリング方式における主な問題点は観測所 (RS及びWL) が常時ONとなるためソーラーパネル及びバッテリー容量を見直す必要があることである。

なお、現行のイベントレポーティング方式のうち一定降雨量に達した場合の送信機能はポーリング方式においても、送信許可を得る手順を挿入することで、従来と同様のデータ伝送は可能である。

2) データ収集所の配置

現在のRSは降雨域の西側に偏った配置となっている。これは、アクセス道路が西側にのみ辛うじて存在することが唯一の理由である。ダラット市における気象データか

らは4月中旬までが雨期であり、年間降雨量の大部分がこの期間に集中している。風向は雨期には西風、乾期には東風が大勢を占めている。この気象データは降雨域にも適用できると考えられるので、雨期の西風による降雨は観測対象となる。西風は山の西斜面に当り、個々に雨を降らすと考えるのが一般的であるから降雨域の西側より東側の領域の方が雨量観測上からは重要であると言える。この点から現在の西側域の3局のRSに加え東側にも2～3局のRSの新設が必要となる。

現在の水位観測はダムサイトの余水吐ゲート脇で行なわれているもののみである。水管理上からは、貯水池への流入量及び流出（又は漏洩）量を知る必要がある。このため、流入量を計る目的で主流入口である2本の川（ダニム、クロンクレット）に水位計を設置する必要がある。水位計はその水位が貯水池水位の影響を受けない上流地点で、かつ貯水池入口に近い地点に選ばれる必要がある。流出（又は漏洩）量測定のためにダム下流域に新水位計を設置する必要がある。

3) ハードウェア

既設のRSの雨量計、データ処理装置（マイクロコンピュータシステム）、送受信機、電池、ソーラパネル、アンテナなどには実用上特に問題はない。また既設CSのパーソナルコンピュータとトランシーバーの組合せについても実用上の問題は特にない。ただし、送受信機はアマチュア無線用のトランシーバーであり音声通話上は問題が顕著に表れないがデータ伝送用機材としては仕様上からも問題がある。また機材の設計製造については「線がつながっている」程度の製造技術であり問題がある。高湿度下で一日の温度差が大きい屋外使用の機材については、温湿度サイクル試験が必須であるが、実施した形跡は認められない。設計上の課題としてはマイクロプロセッサの利用が消費電力の観点から再考される必要がある。現在のイベントレポーティング方式では常時ONの必要がないため受信時の消費電力は問題にならない。ポーリング方式を採用すると受信時の消費電力が支配的となる。マイクロコンピュータ系統は呼び出し信号を受信した場合にのみONにするなどの対応が必要になる。

4) 電波伝搬

既存のデータ収集システムにおける通信に対する考え方は「水位の変化は降雨時から一定の遅れがあり、降雨データの速報性は必要がない。半日程度の間データを送れ

ばよい』である。しかし、通信回線の信頼度が悪化すると必要なときにデータが利用できないということが起きる。例えば回線信頼率99%ということは最悪のケースとして年間3日半（かならずしも3日半継続してということではない）は通信できないことを意味する。効率的な水管理を行なうためには予備放流などの処置も必要となり通信の即時性はでき得る限り確保される必要がある。

現在の観測所配置の関係から得られるプロファイルでは回線信頼率の極端に悪い回線と判断される。アンテナが対向しておらず山岳反射を利用していると考えられる。プロファイル図を図7.3～図7.5に示す。

5) データ伝送

ハードウェアにマイクロコンピュータを利用していることからデータ伝送にはコンピュータ通信用のモデムを採用している。したがって伝送速度9,600 BPS（ビット/秒）の機能を備えているにもかかわらず実際は、300 BPS前後の伝送速度が常用されている。

雨量、水位といったデータはコンピュータ通信の情報量に比較すればはるかに小量であり、むしろ良好なS/N（signal to noise ratio）を確保する方が重要である。回線設計の結果にもよるがC/N（carrier to noise ratio）が悪いなら送受信機の帯域を狭くしてS/N向上を計ることを優先して伝送速度を50 BPS程におさえるのも考慮すべき項目である。

(2) 収集データの利用システム

1) 中央観測所（CS）の役割

現在のCSは雨量データの収集とダム水位の監視を行ない、余水吐ゲートの操作も行なっている。水管理の観点より、今後もCSに於て全ての情報の把握及び管理が必要となる。また、発電所運営には、ダムの情報を把握する必要があるため、CSにて収集した情報等は発電所に送ることが望ましい。従って緊急改修計画に際しては現在のCSの機能及び発電所へのデータ転送等それぞれの機能を全面的に改めることとする。CSの概要は以下のように想定される。

- a) 雨量、水位データの収集
- b) 放流警報の発令
- c) 収集データの管理
- d) 発電所へのデータ転送

2) 発電所内無線局 (PS-S)

現在はPS-Sは存在しない。緊急改修計画においてCSからの情報を受け取るため発電所内無線局 (以後PS-Sと略記) を設置すると共にCS~PS-S間の通信網の新設が必要となる。

PS-Sの概要は以下のように想定される。

- a) CSから伝送される雨量、水位のデータの把握
- b) CSの状態把握
- c) 収集データの管理

また、将来のPC-2 (第二電力公社) 全体の電力供給計画を行う場合に備え、上記の水管理データを遠方管理所へ伝送するための拡張性を持たせることが望ましい。

3) CSとPS-S間の通信

既設CSとP/S間はPLCの電話回線のチャンネルを用いて音声で通信を行なっているが、PLCの電話回線は専用回線ではない。このため緊急改修計画においては、災害に強い無線システムによるデータ伝送回線及び水管理専用電話回線を布設する。

4) 放流警報

今後きめ細かい水管理が行なわれると今までより頻繁に予備放流が行なわれる可能性があり放流の警報を下流住民に与える必要がある。

電源は商用電源が利用可能であろうが、非常時に備えてバッテリーのバックアップが必要となる。

5) PSCCとの通信

現在はパラメータ（周波数、出力、力率など）をPLC回線を経由してPSCCへデータ
伝送している。

同様の方式で発電所（PS-S）に収集されたデータをPSCCに送ることが可能である。
PS-Sのデータの総てを送ることが必要か、あるいは処理後のデータが望ましいかは、
PSCCの機能とP/Sの機能の分担をどうするかにかかる問題で今後の課題となる。

7.2 緊急改修計画

ダニム発電所における効率的な水管理を実現するために必要な設備の改修を計画する。

7.2.1 改修計画の概要

下記事項を目標に改修計画を策定する。

- (a) RSのダニム降雨域全域への展開による降雨量の全体的把握。
- (b) WLの増設によるダニム貯水池への水の流入、流出量の把握。
- (c) リアルタイムでのデータ収集機能の確保。
- (d) CSにおける水管理。
- (e) PS-Sの新設及びCSとの間のデータ伝送回線及び専用電話回線の新設によるPS-Sで
の水管理状態把握。
- (f) 放流警報所（以下WSと略記）の新設による下流域住民への放流警報信号の伝達。

以上の改修計画をダニム付近の地図に案としてプロットしたものを、図7.6として示す。

7.2.2 雨量観測所（RS）の改修計画

既設RS 3ヶ所の設置位置を再検討する。即ち、アクセス、電波伝搬、機材盗難防止の3項目の
検討を行ない最適地を捜す。新設RSは、降雨域東側を対象とし2～3局を予定する。

RSは河川の近くである必要はなく、山の頂上であっても構わない。本来はその地域の降雨量を代表する地点が望ましいが、これは計算で求まる訳ではなく実測によって決定されるものである。今回のように密林の中に初めて設置する場合にはどこが代表地点であるかは不明である。しがたつて上記の3項目を満足する地点を捜すこととなる。計画案には山の頂上である3地点を候補として掲げた。電源としてはソーラーパネルを用意する。

7.2.3 水位観測所 (WL) の改修計画

既設WLはダムサイトにありダムサイトの局舎にその指示計がある。本改修計画では、このデータをPS-Sに送ることにするので、伝送可能なデータ形式に変換する必要がある。

新設WLの内2局は貯水池へ流入する水量の測定のためのものであり、貯水池入口より若干上流に設置されることとなる。CSからの距離は10 km程なので電波伝搬上は有利であるが、河川に面して設置されるため“見通し”を得ることは難しい。

場合によっては、山の頂上（又はその近く）に設置されるRSを中継局としても用いることも考慮すべきである。なおWLにRSの機能を付加することも十分に検討する必要がある。

ダム下流域のWLはダムゲート下流約100 mの地点が予定される。電源にはソーラーパネルを予定する。

7.2.4 中央観測所 (CS) の改修計画

CSにはダム管理に必要な水位、雨量データの収集及び放流警報の発令などの水管理機能を持たせる。また、全ての収集情報及び警報状態をPS-Sへ伝送すると共に水管理専用電話回線を新設する。データの表示は大型CRTディスプレイ又はモザイクパネルを予定し、視覚的に容易に認識できるようにする。オペレータは情報処理されたこれらのデータを基に水管理を効率的に行なう。電源は交流電源としUPSも設備する。

7.2.5 発電所内無線局 (PS-S)

PS-Sは発電所構内に新設し、水管理に関する状態把握機能をもたせる。CSで収集されたデータ及び放流警報状態の総てをここに集中し、発電所全体の管理に利用する。データの表示は大型CRTディスプレイ又はモザイクパネルを予定し、視覚的に容易に認識できるようにする。

またCS間のデータ伝送回線に加え水管理専用電話も設備する。電源は交流電源としUPSをも設備する。

7.2.6 CSとPS-S間通信の新設

多重無線によるCSとPS-S間のデータ伝送回線及び水管理専用電話回線を新設する。電波伝搬上必要ならば中継局を設置する。中継局の設置は山頂が考えられ、商用電源の確保が困難と予想されるため、電源にはSolar Panelを予定する。

7.2.7 放流警報所 (WS)

ダム下流域に放流時の警報を発する無線施設を設置する。放流警報信号はCSから発せられ中継局1 (CS-R) で中継されWSに一斉に伝送される。電源は交流電源としUPSをも設備する。

7.2.8 システム構成

- (a) データ収集方法はポーリング方式とする。
- (b) ポーリング信号は設定時間に自動的にCSから発せられる。
- (c) イベントレポーティング方式はCSの送信許可を得て行なう。
- (d) RS及びWLはダムゲートサイトのWLを除き、太陽電池 (ソーラーパネル) を電源とする。
- (e) WLには水位観測機能に加え雨量観測機能をもたせる。
- (f) 通信は全二重または単信方式とする。
- (g) CSとPS-S間の多重無線にはUHF帯 (400MHz) の電波4波を用いる。雨量水位観測及

び放流警報には、VHF帯の電波を用い、その周波数は現用の146.575 MHzと新規割当の143.350 MHz及びその他3波の合計5波を用いる。

- (i) 変調はFSK-FM方式とする。ハイレベルデータリンク (HDLC) 伝送制御方式を採用する。
- (j) 観測所の設置場所へのアクセスの困難性を考慮し、悪環境下でも十分な信頼性を確保した機材を設置することとし、メンテナンスの負担をできる限り軽減する。
- (k) 観測所用機材はできるだけ小型軽量低消費電力設計とし、かつ故障時の交換を容易にした簡易脱着方式のユニット構造とする。

7.3 緊急改修計画の基本設計

本節では、改修計画に記述した目標を達成するための設計のうち、基本的な事項を決定することとする。ダニム降雨域は標高1,000～2,300 mの山脈でジャングルに覆われている。降雨量の観測や水位（流量）の観測はこの降雨域全域に展開されるので、この地理的条件を充分考慮に入れた設計が必要になる。即ち各観測所の基本使用の相当部分は地理的条件により制約される。基本設計は電波伝搬特性から決定される観測所設置条件の中で、基本仕様即ち有効な水管理を行なうための水文データ収集判断システムを構築することにある。

7.3.1 システム構成

基本設計の結果のシステムの概念図を図 7.7に、システム構成図を図 7.8に示す。

動作概要は次の通りである。

- (1) 定時観測時刻になるとCSは全観測所にデータを送るようコマンドを発する。任意に選択した局に対しては個別呼び出しコマンドを出す。
- (2) 観測局は観測データをCSからの上記コマンドにより自動的に返送する。

- (3) 中継によりデータを送信してくる観測所に対しては中継所をONとした後、呼び出し制御信号を送る。制御終了後に自動的にOFFとする。
- (4) 観測データの収集が失敗した場合は2回まで行なわれ、2回とも失敗した場合は欠測として扱う。欠測した場合は警告音と共に欠測表示を行い、オペレータに注意喚起を行なう。
- (5) CSは観測終了後、観測データを保存すると共にただちにPS-Sに観測データを伝送する。
- (6) テスト又は非定時観測は、スタートがマニュアルである以外は動作概要(1)~(9)と同様であるが、特定観測所呼び出し、特定群呼び出しを可能とする。
- (7) 放流警報信号はCSから発せられ観測所の呼び出しと同様に逐次制御する。
- (8) 警報信号が確かに発せられたことをマイクロホン等により確認した後、警報所はその報告信号をCSに送る。
- (9) CSは各WSが警報を正常に発した後を確認後、警報発令をPS-Sにその旨伝送する。
- (10) WSへの制御は警報発令が失敗した場合、2回まで実行され2回とも失敗した場合は、警告音と共に表示しオペレータに注意喚起を行なう。

警報発令が失敗した場合、オペレータは代替手段の施行の可否を判断する。

- (11) CSからPS-SへはCSで把握できる全ての情報をリアルタイムで伝送する。
- (12) 太陽電池を主電源とする観測所では待機中の消費電力を極力おさえ、呼び出しを検知した後、全電源をONとする機能を備える。総合消費電力の低減は待機時の消費電力により決定される。一般に送信時間及び受信時間は待機の時間に比較して短いので、瞬間最大電力が大きくても消費電力量は小さい。従って待機時の省電力化が総合消費電力の低減に最も大きく作用する。

7.3.2 施設設計

(1) 既設雨量観測所の設置場所

既設RS位置と既設CS間のプロファイルを図 7.3～図 7.5に示した。このプロファイル図から指摘できることは

- － CSの高度が低すぎ近傍の山の尾根が衝立の役割をしている。
- － 既設RSの位置は相対的に低く、また見通しもよくない所に選定されている。

このような事実を踏まえCSと各観測所の中に中継局1 (CS-R) を設置すると共に、既設RSも見通しがとれる高台へと移動することとした。マップサーベイを行なった結果、CSと中継局1 (CS-R) 間は見通しが確保され、中継局1 (CS-R) と観測所間は下記事項が確認された。

- 1) クワアン・ト観測所 (RS-1) については、見通しが確保される。
- 2) ダ・サ観測所 (RS-2) については、1リッジ回折で伝搬する。
- 3) ダ・チャイ観測所 (RS-3) については、1リッジ回折で伝搬する。

図 7.9～図 7.11にプロファイル図を示す。

(2) 新設雨量観測所 (RS)

ダニム降雨域の東側に4ヶ所の候補値を取りプロファイルを作成した。

新設RS候補地	A	1788 m	N	12°	01`15"	E	108°	36`47.7"
新設RS-4候補地	B	1836 m	N	11°	59`42.1"	E	108°	38`30.3"
新設RS-5候補地	C	2287 m	N	12°	05`21.2"	E	108°	39`58.3"
新設RS-6候補地	D	1562 m	N	11°	56`08.9"	E	108°	39`29.7"

その結果、中継局1 (CS-R) と新設RS候補地A、B間には良好な伝搬特性が見込めるが中継局1 (CS-R) とC、D間については良好とは言えないことが判明した。しかしB点を中継してC及

びDと中継局1 (CS-R) を結ぶプロファイルは良好との結論を得た。また水文学的見地より、雨量局A、Bの2ヶ所については、どちらか一方のデータが得られれば良いことがわかった。従って候補地B及びこれを中継点とするC地点及びD地点を新設RS候補地点とすることとした。

- 1) 候補B点 (RS-4) は見通しに近いパスとなる。(見通しに比べ6～10 dBの損失が附加される)
- 2) 候補C点 (RS-5) は中継所B地との間の見通しが確保される。
- 3) 候補D点 (RS-6) は中継所B地との間の見通しが確保される。

CSと候補A地点のプロファイルを 図 7.12 に示す。

CSと候補B地点 (RS-4) のプロファイルを 図 7.13 に示す。

候補B地点 (RS-4) と候補C地点の (RS-5) のプロファイルを 図 7.14 に示す。

候補C地点 (RS-5) と候補D地点の (RS-6) のプロファイルを 図 7.15 に示す。

(3) 水位観測所 (WL)

既設のWL-1の水位計は有線にて既設CSに接続され指示計に表されている。これを伝送に適した信号フォーマットに変換し、CSに伝送する。新設WLのうち、ダム直近下流に設備される観測所 (WL-4) もCSに近いことより有線にて観測値の伝送を行う。

新設WL 2ヶ所は「上流域でその流量が貯水池の水位の影響を受けない所」という条件から、貯水池の最高水位1044 mより15 m以上高度差があり、できるだけ下流の地点を選ぶこととした。

この条件でダニム川に候補地WL-2を捜したところ新設中継局1 (CS-R) では直近の山が障害となり良好なパスが確保できないことが判明した。CSの方が、若干良好なパスを得る結果となった。同様にクロンレット川の候補地WL-3についてもCSの方が良好との結果を得た。

CSとWL-2のプロファイル及びCSとWL-3のプロファイルを図7.16および図7.17に示す。

新設WL-2	N	11°	55`07.9"	E	108°	34`47"
新設WL-3	N	11°	55`21.7"	E	108°	37`32.5"

(4) 発電所内無線局 (PS-S) と中央観測所 (CS)

PS-Sは発電所構内を予定している。ダム発電所は高落差発電所であり、急傾斜の斜面の下方に位置している。したがってPS-Sとダムサイトの間は丁度屏風の表裏の関係にあり、良好な電波伝搬パスは望めない。いくつかの中継点を想定してプロファイルを作成してみたが、両方向ともに見通しとなる地点は見出すことができずP/Sより9.6 km離れた標高420 m地点 (N 11° 48`21.8" E 180° 42`00") を中継局2 (PS-R) とするのが最も望ましいとの結論に達した。中継局1 (CS-R) と中継局2 (PS-R) 間は1リッジ (これによるロス は23 dBと見積られる)、中継局2PS-RとPS-S間は見通し可能である。(図7.18 (1)、図7.18 (2) 参照)

(5) 放流警報所 (WS)

中継局1 (CS-R) とWS間は見通しが確保できるか、見通しが困難でも充分良好な回線が確保できる範囲においては直接に伝送される。それ以上の範囲については見通し地点から中継されることとなる。

音の伝搬範囲は数km以内であるから1WSのサービス範囲もこの程度となり、中継伝送間隔は数km~10 km以内である。良好な回線を確保することは充分可能である。

7.3.3 基本設計

(1) 発電所内無線局 (PS-S)

PS-Sは発電所全体の運営を行う為、CSで収集した全観測所および警報のデータを把握する機能を持つ。また、水管理専用電話回線をCS間に設置する。PS-Sのブロック図を図7.19

に示す。

主な構成品とその主な仕様は次のとおり。

- 1) アンテナ及びデュープレクサー
PS-Rと対向する指向性YAGIアンテナ及び送受同時運用のためのデュープレクサー（合波器）よりなる。
- 2) 無線機
データ伝送及び水管理専用電話回線のための送信周波数 F1、受信周波数 F2 のFM多重送受信機である。
- 4) モデム
変調復調器は 9600BPSとする。
- 6) EWS
CSから送られてくるデータの蓄積及びCS間のデータ伝送管理に使用する。
その他の主な機能は次のとおりである。
 - a) データをハードディスク（HD）に記録し大画面ディスプレイ又は表示板に加工・表示する。
 - b) 磁気テープへのデータバックアップ
 - c) 蓄積データの検索及びプリントアウト
- 7) UPS
無停電電源を供給する。

(2) 中継局2 (PS-R)

PS-SとCS間の通信のための中継局で、多重無線回線用の中継局設備一式が設置される。

PS-Rのブロック図を図 7.20に示す。

主な構成部品と仕様は次の通りである。

- 1) アンテナ及びデュープレクサー
PS-S向け及びCS-R向けの2基が用意される。デュープレクサーにより送受同時可能とする。
- 2) 送信機・受信機
PS-S対向とCS-R対向の2セットが用意される。
PS-Sに対しては周波数 F1 を受信し周波数 F2を送信する。CS-Rに対しては周波数 F3 を受信し周波数 F4を送信する。
- 3) ソーラーパネル
太陽電池を主電源とするためソーラーパネルを設備する。設計基準は7.3.5節“太陽電池、蓄電池、UPSの設計”に示した。

(3) 中継局1 (CS-R)

PS-SとCS間の多重通信のための中継局設備及びCSと観測局、警報局間の中継局設備一式が設置される。

CS-Rのブロック図を図 7.20に示す。

主な構成部品と仕様は次の通りである。

- 1) アンテナ及びデュープレクサー
 - a) PS-R及びCS向け多重無線回線
PS-R向け及びCS向けの2基が用意される。デュープレクサーにより送受同時可能とする。

b) 水位、雨量観測及び放流警報用

水位雨量観測用及び放流警報用にアンテナシステムを各々2基用意する。

2) 送信機・受信機

a) PS-R及びCS向け多重無線回線

PS-R対向とCS対向の2セットの多重無線器を設置する。

CSに対しては周波数 F1 を受信し周波数 F2を送信する。PS-Rに対しては周波数 F4 を受信し周波数 F3を送信する。

b) 水位、雨量観測及び放流警報用

水位、雨量観測及び放流警報用に各々1セット設置する。

水位、雨量観測はCSに対しては周波数 f3を使用し、観測局間にはf1を使用する。放流警報はCSに対しては周波数 f4を使用し、警報局間にはf5を使用する。

3) ソーラーパネル

太陽電池を主電源とするためソーラーパネルを設備する。設計基準は7.3.5節“太陽電池、蓄電池、UPSの設計”に示した。

(4) 中央観測所 (CS)

CSは全観測所、警報所の水管理業務に関わる全ての制御及び運用を司る。エンジニアリング・ワーク・ステーション (EWS) を配してデータの蓄積及びPS-Sへのデータ伝送管理に使用する。また、CSとPS-S間に水管理専用電話回線及びデータ伝送回線用の多重無線回線を設置し、CSで収集したデータ及び管理情報の伝送及び電話連絡業務を行う。CSのプロック図を図 7.21に示す。

主な構成品とその主な仕様は次のとおりである。

1) アンテナ及びデュープレクサー

a) CS-R向け多重無線回線

CS-R向けの1基が用意される。デュープレクサーにより送受同時可能とする。

- b) 水位、雨量観測及び放流警報用
水位雨量観測用及び放流警報用にアンテナシステム3基用意する。
- 2) 送受信機
- a) CS-R向け多重無線回線
CS-R向の1セットの多重無線器を設置する。
CS-Rに対しては周波数 F2 を受信し周波数 F1を送信する。
 - b) 水位、雨量観測及び放流警報用
水位、雨量観測及び放流警報用に3セット設置する。
水位、雨量観測はCS-Rに対しては周波数 f3を使用し、観測局にはf2を使用する。放流警報はCS-Rに対して、周波数 f4を使用する。
- 3) MODEM
- データの伝送用にMODEM（変復調器）を使用する。MODEMは雨量、水位観測用に1セット、放流警報用に1セット、PS-S間とのデータ伝送用に1セット設置する。
- 4) 雨量、水位観測監視制御装置及び放流警監視報制御装置
- 観測局及び放流警報局とCS間のデータ伝送に関する必要な手順を行う。
- 5) 操作卓
- 上記、監視制御装置に接続し、以下の操作及び表示を行う。
- a) 局選択
 - b) 呼び出し時間設定
 - c) 手動起動
 - d) 通話
 - e) 各種故障及び状態表示
 - f) 放流警報制御項目選択
 - g) 放流警報用モニタリング

6) EWS及びその他周辺機器

雨量、水位観測監視制御装置及び放流警報監視制御装置に接続し、データの蓄積及びCSへのデータ伝送管理に使用する。

その他の主な機能は次のとおりである。

- a) データをハードディスク (HD) に記録し大画面ディスプレイ又は表示板に加工・表示する。
- b) 磁気テープへのデータバックアップ
- c) 蓄積データの検索及びプリントアウト

7) UPS

無停電電源を供給する。

(4) 雨量観測所 (RS) および水位観測所 (WL)

降雨及び水位 (流量) のデータを伝送する。CSに対し2次局として動作する。HDLC方式によりデータをCSへ送る。観測値に設定値以上の変化が生じた場合、CSの許可を得てデータをCSへ送る。RS及びWLのブロック図を図 7.22 に示す。

主な構成品と仕様は次の通りである。

1) アンテナ及びアンテナ切換器

端局のアンテナは1基である。中継機能のある観測所は観測所に対向するよう複数のアンテナを備えこれを切換る。

2) 送信機 (TX) 及び受信機 (RX)

周波数 1波を利用する単身通信とする。中継機能のある観測所は周波数 2波を利用しての単身通信を行なう。

3) MODEM

送受信の信号の変復調を行なう。符号を観測局装置と交換する。

4) 観測局装置

CSの2次局として機能し観測データをCSへ送る。回線の接続、データリンクの確立、データ転送、データリンクの解放、回線の切断の一連の手順を行なう。複数アンテナを設備する地点はアンテナの切換を行ない相手局と対向させる。I/F（インターフェース）を通し入力される観測データ及びその他の伝送データを符号としてMODEMに渡す。観測値が設定値を越えた場合CSに送信許可を求め、許可されればデータを送る。

5) 雨量計・水位計 (Gauge)

雨量計及び水位計を適宜設備する。

6) パワー・コントローラー (PW, C)

常時受信機は待機状態としておき省電力化を計る。呼び出しを受け又は送信の必要が生じた場合、電源をONとし双方向通信を行なう。

7) 電源

太陽電池を使う。太陽電池及び蓄電池に関するデータは日照時間データと共に観測データの付随データとして伝送される。保守の参考値として使用される。

(5) 警報所 (WS)

CSから発せられる警報信号を受けてスピーカにより警報を発する。警報を発した事を音で確認してCSに報告する。

WSのブロック図を図 7.23 に示す。

主な構成品とその主な仕様は次の通り。

- 1) アンテナ
周波数 f_5 の送信、受信用に用いる。
- 2) 送受信機
1台ずつ設備する。
- 3) 警報局装置
HDLC手順でCSと通信し、警報発生信号を得て警報を発すると共に警報を音で確認し成否をCSに報告する。

7.3.4 周波数配置基本設計

CSと観測所、警報所の関係は VHF帯の単一周波数を送信受信交互に切換える単身通信で、両システムを同時運用出来るようCSと観測局間は f_1 、 f_2 及び f_3 の周波数を使用し、CSと警報所間は f_4 及び f_5 の周波数を使用する。各所にはアドレス (ID符号) が与えられているのでこれを用いて識別する。

中継を必要とする観測所は中継周波数として f_2 を用いる。PS-SとCS間はデータ転送回線及び電話回線を常時リンクされている必要があるため、UHF帯の全二重多重無線回線とする。また、電波伝搬上の制約からPS-SとCSの間にPS-R及びCS-Rが置かれる。

このような基本的条件のほかに次に示すような制約がある。

- (1) VHF帯の電波はマイクロ波とは異なり指向性、F-B比 (フロント・バック比) の良好なアンテナは用いられない。
- (2) 同一周波数であれば偏波面を別にする (水平偏波と垂直偏波) ことによっても干渉は免れない。
- (3) PS-RからCS-R、PS-Sを見る角度は約 30° であり、PS-Rへの到来電波は周波数を離す以

外に干渉を避ける方法はない。

- (4) 同様にPS-Rからの送信電波をCS、PS-S向けに同一周波数とると、CS-R、PS-Sにおいて干渉し合う。

以上の事より、VHF帯の無線周波数を5波、UHF帯の周波数を4波用いざるを得ない。

図 7.8 に周波数配置を表したシステム構成図を示す。

7.3.5 太陽電池、蓄電池、UPSの設計

太陽電池による給電については設置場所が熱帯のジャングルであり雨期と乾期が顕著に表れる気候状況を考慮に入れて設計されねばならない。

図 7.24 に示すとおり1993年迄の11年間（うち3ヶ月間は欠測）における平均日照時間（ただし、1ヶ月間の日照時間を30日平均した）は6.47時間/日であるが12月～5月は平均を上回り6月～11月は下回る。最低日照時間は8月の72時間/月、即ち2.4時間/日である。

信頼性の確保を目的とし、この最低日照時間月でも運用可能とする。平均月日照時間の最低を示す4.5時間/日を平均日照時間として太陽電池容量を決定し無日照期間を30日として蓄電池容量を定めることとなる。交流電源を使用する観測所において設備されるUPSについては、24時間を目標とする。

7.4 緊急改修計画の施工計画

改修計画の実施に際しては、以下の事項の検討が必要となる。これらの検討は受注業者が実施するよう仕様書に規定する。

- 1) 現地踏査

- 2) 電波伝搬試験
- 3) 施設設置設計の確認
- 4) システム計画の再検討
- 5) 詳細設計

7.4.1 現地踏査

観測所、中継所及び必要に応じて警報所が踏査の対象となる。今回入手できた地図が若干古く(1965年製)今回の現地踏査においても記述と現実の間に誤りが見出されることがあった。人工的な構造物(道路を含む)は移設、廃棄、改修等があり地図上の記述との一致を見るのは困難であるが、細流などの地形も細部においては、風水による浸食など変化が生じていると考えられる。特にアクセスの問題は設置時のみならずメンテナンス時にも重要な問題であり精査が必要である。現地踏査はこの意味で以後の方針を大きく左右する重要なターニングポイントであり次のような手順となる。

(1) 候補地へのアクセス可能性の検証

候補地点またはその近傍へのアクセスがある場合には問題がないが、地図の精度が不確かゆえ候補地点へのアクセスを確認することは非常に困難である。最近の航空写真があればこの活用が有効である。航空写真がない場合には、ヘリコプターによる上空からの観察に頼らざるを得ない。

(2) アクセスの実証(踏査)

上記(1)の検証により得られた候補地へのアクセスの容易性を踏査により検証することであり、電波伝搬試験時のサイト(数m角程度の平地の確保)の確認も同時に実施する。

(3) 中継局CS-R及びPS-Rの調査

新設予定のCS-RはCSの近くであり、アクセスはいづれにせよ可能であるとゆう調査結果を

得ている。ダムゲートサイトからそれ程遠方ではなく徒歩区間ではあるが、登頂へのルート
の確保、サイト敷地確保の可能性（アンテナ6本が設置される見込みであるので10 m角程の
平地が望まれる）、電力供給の難易性及びアンテナ設置に関する見通しの確保などの調査を
行なう。無人運転を予定しているため、メンテナンスを主に考えることとなり保守用機材の
搬入のための環境条件も調査する。またPS-Rについても同様の調査が必要である。

7.4.2 電波伝搬試験（プロパゲーションテスト）

本テストは見通しが確実なパスについてはミラーテストによる実証で代替できる。クリティカル
なパスについては実際に使用する周波数付近の電波を発射してこれを対向地において受信し記録す
ることになる。本テストの大部分はCS-Rを中心として行なう。一般に送信側より受信側の機材の
方が複雑なので、CS-Rに受信局側をおくこととする。

電波伝搬上の良否の判断基準となる着信レベル（受信される電波の強弱）についてはテスト開始
前に予測値を地図上のプロファイルから計算し、実測値がこれと等価の値が得られる場合、及びフェ
ージングが充分低く予想される場合は短時間の計測でテストを終了してよい。実測値が予測値と大
きく異なるかフェージングが大と予想されるパスについては充分な長時間（1週間程は必要）のデ
ータを記録する必要がある。プロパゲーション・テストの実施に際しては、基幹通信回線としての
通信の確保は重要な問題である。CS-Rは運用開始後は無人運転される予定であるが、テスト期間
中には交替で人員を配しジャングル内と常に通信可能な状態を維持しておく必要がある。更に非常
時に対応できるようにPS-S又は調査基地局との通信を維持する必要がある。

7.4.3 施設設置設計の確認

プロパゲーションテストの結果により置局位置の評価を行なう。保守の容易性からも低いアンテ
ナ高、少ない送信電力が望まれる。現地踏査中により良好な結果が期待できる地点が見出されるな
ら、テストの最中に判断を下し移動してテストを再度行なうことも必要である。この意味から施設
設計の再検討はテストの実施中に行なわれることが多い。

以上の結果を最終的に総合判断し施設位置を決定することとなる。

7.4.4 システム計画の再検討

地図上の検討では計画案は実現性ありとの判断結果を得ている。実地調査の結果を踏まえ、計画案に無理がないか、或いはより良い計画への修正の可能性の有無を検討する。目的を効率的に達成することを第一とし代替案を検討し、システム計画の最終案を決定する。

7.4.5 詳細設計

システム計画の最終案に基づき基本仕様を再検討し施設の詳細設計を行なうことになる。この設計に基づいて機器の製作および据付、試験の上、施設引き渡しとなる。

7.5 長期的改修計画

ダニム降雨域における水文データの収集システムは緊急改修計画を実施することにより、その目的である「効率的水管理」を達成できると考えられる。ただし、水文データの有効利用のためのノウハウの蓄積は長期的に取り組む必要がある。

流入量予測値と流入量との関係、使用量、漏洩量などと流入量との関係などについて本システムが稼働した後に詳細なデータが得られ、これらの関係が暫時明確になってくるであろう。これらの関係を把握し有効な水管理に役立てられるようになるためには相応のデータの蓄積・分析が必要となる。長期的対応を推奨する所以である。

7.6 維持・管理・運営計画

設備完成後の各観測所、中継所、警報所の維持・管理・運営は下記によることを推奨する。

(1) 観測所

各観測所はジャングルの中にあるので容易にアクセスできない。従って信頼性の高い機材を配し、定期点検の期間を極力長くしたい。雨期、乾期とあり雨期におけるアクセスは特に難しいので、雨期終了直後の乾期と雨期に入る直前の年2回の点検保守が望ましい。観測所には消耗品は設備しないが太陽電池と蓄電池は保守が必須である。太陽電池はホコリや鳥糞の糞により発電能力が減衰するので表面の清掃は年2回程度必要である。蓄電池は3年～5年で効率が著しく悪化するので適宜取替が必要となる。

アンテナ・フィーダー、避雷器などの屋外機器は自然環境で劣化するので点検、保守が必要である。寿命は10年以上と考えられるが直撃雷での破壊も起こり得るので保守部品が必要となる。

観測機材、送受信機、制御器等はユニット構造とする予定なので、故障品はユニットで交換し持ち帰って修理することとなる。なお、太陽電池等の状態値は観測値と共にデータ伝送されるので保守・管理上の参考となる。

(2) 中央観測所 (CS)

常時有人であるので毎週1回の点検を予定する。

(3) 発電所内無線局 (PS-S)

常時有人であるので毎週1回の点検を予定する。

(4) 中継局1 (CS-R)

無人運転を予定しているがダムサイトの既設CSは有人であり、ここからは至近距離にあるので保守点検は毎月1回を予定する。

(5) 中継局2 (PS-R)

観測所と同等機能である。しかしアクセスが容易であろうと考えられるので月1回の保守点検を予定する。

(6) 放流警報所 (WS)

毎月1回の保守点検を予定する。テストのための警報吹鳴も同様に予定する。

7.7 予備的水文解析

7.7.1 利用可能な水文資料

ダム集水域間及びその周辺の既存気象水文観測所を図7.25に示す。流域面積755 km²を有する同集水域は、大きく、ダニム川及びクロングレット川の二つの支流域に分けられる。これらの支流の流域面積は各々約600 km²、155 km²である。図7.25に示した5ヶ所の雨量観測所の内、3ヶ所はダニム川本流の上流域内に位置している。一方、ダラット雨量観測所は、ダム集水域の外側に位置しており、残りの1ヶ所はダムサイトに設置されている。現在、クロングレット川支流域内には、雨量観測所が無い。

上記5ヶ所の雨量観測所に於ける1977年から1993年迄の年雨量を表7.1に示す。同表に示すように、欠測が全く無い完全な年雨量データを記録した雨量観測所は、ダムサイト及びダラットの2ヶ所だけである。ダムサイト及びダラット雨量観測所における年平均雨量は、各々1,400 mm、1,770 mmと算定される。現在のところ、ダムの集水域の東側には雨量観測所が存在しないので、同集水域内の年平均雨量を正確に算定することは出来ない。従って正確に洪水予測を行うためには、近い将来、クロングレット支流域及びその周辺に雨量観測所を新設することが必須である。

貯水池水位は、ダムサイトに設置されている水位計により観測が続けられている。同観測資料は、ダニム発電所が、整理・分析を行い、洪水時の余水吐ゲートの操作並びに長期間の貯水池流入量の

検討に使用されている。

ダムサイトにおける月蒸発量及び月雨量記録は各々表 7.2、表 7.3 に取りまとめた。長期間の日平均蒸発量は5.2 mm と得られている。日蒸発量は、3月及び4月の乾期間に大きくなり、6 mm/日を越える。

7.7.2 貯水池流入量に対する洪水吐からの放水量の割合

ドラムダム完成後の貯水池流入量は、それ以前の同ダムサイトに於ける自然流量資料と共に、前章の表 6.14 に取りまとめられている。1934年から1993年迄の期間のダムサイトに於ける平均流量は $21.4 \text{ m}^3/\text{sec}$ と算定される。

表 7.4 に1978年から1993年迄の年間の貯水池流入量及び放水量及び発電使用量を示す。これらの記録は図 7.26 に描かれており、貯水池流入量に対する放水量の割合は、平均約10%と算定される。これらの数字から判断して、ダニム発電所は貯水池流入量を非常に有効に利用して運転を行っていると言える。

7.7.3 洪水の特徴

最近起こったダムサイトに於ける主要な洪水のハイドログラフを図 7.27及び表 7.5 に取りまとめた。同洪水に関連する資料に基づき作成された1993年洪水のハイドログラフは、図 7.28 の中に描かれている。同洪水に対する上記5ヶ所の時間雨量記録は表 7.8 に示すと共に、図 7.28 に図示されている。同図からわかるように、それらの時間雨量記録は洪水ハイドログラフとよく整合しており、特にダチャイの雨量観測所の記録は同ハイドログラフとの整合性が高いように思われる。これらの1993年洪水記録に基づき、ダム集水域内の洪水の特徴に関して以下の点が上げられる。

- 流域平均雨量がダ・チャイ観測所の雨量記録で代表でき得ると仮定すれば、洪水の遅れ時間吐4～5時間の範囲にある。
- ダ・チャイ観測所からかなり下流に位置しているクワン・ト及びダラット雨量観測所では、豪雨の発生時刻はダチャイ観測所よりも遅い。

既存観測所の雨量観測所の記録に基づき洪水の発生を予測が可能かどうかを検討する為、図 7.29 に示す中安の総合単位図法を用いて1993年洪水に対する予備的な洪水解析を行った。一般に、日本で開発された同総合単位図法は比較的大きなピーク流量を算出する。同総合単位図法に1993年洪水時のダチャイ観測所の時間雨量記録を適応することにより、1993年洪水を再現した。

同洪水時の流出率を70%、並びに基底流出量を $50\text{m}^3/\text{sec}$ と仮定すると、1993年洪水のハイドログラフは、1993年12月8日及び9日に記録されたダチャイの時間雨量記録を中安の総合単位図法に適応することにより図 7.30 に示す通り得られた。その結果、同洪水のピーク流量は、観測された $1,600\text{m}^3/\text{sec}$ よりかなり小さい、約 $1,200\text{m}^3/\text{sec}$ と算出された。この様な小さなピーク流量となった原因としては、ダム集水域内の東側の雨量記録が今回の解析に反映されていないためと判断される。従って、ダムサイトで、洪水を正確に予測するため、集水域の東側に雨量観測所を新設することを強く推奨する。

7.7.4 確率洪水量に対する予備的頻度解析

今回の調査では、最近の年最大洪水量データ追加し、ドラングダムサイトに於ける確率洪水量の算定を行った。ドラングダムサイトに於ける年最大流量の記録を表 7.9 に示す。頻度解析は以下の分布型を適用して行った。

- i) 岩井法
- ii) ログピアソン III 型
- iii) ガンベル法

頻度解析の結果は以下に示す通りである。

ダムサイトに於ける確率洪水量

再現期間 (年)	分布型		
	岩井法	ログピアソンⅢ型	ガンベル法
5	730	730	890
10	1,110	1,130	1,200
20	1,570	1,600	1,500
50	2,320	2,380	1,890
100	3,010	3,100	2,180
200	3,820	3,950	2,470
500	5,090	5,290	2,850
10,000	11,340	11,950	4,090

上記の表に見られるように、高い確率年に関しては、ガンベル法及び他の二つの分布型によって算定された確率洪水流量の間に大きな差異がある。これは、頻度解析に適用された標本値の分布が、確率紙上で直線に対してくぼみを有する右方上がりであることを示している。

本プロジェクトの設計段階では、ダムの設計洪水流量及び異常洪水流量は各々4,500 m³/sec、5,500 m³/secと決定されている。異常洪水流量は、ログピアソンⅢ型の場合、約500年確率洪水に相当し、ガンベル法の場合は10,000年を越える確率洪水流量に相当する。

異常洪水流量5,500 m³/secの妥当性に関して、以下に示すクリーガーの式を用いて暫定的に検討した。

$$\begin{aligned} Op &= 46 C x A^{\partial} \\ \partial &= 0.894 x A^{-0.048} - 1 \end{aligned}$$

ここに、

- C : クリーガーの係数
- A : 集水面積 (miles)
- Op : 比流量 (feet³/sec/miles²)

結果として、異常洪水流量に対するクリーガーの係数は約89となる。一般に、激しい降雨に見舞われる流域でクリーガーの係数は100となる。従って、設計段階で採用された異常洪水流量は、洪水の上限値として妥当な範囲内であると考えられる。

しかしながら、第6.5節で述べたように、次期追加調査に於いて最大可能洪水流量の算定の為の
水文解析を実施することを推奨する。

表 7.1 流域内及び周辺の年降雨量

(Unit : mm)

Year	Rainfall Station				
	Don Duong (Dran Dam Site)	Dachay	Xuan Tho	Dasa	Dalat
1977	988	-	-	-	-
1978	1,507	-	-	-	1,547
1979	1,005	-	-	-	2,029
1980	1,631	-	-	-	1,938
1981	1,448	-	-	-	1,356
1982	1,424	-	-	-	1,763
1983	1,383	-	-	-	1,749
1984	1,578	-	-	-	1,706
1985	1,593	1,802	-	-	1,919
1986	1,541	1,270	-	-	1,714
1987	1,546	-	-	-	1,625
1988	1,233	1,795	-	-	1,807
1989	1,355	-	-	-	2,020
1990	1,459	-	-	-	1,934
1991	1,148	-	-	-	1,707
1992	1,639	-	-	-	1,734
1993	1,372	-	-	-	1,767
Mean	1,403	1,623	-	-	1,770

Note

"-" means that the rainfall data are not available.

表 7.2 ドランダムサイトにおける月平均蒸発量

(Unit : mm/day)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
1980	4.3	5.1	6.1	6.0	5.1	4.7	5.0	4.1	4.2	3.5	3.4	3.6	4.6
1981	4.4	5.3	7.0	6.2	5.0	3.9	4.9	4.8	3.5	3.3	3.0	2.6	4.5
1982	4.5	5.6	5.7	4.8	5.0	4.1	5.1	5.1	3.2	3.8	3.7	4.4	4.6
1983	4.4	5.6	6.5	6.7	4.8	4.2	4.9	4.5	4.0	3.2	4.4	4.0	4.8
1984	4.5	4.8	5.9	5.9	5.4	5.3	5.0	4.4	4.4	3.8	4.2	4.8	4.9
1985	4.8	5.4	6.6	5.2	4.9	5.7	5.6	6.9	4.7	4.9	3.4	3.8	5.2
1986	4.1	5.5	6.4	7.0	6.7	5.9	5.4	4.7	4.2	3.9	3.7	4.3	5.1
1987	5.2	5.7	6.6	5.6	5.9	5.3	6.1	5.4	5.0	5.3	4.1	5.2	5.5
1988	5.0	5.4	6.6	6.2	5.8	4.9	5.0	5.8	4.4	4.1	3.5	5.5	5.2
1989	6.0	6.1	5.7	5.9	5.1	5.1	5.0	5.3	5.4	4.5	5.2	5.6	5.4
1990	6.2	6.2	6.4	5.7	6.2	4.9	5.9	4.5	5.4	4.8	4.5	5.6	5.5
1991	6.1	6.5	6.2	6.1	5.8	6.1	5.8	5.7	5.0	5.2	5.9	6.4	5.9
1992	6.2	6.5	6.5	5.8	6.1	5.1	6.0	4.0	5.0	3.6	4.8	5.6	5.4
1993	6.1	6.4	6.5	6.5	6.4	6.2	6.6	6.5	5.9	4.9	5.2	4.4	6.0
Mean	5.1	5.7	6.3	6.0	5.6	5.1	5.5	5.1	4.6	4.2	4.2	4.7	5.2

表 7.3 ドランダムサイトにおける月平均降水量

(Unit : mm)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Annual
1977	0	0	0	59	138	110	174	114	269	8	116	0	988
1978	15	2	1	169	284	169	214	98	194	285	71	6	1,507
1979	0	4	17	120	83	228	83	0	215	93	128	34	1,005
1980	24	2	3	2	129	387	141	164	244	361	147	26	1,631
1981	2	2	0	43	235	71	127	31	282	333	249	72	1,448
1982	1	0	158	58	230	194	22	124	187	278	155	18	1,424
1983	3	0	0	18	100	200	137	240	309	249	124	5	1,383
1984	0	0	30	58	245	89	190	47	314	472	109	24	1,578
1985	10	8	1	212	254	46	228	12	261	364	166	30	1,593
1986	0	9	0	24	57	114	193	135	459	293	157	101	1,541
1987	0	0	4	139	87	121	75	105	391	270	345	10	1,546
1988	3	2	18	26	19	119	205	165	330	202	146	0	1,233
1989	0	0	32	130	146	164	159	221	279	190	36	0	1,355
1990	0	0	14	165	147	162	146	106	363	78	278	2	1,459
1991	0	0	63	4	192	58	124	59	363	252	19	16	1,148
1992	1	0	15	168	250	308	125	171	141	417	26	18	1,639
1993	0	0	43	1	279	105	69	35	277	310	122	135	1,372
Average	3	2	23	82	169	155	142	107	287	262	141	29	1,403

表 7.4 年貯水池流入量に対する年放流量の割合

Year	Annual Volume (million m3)		Ratio of Spillout to Inflow (%) (=Vs / Vi x 100)
	Inflow (Vi)	Spillout (Vs)	
1978	490.1	0.0	0.0
1979	592.2	0.5	0.1
1980	702.6	81.6	11.6
1981	742.0	158.6	21.4
1982	484.1	0.0	0.0
1983	704.2	95.0	13.5
1984	658.4	5.6	0.9
1985	554.7	0.0	0.0
1986	585.6	14.6	2.5
1987	473.4	0.0	0.0
1988	587.2	99.5	17.0
1989	626.6	199.5	31.8
1990	642.4	168.7	26.3
1991	382.8	0.0	0.0
1992	663.1	66.5	10.0
1993	746.5	178.4	23.9
Mean	602.3	66.8	9.9

表 7.5 近年の主要洪水

Year	Date of Flood Occurrence	Duration of Flood (hours)	Reservoir Inflow Volume (million m3)	Peak Discharge (m3 /sec)
1979	Nov. 15	36	64.0	800
1980	Oct. 5	9	11.5	373
1981	Oct. 14	14	53.8	933
	Nov. 10	24	31.1	542
	Dec. 2	25	25.4	340
1982	-			
1983	Aug. 12	26	15.5	381
	Sep. 25	14	7.0	224
	Oct. 9	20	15.0	303
	Oct. 17	19	32.0	856
1984	Oct. 12	10	14.0	416
1985	-			
1986	Oct. 1	30	16.0	308
	Dec. 12	24	32.2	810
1987	Nov. 8	19	16.5	474
1988	Sep. 26	22	17.2	436
	Nov. 6	39	72.5	1,375
1989	-			
1990	Nov. 11	35	70.0	505 489
1991	-			
1992	Oct. 23	71	72.0	530
1993	Oct. 4	36	23.7	309
	Nov. 22	58	36.5	264
	Dec. 5	12	14.0	409
	Dec. 9	19	43.8	1,625
	Dec. 14	5	9.8	276

Note : "-" means that no major flood took place in the year.

表 7.6 主要洪水に対するダラットに於ける時間雨量 (1/2)

Time (hour)	1979		1980		1981		1983		1983		1986		1986		
	Nov.17	Nov.18	Oct.5	Oct.6	Nov.9	Nov.10	Aug.12	Aug.13	Sep.25	Oct.9	Oct.17	Sep.30	Oct.1	Dec.1	Dec.2
1	1.3			0.4		0.1		5.4							0.1
2	12.3			0.0		0.7		6.4							0.1
3	5.3			0.0		0.4		0.2							
4	9.2				0.0	2.2									
5	7.4				0.2	2.0									1.5
6	6.3				0.4	4.2									3.7
7	2.2				0.9	3.0									7.6
8	0.1				5.1	3.3									
9	0.4				6.9	1.6									
10	2.6		2.0		3.4	1.0									
11	0.3		2.0		3.8	0.8									
12	2.4		6.0		0.5	1.7	1.7								
13	4.4				0.3	0.4	1.5								
14	2.6		37.1*		1.4	0.0	1.3	0.2							
15	3.4				0.8	4.6	0.2								
16	3.0				0.6	0.4	0.6								
17	1.5		0.5		0.5	0.0	0.2	1.1							
18	6.5		5.3		0.4		0.6								
19	2.0		2.2		0.4		0.9								
20	10.2		0.3		0.6		0.8	0.4							
21	3.2		1.2		0.6		1.5	0.2							
22	5.4		0.1		0.3		2.3	0.1							
23	3.7		0.0		0.3		8.5	0.3							
24	1.8		0.3		0.4		9.6	0.1							
Max.:	10.2	12.3		0.4	6.9	4.6	9.6	6.4				18.9		1.9	
Total:	34.3	78.3	57.0	0.4	27.8	26.4	28.2	15.9	59.4	40.8	72.5	28.0	67.4	6.0	76.8

Note : * : shows the total rainfall amount for the duration shown by the arrows. The hourly rainfall data are not available for the duration.

表 7.6 主要洪水に対するダラットにおける時間雨量 (2/2)

(Unit: mm)

Time (hour)	1987		1988		1988		1992		1993		1993		1993		1993	
	Nov.8	Sep.25	Sep.25	Sep.26	Nov.6	Oct.22	Oct.23	Oct.4	Oct.3	Oct.4	Nov.22	Dec.5	Dec.8	Dec.9	Dec.14	
1			0.0		3.0		2.8	1.5	0.8		0.0			4.9		
2			2.9		4.0		1.8	3.5	1.1		0.2	0.2		5.2		
3			4.6		2.0		1.7	5.7	0.3		0.0	1.8		27.1		
4			4.1		0.6		2.2	2.5	0.5		0.0	2.0		32.9		
5			4.7		0.0		2.8	4.7	1.8		0.2	4.2		2.9		
6			3.5		0.0		1.3	1.9	2.3		0.1	1.0		0.7		
7		0.4			0.0		1.6	5.0	1.7		0.0	1.6		0.0		
8							0.4	5.3	0.5			3.8		0.0	0.0	
9							1.2	0.7	1.6			0.0				
10							0.8	0.7	1.4							
11							1.3	1.0	2.0							
12							0.9	0.5	1.0			0.2			0.9	
13							0.5	0.1	0.1			2.5			2.3	
14							2.2	0.9	0.9			4.7			0.2	
15							5.4	1.2	1.2			3.7			4.5	
16							3.0	0.1	0.1			1.1			1.0	
17			0.3				4.9	0.1	0.1			1.8			4.4	
18			0.2	19.3			5.5	1.8	1.8			0.4			0.1	
19							0.0	0.4	0.4			1.8			4.4	
20							0.1	2.9	0.2			8.3			0.1	
21							0.2	1.6	1.2			3.1			0.3	
22			2.2				0.2	1.0	0.5			1.3	0.4			
23			3.0				0.3	0.3	0.1			0.5	1.8			
24			1.6				2.0	0.6	0.1			0.0	1.8			
Max.:			3.0				2.0	5.7	2.3			8.3	1.8	32.9	4.5	
Total:			34.8	69.5	59.6	2.8	52.4	21.7	34.0		0.5	44.0	4.0	73.7	18.3	

Note: * ; shows the total rainfall amount for the duration shown by the arrows. The hourly rainfall data are not available for the duration.