

フィリピン共和国
カリラヤダム修復計画
事前調査報告書

1985年7月

国際協力事業団

フィリピン共和国
カリラヤダム修復計画
事前調査報告書

JICA LIBRARY



1045939[4]

1985年7月

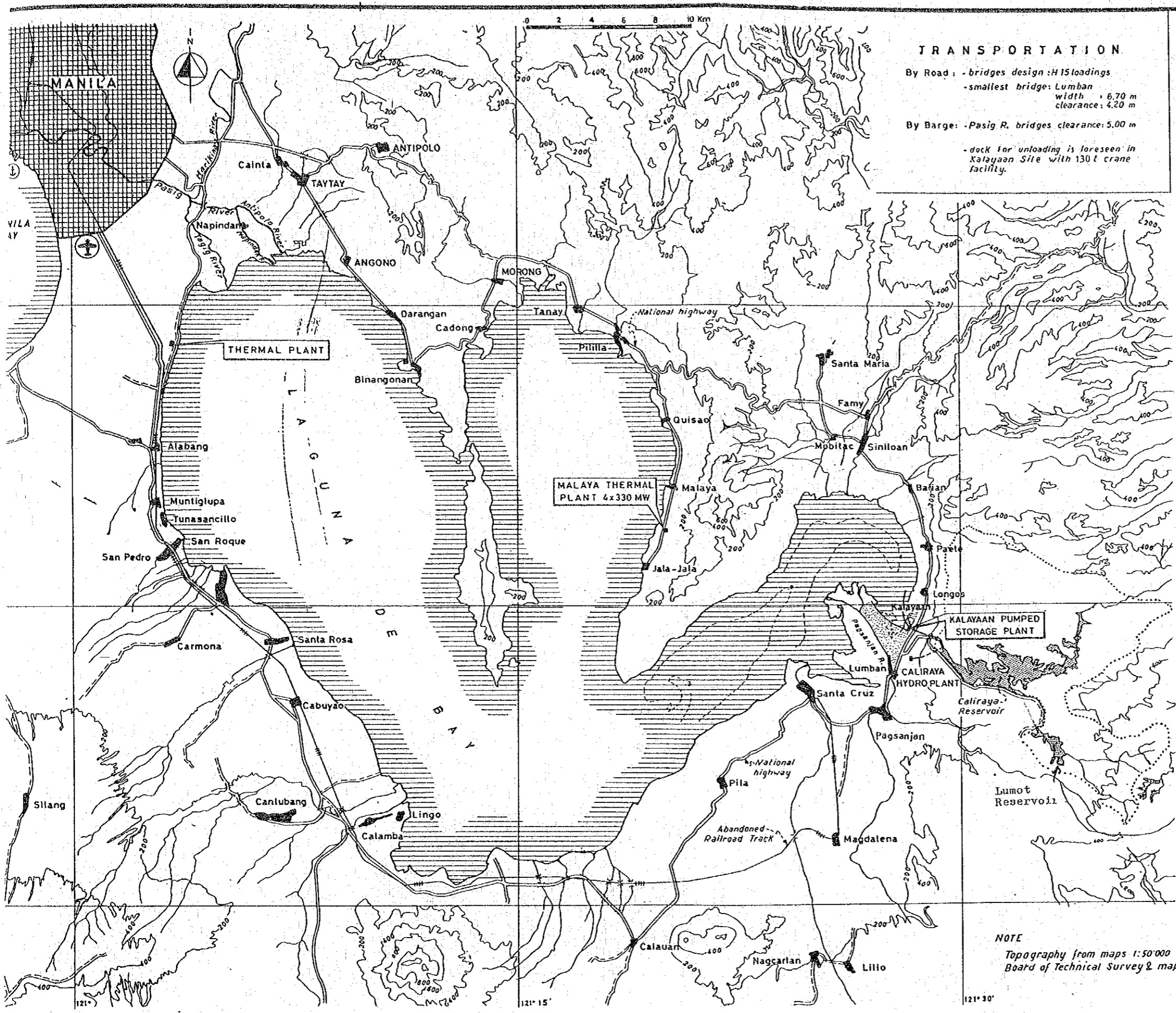
国際協力事業団

鉅計資

C R (1)

85-148

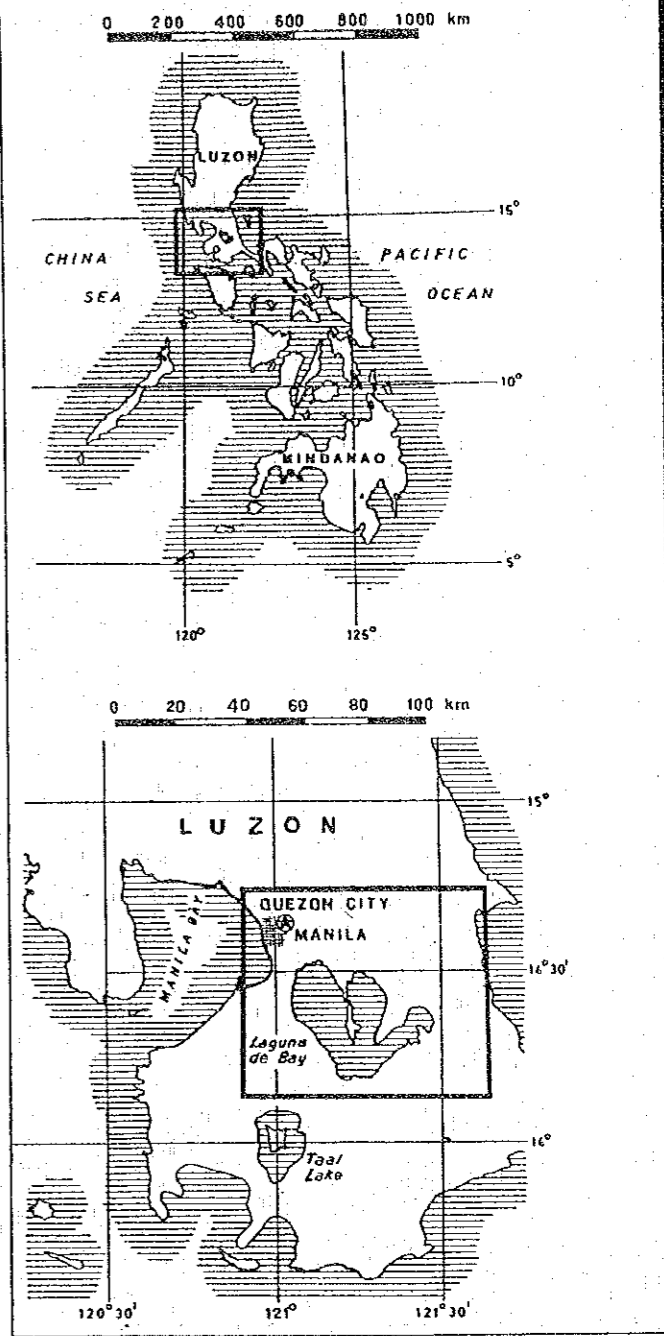
国際協力事業団	
受入 月日 '85. 9. 20	118
登録No. 11956	643
	MPN



TRANSPORTATION

By Road : - bridges design : H 15 loadings
 - smallest bridge : Lumban
 width : 6.70 m
 clearance : 4.20 m

By Barge : - Pasig R. bridges clearance : 5.00 m
 - dock for unloading is foreseen in Kalayaan Site with 130 t crane facility.



NOTE
 Topography from maps 1:50,000
 Board of Technical Survey & maps

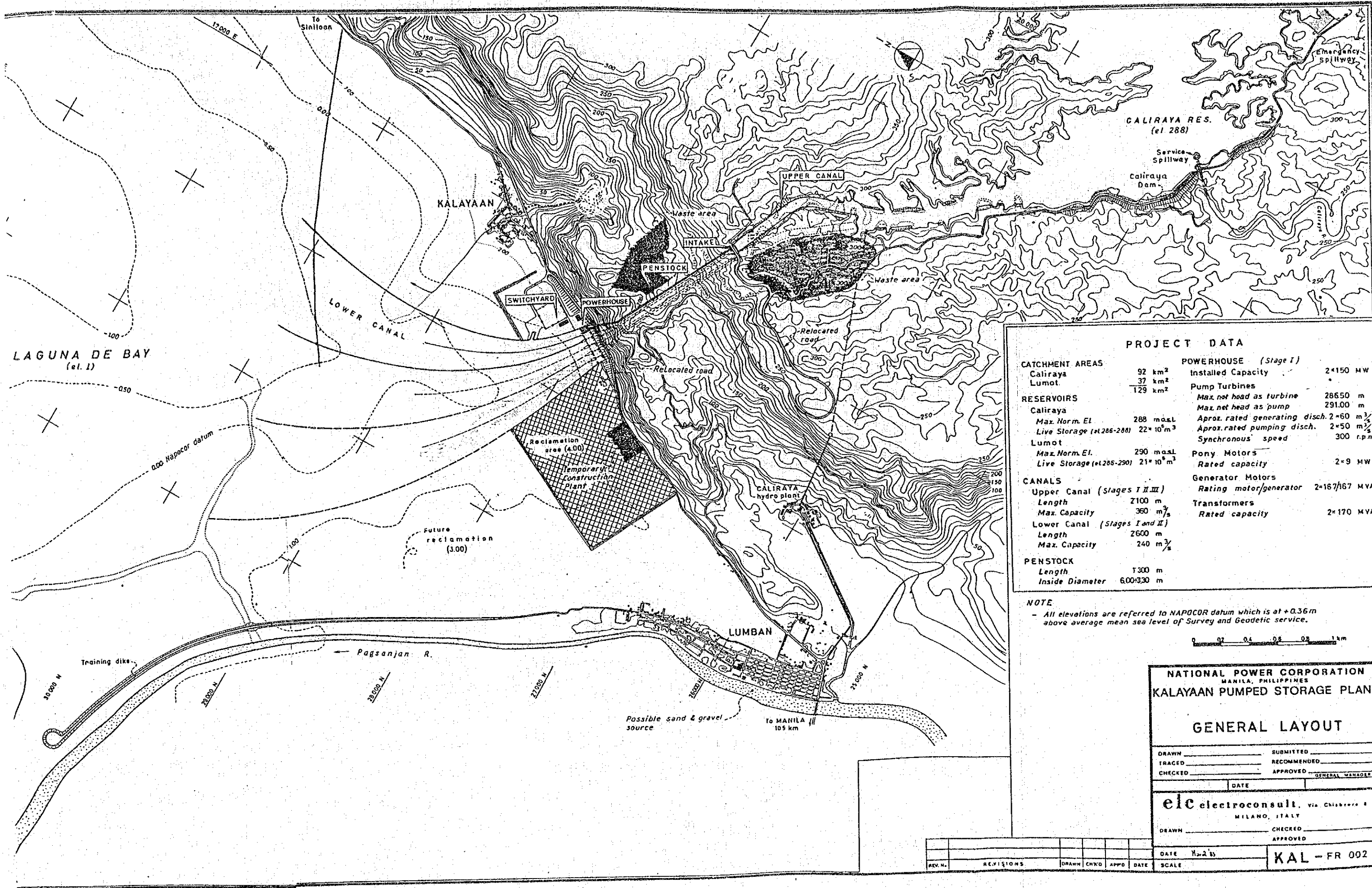
NATIONAL POWER CORPORATION
 MANILA, PHILIPPINES
KALAYAAN PUMPED STORAGE PLANT

REGIONAL MAP & ROADS

DRAWN _____	SUBMITTED _____
TRACED _____	RECOMMENDED _____
CHECKED _____	APPROVED _____ GENERAL MANAGER
DATE _____	

ele electroconsult. Via Chiabrera 8
 MILANO, ITALY

DRAWN _____	CHECKED _____
DATE March '85	
SCALE _____	KAL - FR 001



LAGUNA DE BAY
(el. 1)

PROJECT DATA

CATCHMENT AREAS	92 km ²	POWERHOUSE (Stage I)	2x150 MW
Caliraya	37 km ²	Installed Capacity	
Lumot	129 km ²	Pump Turbines	
RESERVOIRS		Max. net head as turbine	286.50 m
Caliraya		Max. net head as pump	291.00 m
Max. Norm. El.	288 m a.s.l.	Aprox. rated generating disch.	2x60 m ³ /s
Live Storage (at 286-288)	22x10 ⁶ m ³	Aprox. rated pumping disch.	2x50 m ³ /s
Lumot		Synchronous speed	300 r.p.m.
Max. Norm. El.	290 m a.s.l.	Pony Motors	
Live Storage (at 286-290)	21x10 ⁶ m ³	Rated capacity	2x9 MW
CANALS		Generator Motors	
Upper Canal (Stages I, II, III)		Rating motor/generator	2=167/167 MVA
Length	2100 m	Transformers	
Max. Capacity	360 m ³ /s	Rated capacity	2x170 MVA
Lower Canal (Stages I and II)			
Length	2600 m		
Max. Capacity	240 m ³ /s		
PENSTOCK			
Length	1300 m		
Inside Diameter	6.00-3.30 m		

NOTE
- All elevations are referred to NAPCOR datum which is at +0.36 m above average mean sea level of Survey and Geodetic service.

NATIONAL POWER CORPORATION
MANILA, PHILIPPINES
KALAYAAN PUMPED STORAGE PLANT

GENERAL LAYOUT

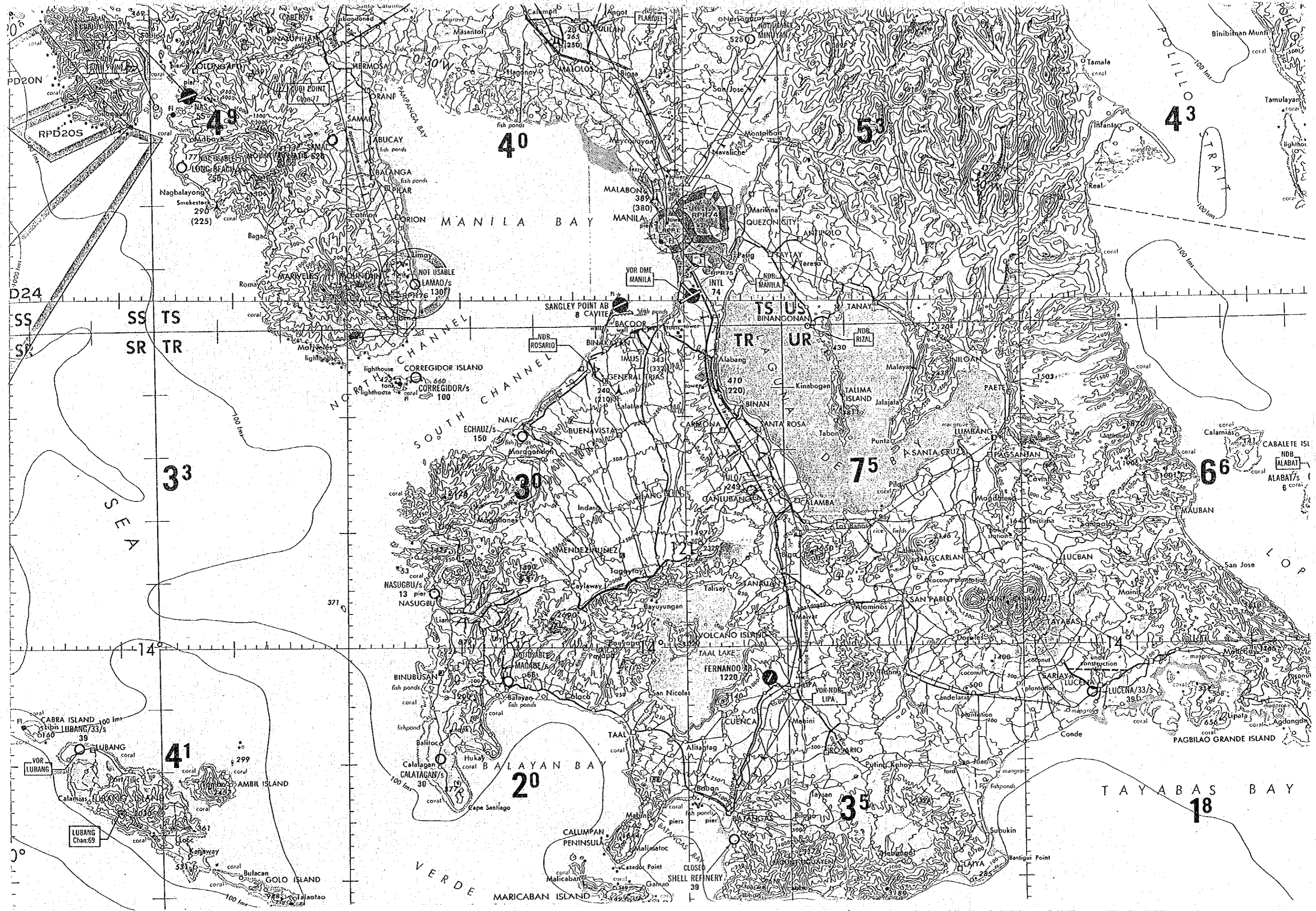
DRAWN _____ SUBMITTED _____
TRACED _____ RECOMMENDED _____
CHECKED _____ APPROVED _____ GENERAL MANAGER

DATE _____
etc electroconsult, via CHIARENZA &
MILANO, ITALY

DRAWN _____ CHECKED _____
APPROVED _____

DATE Nov 25 1965
SCALE _____ **KAL - FR 002**

REV. NO.	REVISIONS	DRAWN	CHKD	APPD	DATE



RPD20S
D24
SS
SR

49
40
MANILA BAY
CORON

40
MANILA BAY
TS US
BINANGONAN

53
TR
UR

43
POLILLO STRAIT
66

33
SEAS

30
SOUTH CHANNEL
CORREGIDOR ISLAND
CORREGIDOR/S
100

75
BINANGONAN
BINAN
SANTA ROSA
ALABANG
CANTUBANGEN
CALAMBA
SAN PABLO

66
CABALETE ISL
ALABAT/S
6 coral

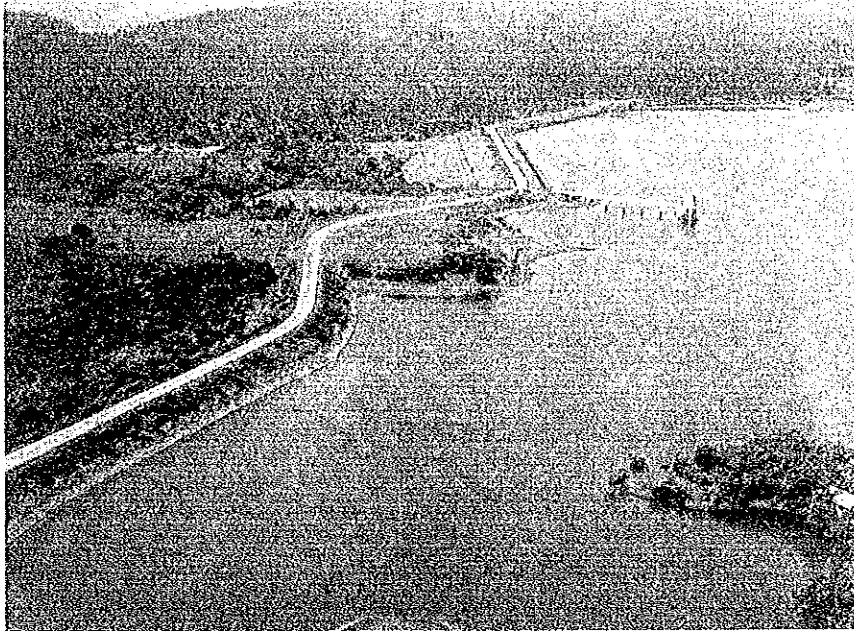
41
LUBANG
AMBIL ISLAND
GOLO ISLAND

20
ALAYAN BAY
VERDE CHANNEL
MARICABAN ISLAND

35
CUENCA
BATAANGAS

18
TAYABAS BAY
PAGBILAO GRANDE ISLAND

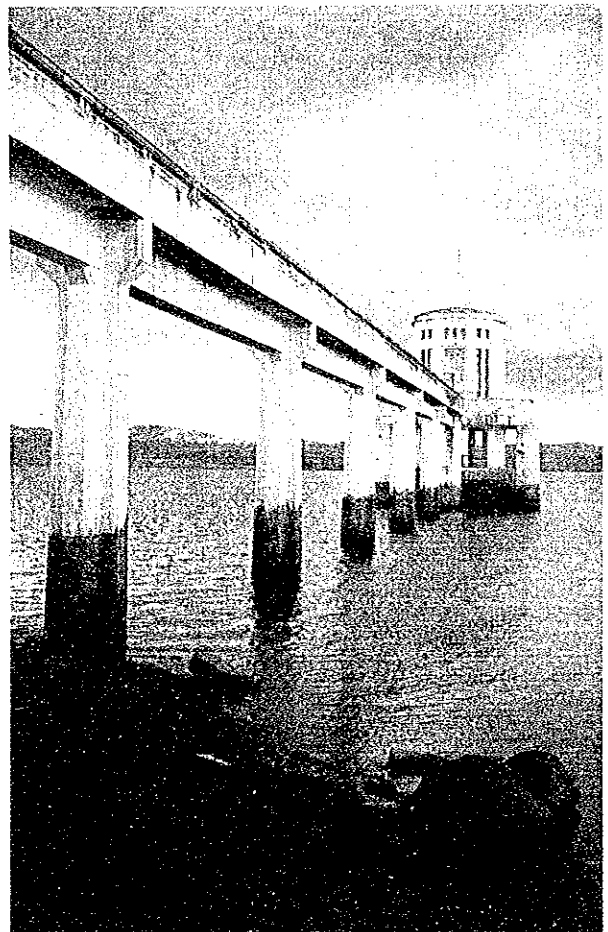
上空より見たカラリヤダム全景



上空より見た下流側法面のすべり状況

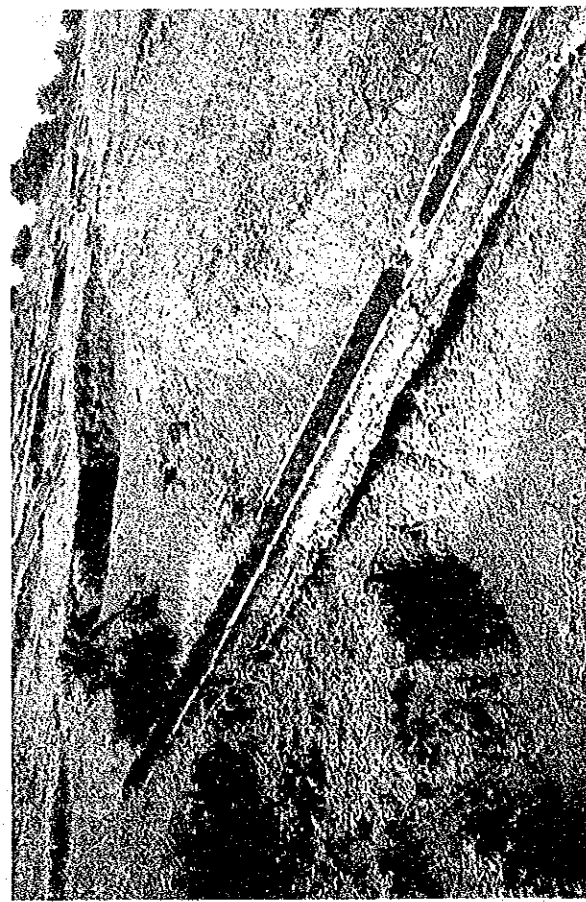


サービスビルウェイ



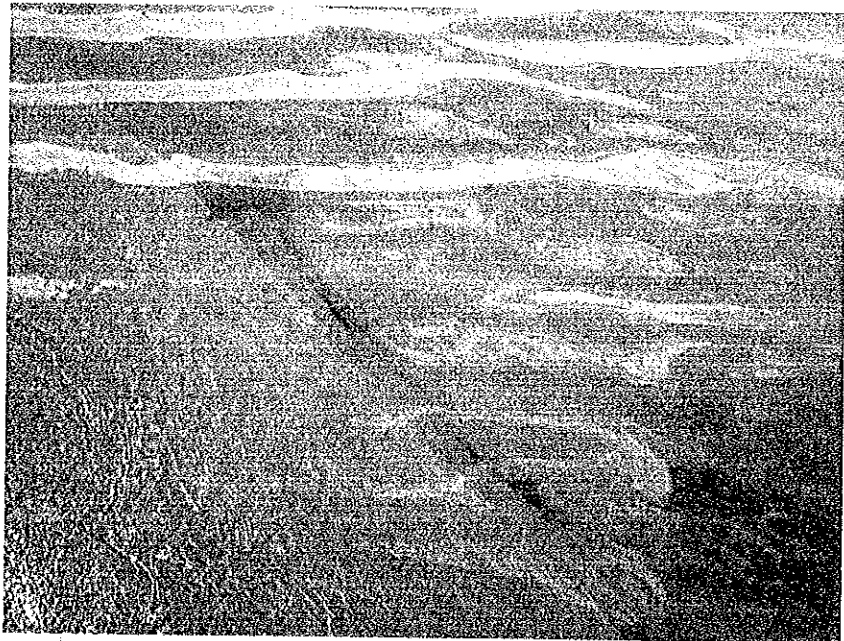
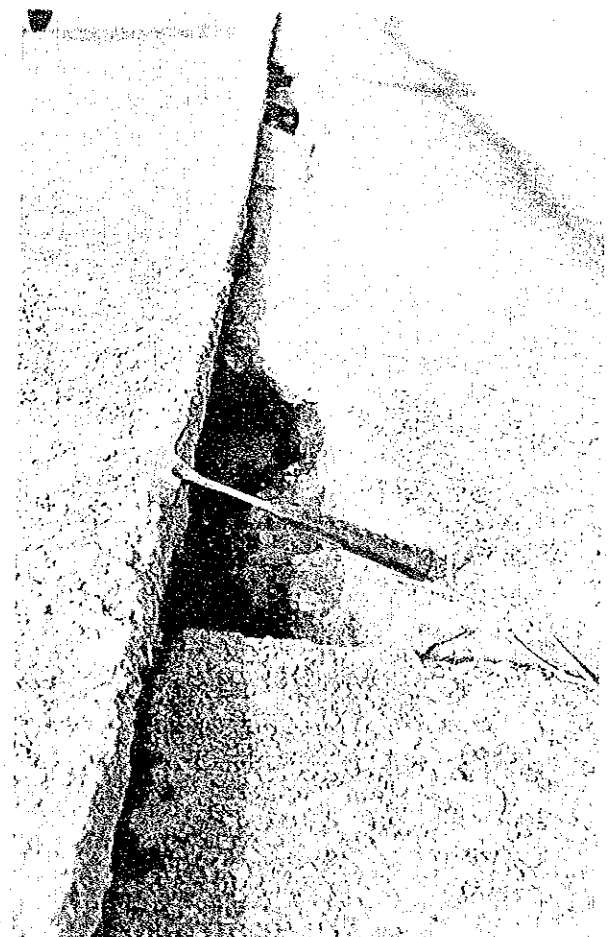


▲ 下流側より見たダム下流法面すべり状況

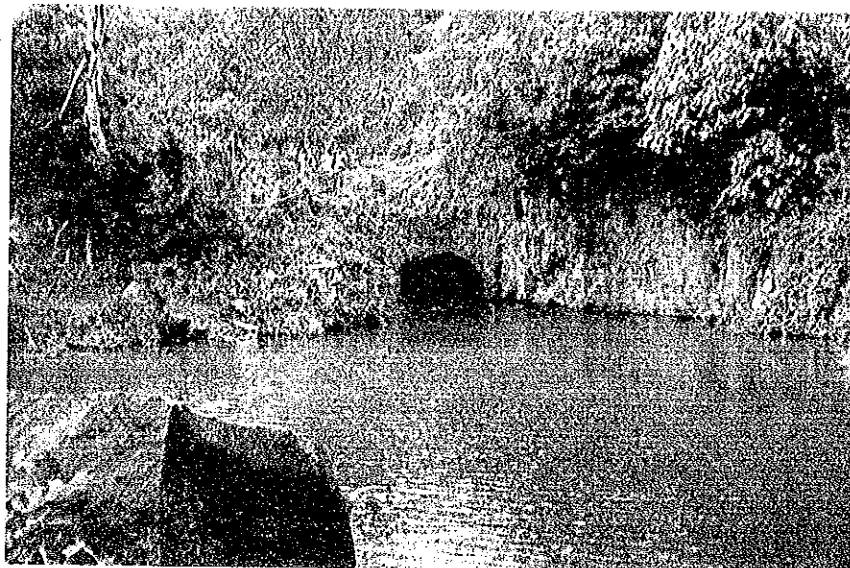


▼ 下流法面に設置され崩き上がった排水溝

ダム上流法面のコンクリート覆工の破損状況



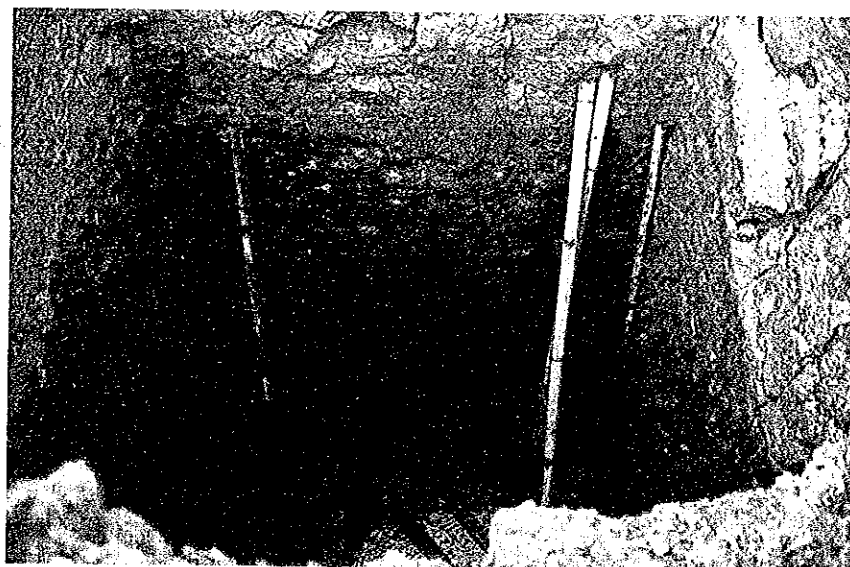
サービススピルウェイの出口



ダム直下流の仮測定堰

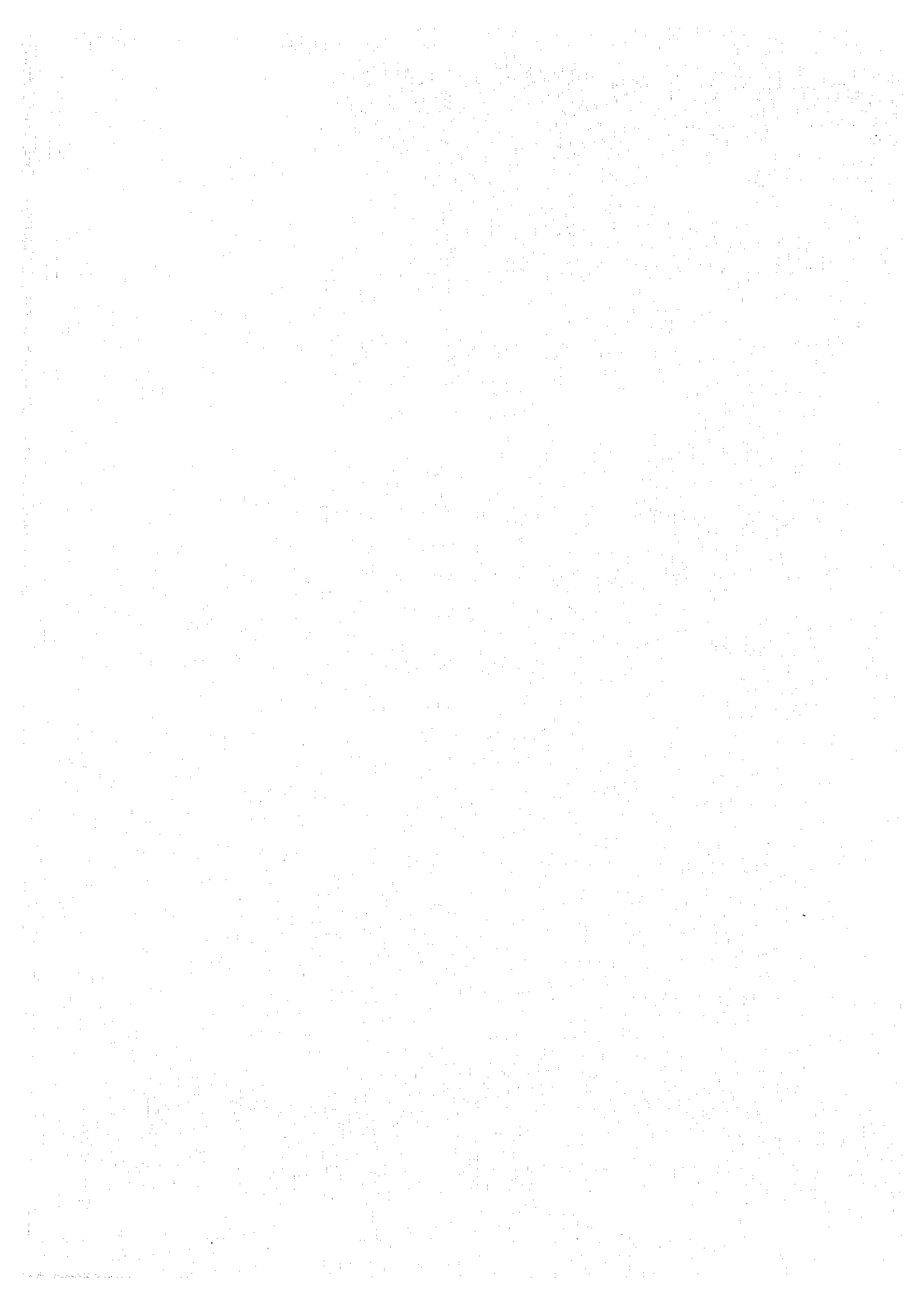


調査ピットの内部



目 次

位 置 図	
写 真	
1. 総 論	1
(1) 今回調査の目的	1
(2) 今回調査に至るまでの経緯	1
(3) 調査団の構成と調査日程	1
(4) 調査対象ダムの概要	4
(5) Kalayaan P/SおよびCaliraya P/Sの運転	5
(6) 調査結果の概要	6
2. I/A 協議	7
(1) I/A 協議の内容	7
(2) 合意されたI/AおよびM/M	7
3. 調査結果の各論	8
(1) NPC実施の調査工事の実態	8
(2) 現場視察後の所見	8
(3) 追加調査工事その他	15
4. F/S実施上の留意点	16
5. 本格調査参考事項	17
(1) Caliraya ダムの補修工事の実施時期について	17
(2) Caliraya ダムの安全管理について	21
(3) 入手資料リスト	22
6. 質問書と回答	30
7. その他参考資料	38
(1) 現地へのアクセス	38
(2) NPC組織図	39
(3) 面接者リスト	41
(4) 会議出席者リスト	43



1. 総 論

(1) 今回調査の目的

1985年2月に要請のあった標記案件について、その業務範囲の策定、要請の背景確認、フィリピン(NPC^{*})の現地調査工事の進展、妥当性の確認、サイトの概査、追加調査工事の必要性の検討、関係者との打合わせなどを目的とする事前調査を実施した。

本件については関連資料の不足から本来的には予備調査を行ない「比国」側の現地調査の進展、要請内容の確認の上、事前調査を行なうのが適当と思慮されたが、内容の緊急性に鑑み、事前調査で対応した。

※ National Power Corporation。NAPOCOR という略称もあるが、本報告書上NPCとした。

(2) 今回調査に至るまでの経緯

1) NPCは1983年後半、Kalayaan P/Sの運転で貯水池水位が約286mまで低下したときダム上流コンクリート面に水平クラック(主にコンクリート構造ジョイントの破損)を発見した。引続き水中部のコンクリート面の調査および水中写真撮影をOceanering contractorsが実施し、36ヶ所の破損箇所を見つけた。

2) 1984年8月、ダム下流面および取付堤部に小地すべりおよびSpring 11ヶ所が発見され、上流コンクリート面のクラックからの流出の疑いもたれた。

NPCはボーリング、ピットなどを含む調査工事を1984年11月より着手した。

3) 1984年11月9日NPCは日本大使館にCalirayaダムの安定解析と対策についての調査を要請した。

4) NPCはJICAに調査依頼とともに、その緊急性を考え、独自に
Mr. R. Ravanzo(カリラヤ・ダム建設に関与した元NPC総裁)
Dr. S. F. Reyes(フィリピン大学教授、ダムの安定解析)
の2名のローカル・コンサルタントを雇用した。

5) NPCの調査工事は1984年11月ピット工事より開始し、1985年6月ボーリングによる調査を完了した。

6) JICA事前調査団は1985年6月5日から6月18日の間にカリラヤサイト現地調査を行った。6月17日I/AとM/Mについては原案どおりで最終的に合意し、署名を行った(I/AおよびM/Mを別添資料Gと別添資料Hに示す)。

(3) 調査団の構成と調査日程

○ 調査団の構成

調査団の構成は下記のとおりである。

団 長	三 浦 敏 一	国際協力事業団鉱工業計画調査部次長
業務調整	渡 辺 正 夫	同 上 資源調査課
水力発電	佐 藤 文 三	通産省公益事業部水力課技術班長
土 木	白 川 治	(株)アイ・エヌ・エー新土木研究所技師長

土 木 海老原 純 次

同 上

海外事業部理事

地 質 小 林 寿 夫

同 上

河川第二部技師

○ 調査日程

現地調査は1985年6月5日から6月18日までの14日間行われた。概略の調査日程表は表1-1のとおりである。

調査日程表

表-1

日順	日付	曜日	三渡佐白海小 老 浦辺藤川原村	日 (A.M.)	程 (P.M.)
1	6/5	水		成田 10:00 → JAL 741 → マニラ 13:10	大使館、JICA 事務所と打合せ
2	6	木		NPC, NEDA 表敬訪問	NPC とスケジュール打合せと第一回協議
3	7	金		NPC と 第 二 回	協 議
4	8	土		調 査 団 団 内	打 合 わ せ
5	9	日		現 地 地 調	査 準 備
6	10	月		マニラ → ロスバニヨス、Kalayaan 発電所にて 第三回協議	現 地 踏 査
7	11	火		現 地 踏 査	団内打合わせ及び Tentative Study Schedule の素案作成
8	12	水		調査結果について団内打合わせ	ロスバニヨス → マニラ by car.
9	13	木		NPC に調査結果を報告	I/A, Minutes 原案提示
10	14	金		I/A Minutes の	協 議 修 正
11	15	土		資 料 収 集	整 理
12	16	日		資 料 収 集	整 理
13	17	月		I/A, Minutes 署名	大使館、JICA 事務所にて結果の報告及び帰国挨拶
14	18	火		帰 国 準 備	マニラ 14:20 → 成 田 19:30

(4) 調整対象ダムの概要

カリラヤダムは、フィリピン共和国ルソン島西南部にあり、マニラの南方約 60 km、Bay 湖に流入する Bombogan 川の右支川カリラヤ川に 1939 年より築造開始されたアースフィルダムである。1942 年には一部湛水によりカリラヤ P/S が運開し、第 2 次世界大戦時の混乱を経て 1947 年ダムは最終的に完了している。その後 1982 年イタリーの Electroconsult の設計、施工管理により Kalayaan 揚水発電所 300 Mw が一期工事として併設され現在運転中である。1983 年～1984 年にわたってダム上流コンクリート面の破損クラックおよびダム下流法面の小地すべりと降雨時の法面より Springs が相次いで発見された。これら原因の究明と対策について NPC より日本政府に技術協力要請がなされた。

ダムの諸元および経歴は表-2、-3 のとおりである。

カリラヤ・ダムの諸元

表-2

ダム堤体高	42 m	
ダム堤長	480 m	
ダム天端標高	EL 292 m	
異状満水位	EL 290 m	
常時満水位	EL 288 m	
低水位	(EL 276 m)	()内は P/S について
ダム上流面法勾配	3 : 1	
下流面法勾配	2.75 : 1	約 10 m 高毎に犬走り 3 段あり
ダム堤体材料	Clayey Silt	
貯水容量 (有効)	73 × 10 ⁶ m ³	

カラリヤ・ダム経歴

表-3

1939 年 12 月 (昭 14 年)	カラリヤダム建設開始
1942 年 (昭 17 年)	カラリヤ P/S 9 Mw × 2 台使用開始 (昭和 17~20 年 日本軍約 4 年駐留)
1945 年 (昭 20 年)	" 9 Mw × 1 台 "
1947 年 (昭 22 年)	カラリヤダム最終完了
1950 年 (昭 25 年)	カラリヤ P/S 9 Mw × 1 台使用開始 計 36 mw
1951 年 (昭 26 年)	Lumot ダム築造 (連絡水路にて Caliraya 湖に注水)
1977 年 (昭 52 年)	カラヤン揚水 P/S 建設契約
1982 年 (昭 57 年)	150Mw × 2 運転開始
1983 年 (昭 58 年)	カラリヤダム上流法面コンクリート破損発見

1984年 8月(昭59年)	カラリヤダム下流法面および取付堤部に小地すべり発見ダム下流面 EL281~282, EL277, EL260 m 1ヶ所に Springs 発見日照数日後枯渇した。
1984年 10月(昭59年)	NEWJEC 現地調査。(ダム下流面 Springs なし)
1984年 9月	カラリヤダム上流法面コンクリート水中調査 (Oceanering Contractors)
1984年後半	NPC の P. P. D, G. G. D team のダム調査
1985年 11月(昭59年)	NPC JICA に調査要請
1985年 2月(昭60年)	正式要請文書受理
1985年 6月(昭60年)	JICA 事前調査団現地調査

(5) Kalayaan P/S およびカラリヤ P/S の運転

カラリヤ P/S は 1942 年より 9 Mw × 2 台運転開始	Σ 18 Mw
1945 年より 9 Mw × 1 台	" Σ 27 Mw
1950 年より 9 Mw × 1 台	" Σ 36 Mw

Kalayaan P/S は 1982 年より 150 Mw × 2 台運転開始 Σ 300 Mw となっている。

Kalayaan 揚水 P/S の計画により、基本的にはカラリヤ P/S は自分流分を Kalayaan P/S の発電時 Week day で約 11~13 h/日 9°~22° 間に発電することになっている。また Kalayaan 揚水発電は他の水力発電で対応出来ないピーク部をカバーしている。つまりピーク時間 9°~21° 間で不足する供給力を 1~2 台 (15 万 kw ~ 30 万 kw) で補っているのが実状である。ルソングリッドの電力需要は 1983 年が最大で 1984 年は約 10% 減少し予備力の増大が見られるがダム修復工事のための運転中止をする場合には将来の需給バランスを考慮の上決定すべきであると考え。

1984 年における Kalayaan P/S およびカラリヤ P/S の発電運転稼働実績は表-4 の通りである。

カリラヤ P/S と Kalayaan P/S の運転時間						表-4
Caliraya P/S 運転時間	Kalayaan P/S		運転時間			
	1 号	2 号				
1 月	160	158.20	(112.617)	159.583	(99.067)	
2 月	174	131.133	(78.983)	274.583	(160.516)	
3 月	174	233.78	(222.58)	137.95	(172.58)	
4 月	112	204.70	(201.66)	213.03	(101.78)	
5 月	125	186.73	(177.78)	210.50	(143.80)	
6 月	135	164.91	(175.43)	164.90	(172.40)	
7 月	0	84.316	(80.667)	192.66	(103.25)	
8 月	130	125.50	(118.90)	285.0	(254.40)	
9 月	202	250.90	(162.65)	294.31	(215.33)	
10 月	576	312.416	(134.10)	259.416	(74.30)	
11 月	642	176.86	(99.083)	207.883	(178.0)	
12 月	232	233.10	(155.68)	157.85	(86.8)	
計	2,662	2,262.552	(1,720.13)	2,557.665	1,762.223	

(6) 調査結果の概要

()内は Pumping hour

NPCは1983年後半より1984年8月にかけて、ダム上流法面コンクリートのクラック破損および下流法面上の地すべり Springs を発見した。Kalayaan 揚水 P/S の運用が1982年より開始されていたため、揚水 P/S により発生した可能性もあるとの疑いにてクラック調査、ドリリング、ピッチングなどの諸調査工事を NPC は実施し、JICA に対しダム安定解析の調査を依頼した。この要請にもとづき JICA 事前調査団が1985年6月現地調査した結果、

- ① ダム上流法面コンクリートのクラックは主に構造ジョイントに埋設された止水鉄板が腐蝕し、破損クラックが発展したものであると考えられる。
- ② ダム下流法面に発生した小地すべりおよびスプリングは、降雨のために誘起されたものであり、長期間に亘る老朽化の一部と考えられる。
- ③ ダム上流面よりの浸透水は、正常なる下流排水設備 (toe 部および河床水平ブランケットドレイン) の機能によって安全に排水されているものと堤内地下水位観測の結果より考えられる。
- ④ ダム安定解析と対策検討のためには、本格調査団の立会いの上一部補足追加工事をモニターリングとともに実施する必要がある。
- ⑤ ダムの安全に重大な支障を与える Spillway 関係について実状より機能チェックをする必要がある。
- ⑥ 限られた資料と時間において調査をした事前調査団の所見によれば直ちにダム決壊などの危険防止のための緊急対策は必要ないと判断するが早急にダム老朽化に伴う上流コンクリート面の破損修理対策、下流背面の地すべりおよび浸蝕対策を実施し、さらに完全なる漏水量観測などのダム civil 関係維持、管理保守体制を確立する必要がある。

2. I/A 協議 (Implementing arrangement)

(1) I/A 協議の内容

事前調査団の現地調査の結果、NPCが実施していた調査工事の予想以上の進捗、ダム関係設計施工図資料の収集検討の上、さらに調査に至る経緯およびダムの経歴などより追加調査工事の内容の検討を関係者と打合わせた。前述(6)調査結果の概要にもとづき I/A 協議を行った。主要なものは、

① Objective of the study

カリヤダム安全対策について、その緊急性は老朽建造物の修復でありダムの安全管理、維持保安体制の確立が必要となった。

② 追加調査工事

現地調査の結果とモニターリングのデータを解析した後、最低必要な直接ダム安定解析と対策を考え、意見を提出し合意に達した。

③ Spillway の機能に危念あるためダム安定解析検討に加えることとなった。

④ カラヤン揚水発電による貯水池の運用をダム安全管理と同様制度化する必要がある。

⑤ Study Schedule

NPCの6ヶ月工期について調査団提案の9ヶ月が本格調査団の立会の上追加調査工事およびモニターリングを実施した後ダム安定解析検討を耐震も含め必要であることで合意した。

⑥ M/M (Minutes of meeting)

追加工事およびモニターリングに必要な機器の供与がNPCより要請されていた。

ダムの安全管理、観測体制の不備をより合理的に補足するため、自記測定などモニターリング補強のための機器類の必要性は認めるが、最終結論は日本に持帰ることにした。

NPCとしては、傾斜計、強震地震計およびピエゾメーターなどの永久モニターリング機器をさらに希望していたが、現状ではダムの安定解析検討に直接不要なので計上しないことで合意した。

参考のためNPC独自の比国個人コンサルタント Mr. Ramon R. Ravango 氏の第2回レポート内にも傾斜計、強震地震計、ピエゾメーターの上記モニターリングは撤回されている。

(2) 合意された I/A および M/M

合意された I/A および同時に作成された M/M を巻末に示す。

3. 調査結果の各論

(1) NPC実施の調査工事の実態

① ダム上流コンクリートの破損クラック部水中調査と写真撮影

1984年「OCEANEERING CONTRACTORS」(フィリピン、マニラ)により全てのクラックの位置と水中写真(36ヶ所)がとられた。破損状況は別添写真を参照し、又破損箇所はJICA保存資料№30～№32を参照。

主なクラックはConstruction jointを中心として発達している。

止水鉄板は完全に腐蝕している。

コンクリート版の表面は骨材が露出して風化、老朽が進んでいる。

OCEANEERING CONTRACTORS' reportはJICA保存資料№48参照。

② 1984年8月降雨後、ダム下流法面上の小地すべりおよびSpringsを発見し、NPCのGGD (Geology and Geotechnics Division team)による調査がなされた。ボーリング調査立杭および小地すべりの位置は別添資料A、ボーリングの断面図は別添資料Bを参照。

③ 1984年11月9日NPCはJICAに対し調査を正式に依頼。

④ NPCはJICAに調査依頼とともに緊急性を考え独自にMr. R. Ravanzo (Calirayaダム建設に関与した元NPC General Manager)、Dr. S. F. Reyes (フィリピン大学教授、ダムのStability解析)の2名のローカルコンサルタントを雇った。報告書の一部はJICA保存資料№49参照。

⑤ NPCの調査工事は1984年11月より開始され1985年6月現在JICA事前調査団現地調査時概ね完了していた。別添資料A、BとJICA保存資料№25, 27, 28を参照。

⑥ ダム堤体内の地下水位のモニターリングは1985年2月頃より開始、漏水量も1984年11月より測定開始されている。別添資料C参照。

⑦ ドリリングおよび立杭よりの採取土質材料試験は完了しているとのことであるが調査団の入手し整理したものを別添資料D-1～16に示す。

Topographic Surveyも実施されているが、調査団の入手したものはJICA保存資料№24～28でGeotechnical Mapとなっている。原図はSurvey Sectionにあり。

⑧ 事前調査団現地調査時のNPC実施の調査工事一覧を別添資料Eに示す。

(2) 現場視察後の所見

NPC本社にて収集したCalirayaダム関係の設計、施工関係図面と、現在までに実施したNPCの現地調査工事の進捗に伴うモニターリングの結果、さらに事前調査団の現地調査の結果、入手出来た諸資料を検討した後の所見は以下のとおりである。

1) ダム上流面コンクリートのクラックについて

主なクラックは構造継目を中心として発生している。継目の埋込み止水鉄板は完全に腐蝕し波浪、水位の変動などにより背面のダム土質材料の流失が長期間に亘っており、コンクリートの破損、クラックの増大へと発展したもので、貯水池へのダム上流側地中に起因する可能性は少ない。

2) ダム下流法面地盛りおよび発生スプリングについて

ダム下流方面の地盛りはすべて浅い表層地盛りであり、下流面に発生したと言われるスプリングもともにダム上流よりの浸透水でなく強い降雨により発生したものと考えられる。

3) モニタリングおよび採取材料室内試験結果

ダム内地下水位は上流貯水位より漸次下降し、下流端部ではダム内部排水設備の効いている正常な結果を示している。ダム材料そのものは分類上CHで細粒分が多いが耐水性であり、パイピングに対する抵抗性が大であるがクラックは発生しやすい。

4) ダム Spillway 関係

Survive spillway のゲートは漏水多く老朽化しているため緊急稼働時の安全が問題である。Emergency Spillway も盛土ヒューズ部がコンクリート舗装道路となっているが、緊急時通水断面の確保が可能か検討する必要がある。

5) ダム管理監視体制について

現在 Caliraya ダム Civil 関係の維持管理体制がなく漏水、クラックなどの常時監視がやられてない。ダム安全保守上危険の予知および安全対策を配慮する必要がある。

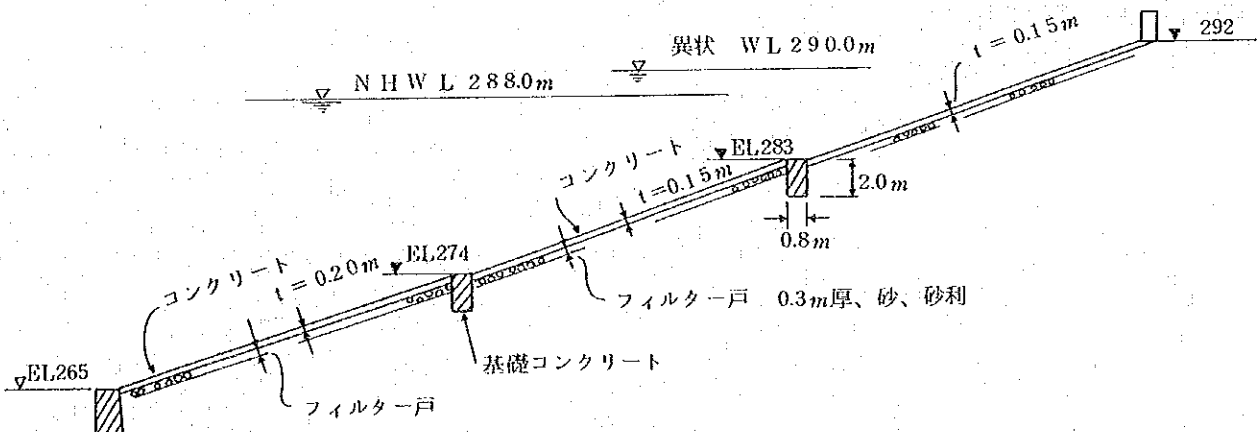
6) 緊急対策その他

現況では直ちにダム決壊などの危険防止のための緊急対策は必要ないが、ダム上流法面とも老朽化による破損浸蝕などに対し早急に補修する必要がある。

上記所見に至るまでの詳細検討事項は下記のとおりである。

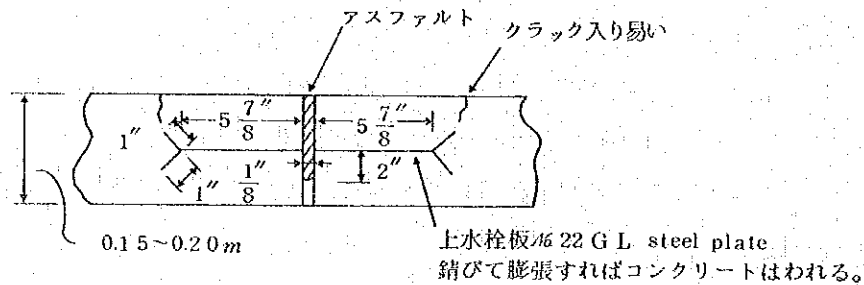
1) ダム上流面コンクリートのクラックについて

JICA 保存資料 #4 (C-5-8) より上流面コンクリートの詳細が判明した。



- コンクリートスラブ厚 上部 15 cm 下部 20 cm
- スラブ基準寸法 6.75 m × 6.75 m
- フィルター層 砂, 砂利 0.3 m厚
- 基礎コンクリート EL. 283 巾 0.8 m × 高 2.0 m
274 0.8 × 2.0
265
- スラブ鉄筋 $\phi 3/8''$ (9 mm) 横 60 cmピッチ 縦 30 cmピッチ
- 構造継目には止水鉄板 #22 G.L.

継目詳細



JICA 保存資料 #30 ~ 32 および別添写真参照。

現地調査の結果より

- ① 主なクラックはコンクリート版の構造継目を中心として発生している。
- ② 継目に埋設されている止水鉄板は完全に腐蝕しなくなっている。
- ③ コンクリートの表面は骨材が露出し、風化老朽化が進んでいる。
- ④ クラックの水中写真および貯水位以上の肉眼調査よりは、クラックは新しいものとは見えない。
- ⑤ Karayaan 揚水 P/S 運用後の貯水位は HWL 近くの WL 286 ~ 289 で運転され、最大低下 Speed は約 0.9 m/6 時間であり、一般の揚水 P/S に比べれば小さい。
カラリヤ貯水池とラグナ湖の水位は JICA 保存資料 #29 参照。
- ⑥ 構造継目の開きは一般のクラックに比べ大きいので、また止水鉄板の周辺は鉄板錆の膨張や、コンクリート厚が薄いため、クラックが発生しやすく破損などを含め誇張され易い。
- ⑦ 破損継目部は波浪および水位の変動により、土質堤体材料が吸い出されコンクリート版の沈下を進める結果となっている。原設計では 30 cm 厚の砂, 砂利のフィルターが保護のため設けられている。

実施工では不良施工の可能性もあり、追加調査で確認することになっている土質堤体材料は74 μ アンダーが約85～95%と言う微細なものなので長時間には吸い出し流失が発生される。

- ⑧ Karayaan揚水P/Sは将来増設する計画もあり、現在のコンクリート版破損状態は早急に完全なる補修が必要であることは間違いない。

2) ダム下流法面地切りおよび発生スプリングについて

- ① 現在発生している地切りは、高さ10数m～数10mの滑落崖を伴うすべりであり、これらの滑落崖は斜面全体、特に上部斜面で階段状に多数形成されているが、その形状はほとんど水面方向に直線的であり、深いすべりを示すような円弧状の滑落崖やサイドクラックは認められない。別添資料Aおよび写真参照。
- ② ダム築造直後(1947～48年)に設置したと見られるダム下流法面コンクリート排水設備があるが、これらは地すべりに伴う変位は認められない。特に排水設備は、現在、周辺斜面の降雨による浸蝕、流出によって浮上った状態にあり、(写真参照)排水の機能をほとんどしておらず、今後とも斜面の浸蝕、流出が促進され易い状態にある。排水設備はJICA保存資料巻16,17を参照。
- ③ ダム下流法面中央より下段において、建設当時の残材とみられる6kgレールによる法面修理用の定規らしきものが多数残っている。
コンクリート排水設備同様周辺が降雨により浸蝕され一部は浮上っているが補修されたためか浸蝕のていどは少ない。
- ④ 建設当時の排水設備のうち法面水平部にては、流下して来た土砂を下部へ排出したため、長期間にて約1m高の馬背が出来ており、強い降雨時は湛水する可能性がある。これら馬背の直下に多くのスプリングが発生している。堤体土質材料は乾燥クラックが多くに表層では入り易い。
- ⑤ 1948年8月に発見されたとするダム背面のスプリングは、降雨後に見られ1～3日後には消えたとの証言を現地にて得た。降雨中はとくにスプリングの流れ出しがあったようである。11孔で約3ℓ/分とのこと。
- ⑥ スプリングの発生したELは、現在判明している堤内地下水位より高いのでダム滲透水よりのスプリングとは考えられない。
- ⑦ ダム下部河床上には水平ブラケット排水層および下流端部(Toe)にロックゾーンがあり、十分排水出来る設計となっていることがNPC提出の設計図より、また調査ボーリングの結果よりも確認がなされている。Station 0+380mの標準断面図は別添資料Fを参照。尚追加調査により再確認することが必要であると考え。
- ⑧ したがってKalayaan揚水P/S建設時のElectro-consultantによるTechnical reportにあるダムcross sectionのゾーニングは疑問であると思われる。
- ⑨ 当初検討していた地切り調査のためのダム背面表層部の傾斜計設置による測定、ボーリング孔内における地下水検層および孔内傾斜観測は必要ないと考えられる。NPC既設

置の deformation 測定のための測点およびダム上流コンクリート面に追加予定の測点についてモニタリングを実施すればよいと考える。

⑩ 1951年に建設された Lumot ダム背面について現地確認したところ、草および灌木が繁茂し、Caliraya 程はつきりと判らないが所々小規模の降雨による地ごりの跡が見られる。

⑪ 現在見られるダム背面の Leakage は

ダム直下流……ロック排水ゾーンの下流部で昔より地方住民が主に洗濯用水として使用している。仮測定堰があり約 85～90 ℓ/分となっている。

別添写真参照

West dyke……背面基礎より (L-11, 12) 約 12～6 ℓ/分

East dyke……背面基礎より (L-13) 約 6～3 ℓ/分

であり正常な leakage と考えられる。

⑫ 以上の条件よりダム下流法面の地ごりおよびスプリングは強い降雨のために発生した可能性が大きいと考える。

⑬ 現況のまま放置すれば降雨による浸蝕が進むので適当な補修工事はダム安全保守確保のために必要である。

3) モニタリングおよび採取材料試験結果

NPCによるボーリング完了孔は地下水のチェックが行なわれており、その結果を集約したものは別添資料Cに示す。

ダム横断面およびボーリング調査孔と地下水位の関係は別添資料BとJICA保存資料№26, 27に示すとおりで、スプリング発生位置は地下水位より高く最下流側のボーリング孔内地下水位は検出されず、滲透水はダム下流部河床上に設置されている排水設備に正常に流入していると考えられる。

漏水量の測定は現在も流出中の数孔について別添資料Cのように観測がなされているが、最も重要なメインダム堤体よりの漏水量を測定するために仮堰は不十分と思われるので追加工事として完全なる測定比および自記観測装置が必要と考える。

ダム軸および下流面中段に各4点 deformation 測定のため測点が設けられているが観測は未実施である。

土質調査の結果は別添資料D-1～16およびJICA保存資料№37～47に示すように

- ① ダム堤体のボーリング孔内のN値は約10～20で決して悪くない。
- ② ピットおよびボーリングコアーによる透水試験の結果は $10^{-7} \sim 10^{-8}$ のオーダーでクラックのない限り不透水性である。
- ③ 土質分類土はCHクラスで74μアンダーが85～95%と細粒である。塑性指数PIは約25～35 > 15でありパイピングに対する抵抗性は大であるがクラックは発生しやすい。
- ④ メインダムについてダム最高部断面の河床岩盤は風化しているが見られるが、ボーリングコアーよりは乾燥固結しているため、ダム材料と風化岩盤の判定が難しくボーリング直後確認することが望まれる。

4) ダム Spillway 関係

Caliraya ダムには、Service Spillway と Emergency spillway が設けられているが、維持管理が十分でなく、ダム安全上問題がある。

① Service spillway にはシリンダーゲートが設けられているがダム築造時のもので、

Kalayaan 揚水 P/S 建設時改造の意見があったが修理されてない。つまりゲートは錆がはげしく漏水も多く、コンクリート立坑などよりの漏水が合計で約 200 ℓ/秒あるとされている。加えてゲートは Kalayaan 運開後は使用実績もなく以後試験も行なわれてない。緊急時の安全なる稼働は確保されてないと思われる。

② Emergency spillway はダムの上流約 1.5 km の左岸側鞍部に設けた盛土決潰ヒューズ型のものであるが、使用した実績はなく、現在盛土上は湖畔道路としてコンクリート舗装されている。設計断面の溢流部を緊急時確保することは困難性もあるので地形測量実測の上検討を要する。

5) ダム管理監視体制について

ダム civil 関係の維持管理体制は、何か問題が起きてから対処することになっているが、ダムの安全は早期に危険を予知することが重要である。管理観測設備の完備と、維持管理ソフトの確立、そして組織化が必要である。ダムなど老朽化が進む場合、重大事故につながる前に常時監視、補修をしなくては安全は保たれない。

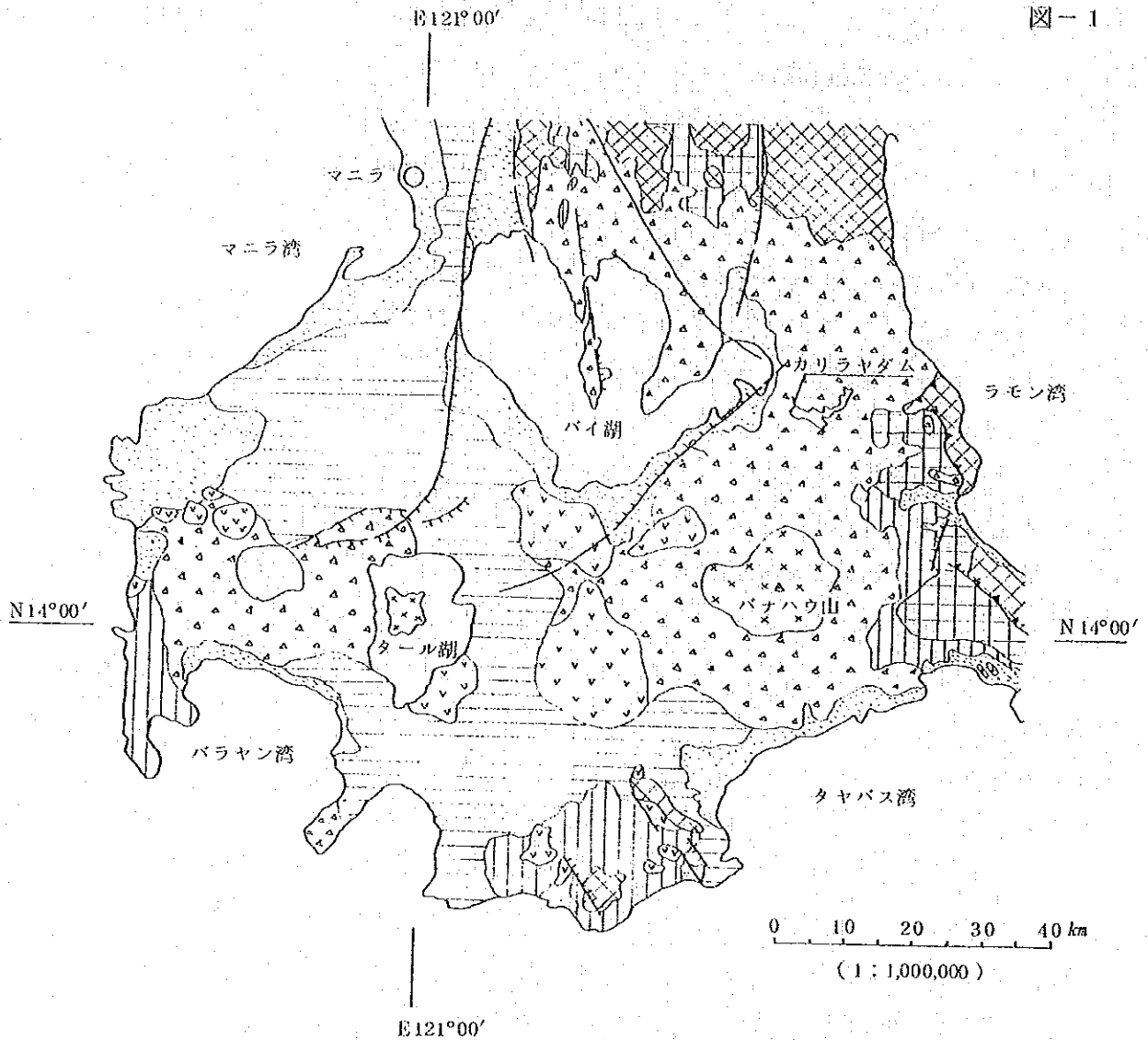
6) 地質概要

カリラヤダム、及び貯水池域は、バイ湖 (LAGUNA DE BAY) 東岸の標高 300 ~ 350 m の台地状の山地よりなる。この山地を構成する地質は、“Bureau of Mine (1964) : Geological Map of The Philippines”, 及び “Bureau of Mine (1982) : Geology and Mineral Resources of The Philippines, Vol. 1” 等の資料によれば、カリラヤダム南方 25 km に位置するバナハオ火山 (Mount. Banahao, 標高 1875 m, 現在は火山活動なし) に由来する新第三紀鮮新世~第四紀の火山噴出物よりなる。この火山噴出物は、主に火山砕屑岩、及び安山岩~玄武岩熔岩よりなり、バナハオ火山周辺から Bay 湖をとりまくようにその東岸~北岸にかけて広く分布し、定高性のある熔岩台地状の山地を形成している。(図-1 参照)。

カリラヤダム周辺に分布する火山噴出物は、今回の現地調査結果、及び “ELE, PDCOP (1973) : Kalayan Pumped Storage Plant Technical Feasibility Report” 等によれば、主に上位に分布する凝灰岩類とその下位の玄武岩熔岩よりなり、これらは、ほぼ水平~Bay 湖側 (西側) に緩く傾斜して分布する。

凝灰岩類は、山地高標高部に 20 ~ 30 m の厚さで分布する他、玄武岩熔岩中に狭在する。また、表層では、しばしば礫径数 10 cm ~ 100 cm 前後の玄武岩の垂角礫を含む火山泥流堆積物の可能性のある砕屑物を伴う。これらの凝灰岩類は、カリラヤダムからルモットダムに至る道路の切土法面等に露出するが、いずれも固結度が低く風化が著しい。露頭では、乾燥して比較的固結しているが、乾燥収縮等によるクラックが多く、全体に極めて脆い。な

図-1



第四紀 - 沖積世 ~ 洪積世		沖積層, 海浜堆積物
		火山噴出物 (活火山)
第四紀 ~ 新第三紀 鮮新世		" (火山砕屑岩, 玄武岩熔岩等)
		" (安山岩, 玄武岩等)
新第三紀 - 中新世 ~ 鮮新世		堆積岩 (頁岩, 凝灰岩, 石灰岩等)
古第三紀 漸新世 ~ 新第三紀 中新世		" (")
先新第三紀		" (")
		堆積岩, 變成岩, 火成岩

高角度断層

正断層

逆断層 (低角)

バイ湖周辺地質図

The 1964 Bureau of Mine :
Geological Map of The Philippines

お、この風化した凝灰岩類は、カラリヤダム の堤体材料として使用されている。

玄武岩熔岩は、カラリヤダム下流左岸洪水吐け口掘削面等の一部に露出する程度であり、その詳細は不明であるが、“Kalayaan Pumped Storage Plant”のボーリング調査資料によれば、深部で厚さ10～40 mの集塊岩等を多数狭在する150～300 mを越える厚い岩体よりなることから、火山砕屑岩を狭在する多数の熔岩流よりなると考えられる。ダム下流の露頭では、一般に新鮮、堅硬な塊状の岩体よりなり、10～数10 cm間隔の割れ目が発達する。

今回、カラリヤダムで実施したボーリング調査でも堤体の基礎岩盤が、これらの凝灰岩や玄武岩熔岩等よりなることが確認されているが、凝灰岩類が基礎となる場合、堤体が同質の材料よりなるため、ボーリングコア（乾燥、固結）で両者を明確に識別することはかなり困難であった。

③ 追加調査工事その他

上記NPCにて計画実施した調査工事に加え、ダム本体の安定解析のため本格調査団の立合いの上次の追加工事およびモニタリングをNPCと合意の上決定した。

1) Topographical Survey

- メインダム最高断面におけるCross sectionの再確認
- Emergency Spillway部の現状調査の測量

2) Drilling & Pitting (Soil Test 含む)

- メインダム最高断面にてボーリング3本ピット1ヶ追加調査
- 自記地下水位観測を含めた機器、設備の補強

3) Deformation 測定

- メインダム上流面のコンクリート面上にダム軸に平行な測点を設けDeformationをモニタする。

4) メインダム上流面コンクリート背面のフィルター層の確認のためのコアボーリング

5) ダム全漏水量の測定

メインダム背面直下流に全漏水量を測定できる堰を設け自記観測する。

現在の仮堰は不十分で全漏水量を示してない。その他漏水ヶ所の計測補強。

6) モニタリング

在来モニタリングに加え追加工事分についてモニタリングを継続する。

イ) 漏水量測定

ロ) 地下水位測定

ハ) ダム変位測定

4. F/S実施上の留意点

- 1) 事前調査の結果、現況では直ちにダム決壊などの危険防止のための緊急貯水位低下を含む緊急対策は必要ないと考えられる。ただし、ダム老朽化に伴う上流コンクリート面の破損、クラック修理対策、下流法面の地這りおよび浸蝕対策は早急に実施すべき時期に来ている。対策工事の実施に当ってはNPC内の電力需給バランスを検討し、とくに上流面は発電停止可能の可否が重要となる。
- 2) ダムの安全管理のため、現状にてはダム Civil 関係維持、管理保守体制を確立する必要がある。カラヤン揚水発電による貯水池の運用をダムそのもの、安全管理と同様、制度化する必要がある。
- 3) 追加調査工事およびモニタリングについて、本格調査団立会い上実施することは、調査およびデータの絶対的正確性を確保するためである。
- 4) ダム安定解析に当って耐震上の検討もNPCの現況として必要である。
- 5) 現在までのNPCの調査工事により、Caliraya ダムの設計図、施工図の概要が確認されたが、追加調査により再確認することが必要である。
- 6) ダムの安全に重大な支障を与える Service Spillway は設備そのもの、安全性検討を第一とし、Emergency Spillway は緊急時の機能が発揮できるか実状を検討する必要がある。
- 7) ダム内地下水水位は堤体内と基礎岩盤内との両方をチェックする必要がある。
- 8) 既施工調査ボーリング孔内の地下水水位が見られなかった孔について、定時測定を実施して地下水水位の低いことを確認しておくこと。
- 9) モニターについて、観測誤差、不適當な条件など除去することにつとめる。(雨水の浸入、その他など)