

第2章 プロジェクトの周辺状況

2-1 当該セクターの開発計画

2-1-1 上位計画

(1) フィリピン中期開発計画

フィリピン中期開発計画における当該セクターの位置付け及び目標は、貧困問題対策の基本的課題としての農業生産性の向上と農村の開発であり、また、灌漑については新設設備の建設と既存設備のリハビリ、改良による灌漑供給面積の拡張、効率的なシステムの開発促進及び維持管理費に見合う料金体系の見直しと料金徴収率の向上である。

具体的な目標としては、下記のようなものが挙げられる。

- (a) 国営・地方灌漑施設や小規模灌漑とダム分水事業、その他水路や土砂排除を含めた小規模灌漑計画などのリハビリ及び改良事業の促進
- (b) 費用効果を考慮した、適切で、効率的な灌漑と運営技術の研究と開発
- (c) 灌漑計画・開発・維持管理への灌漑組合の参画促進
- (d) 国営灌漑施設の運営において維持管理を確保するための灌漑料金体系の見直し
- (e) 地方団体、女性の研修・能力向上を図り、地方灌漑施設や小規模灌漑とダム分水事業、その他水路や土砂排除を含めた小規模灌漑計画などのリハビリ及び改良事業の計画・実施への参画促進
- (e) ポンプ灌漑や溜池灌漑など小規模灌漑の開発についての、民間資金活用の促進
- (f) BOT、BT などの方法を通しての灌漑施設の迅速な建設促進
- (g) 灌漑施設を支えている水源地の保護と回復のため、環境天然資源省との協調
- (h) 女性の地方開発への進出促進

このような取り組みによって、NIA によって開発された 1998 年現在の灌漑面積 1.344 百万 ha (全灌漑可能面積の 43%) を、2004 年までに、345,748 ha を新たに開発し、既存施設 705,964 ha のリハビリを実施して、合計 1.68 百万 ha (全灌漑可能面積の 54%) を開発・活性化させることとしている。

(2) NIA の開発プログラム

フィリピン中期開発計画に関する NIA の基本方針は次のとおりである。

- (a) 農業を近代化して、生産性を高め、食料自給を確立し、農村部門の収入をたかめる。
- (b) 健康・栄養・教育における基礎的社会開発を達成
- (c) 農村の社会基盤整備
- (d) 自由化、規制緩和、私企業化及びグローバルイゼーションを進め、企業の生産性と競争性を高め、持続性と雇用を確保する。
- (e) マクロ経済の安定化
- (f) 国と地方、企業社会と市民社会の連帯性を強め、平和と秩序を維持する。

具体的には、次に示す目標を掲げている。

- (a) 国営、地方の灌漑施設のリハビリと改良
- (b) 費用効果を念頭に、効果的、効率的灌漑・水管理技法の開発
- (c) 水利用組合の灌漑システムの計画、開発、O&M への参画促進
- (d) 水利用料金体系の見直し
- (e) 地方灌漑施設開発における地方の能力向上と参画促進
- (f) プライベートセクターの小規模灌漑計画への参画促進
- (g) BOT、BT などの活用
- (h) 環境天然資源省と協力して、灌漑施設を支える水源地地域の保護、回復に配慮する。

このような方針に基づいて、NIA は、1999 年には 59.44 億ペソの予算を受けて、41,418 ha を新たに開発し、91,800 ha のリハビリを実施した。そして、2000-2004 年の目標を、新規開発 304,330 ha、リハビリ 614,164 ha と定め、2004 年度末には合計 1.698 百万 ha (全灌漑可能面積の 54%) の開発・活性化を図ることとしている。

このように、NIA における灌漑施設開発はリハビリ事業に重点が置かれているがわかる。

2-1-2 財政事情

「フィ」国は、1950 年代まではアセアン諸国の中で、経済成長において最も有望な国と期待されていたが、その後のマルコス政権による経済運営の誤り、オイルショック等によって、1980 年代の前半には累積債務国へ転落した。1986 年アキノ政権が成立し、経済は世界

銀行の構造調整融資(SAL)プログラムの推進により回復するかと思われたが、1990年代に入り形状収支赤字は更に拡大し、インフレの影響等から GNP 成長率はマイナス成長となり、1992年にラモス政権が誕生した。ラモス政権下、経済構造改革を推進しつつ、外資導入及び輸出主導による高度成長を現出したが、1997年7月から始まったアジア通貨危機により、通貨ペソは大きく下落し、その成長に急ブレーキがかかった。また、エルニーニョ現象による農業生産性の不振がインパクトとなって、1998年の GDP 成長率は-0.2%と1991年以来のマイナス成長を記録した。1998年には現エストラダ政権が誕生し、1999年に入り、フィリピン経済は大きく好転しつつある。第1四半期はGNPで2.0%、GDPで1.2%を記録し、フィリピン経済は底を脱したのではないかと推測される。(ODA白書、1999年度版)

GDP 成長率の推移及びその他の経済指標を巻末資料 4. に示す。

2-2 他の援助国、国際機関等の計画

本案件に関連した他の援助国、国際機関等の計画は次のとおりである。

2-2-1 関連事業

(1) Irrigation Operation Support Project II (1993-2000)

本事業は世界銀行による有償資金援助で、総額 2,276 百万ペソ(内貨 535 百万ペソ、外貨 37 百万 USD)からなり、全国の国営灌漑施設の小規模な補修、水理施設の改良などを実施するものである。

(2) Water Resources Development Project (1998-2002)

本事業は世界銀行による有償資金援助で、総額 2,418 百万ペソ(内貨 748 百万、外貨 50 百万 USD)からなり、既存灌漑施設の改良、灌漑地域の拡大、政策・制度改革・環境回復の促進のため実施するものである。

2-2-2 関連事業の実施状況

(1) Irrigation Operation Support Project II (1993-2000)

1999年のアンガット川調整ダム補修にもこの資金が利用された。

(2) Water Resources Development Project (1998-2002)

全国ベースで実施された調査対象に AMRIS も含まれているが、事業化には至っていない。

2-3 我が国の援助実績状況

2-3-1 日本の無償資金協力実績

「フィ」国における我が国の無償資金協力のうち、灌漑施設整備に係わる案件の実施状況は表 2-1 のとおりである。

表 2-1 フィリピン国における我が国の灌漑施設整備に係わる無償資金協力実施状況

No.	年度	案件名	供与額(億円)
1	1977	イロコスノルテ灌漑施設整備計画	9.16
2	1990	カパヤス灌漑施設建設計画(1/2期)	14.33
3	1990	西サマルル農村総合開発計画(1/2期)	7.12
4	1991	カパヤス灌漑施設建設計画(2/2期)	2.34
5	1991	西サマルル農村総合開発計画(2/2期)	8.12
6	1992	マリンドゥケ農村総合開発計画	20.28
7	1992	ハラハラ農業開発計画(1/2期)	11.37
8	1992	西部バリオス溜め池改修計画	4.92
9	1993	ハラハラ農業開発計画(2/2期)	9.06
10	1994	ハラハラ農業開発計画(2/2期-2)	4.86
11	1994	ディバロ川地区及びプリンシパル地区灌漑施設復旧計画(1/2期)	5.91
12	1994	アガナン川灌漑地区農業開発計画	21.77
13	1995	ディバロ川地区及びプリンシパル地区灌漑施設復旧計画(2/2期)	5.47
14	1996	アンガット川灌漑用調整ダム改修計画	16.56
15	1997	ディバロ川灌漑施設改修計画	7.21

2-3-2 本事業との関連案件

本事業はアンガット川灌漑用調整ダムの下流エプロンと護床工に焦点をあて改修・補修を行うものであるが、これに先立ち 1996 年にはダム本体部に設置された既設セクターゲートのラバーゲートへの改修および取水ゲートの改修事業が日本の無償資金協力プログラムによって実施された。これは表 2-1 の 14 番に記す“アンガット川灌漑用調整ダム改修計画”である。

2-4 プロジェクトサイトの状況

2-4-1 自然条件

(1) 気象・水門

(a) 気象

アンガット川調整ダムの灌漑対象地区である AMRIS 灌漑地区は「フィ」国気象庁の全国分類(図 2-1)によれば、タイプ I に属し、乾期(11月から5月)と雨期(5月から12月)に明確に分かれている。AMRIS 灌漑地区における過去 12 年間(1987~1999)の平均気象データを表 2-2 に示す。

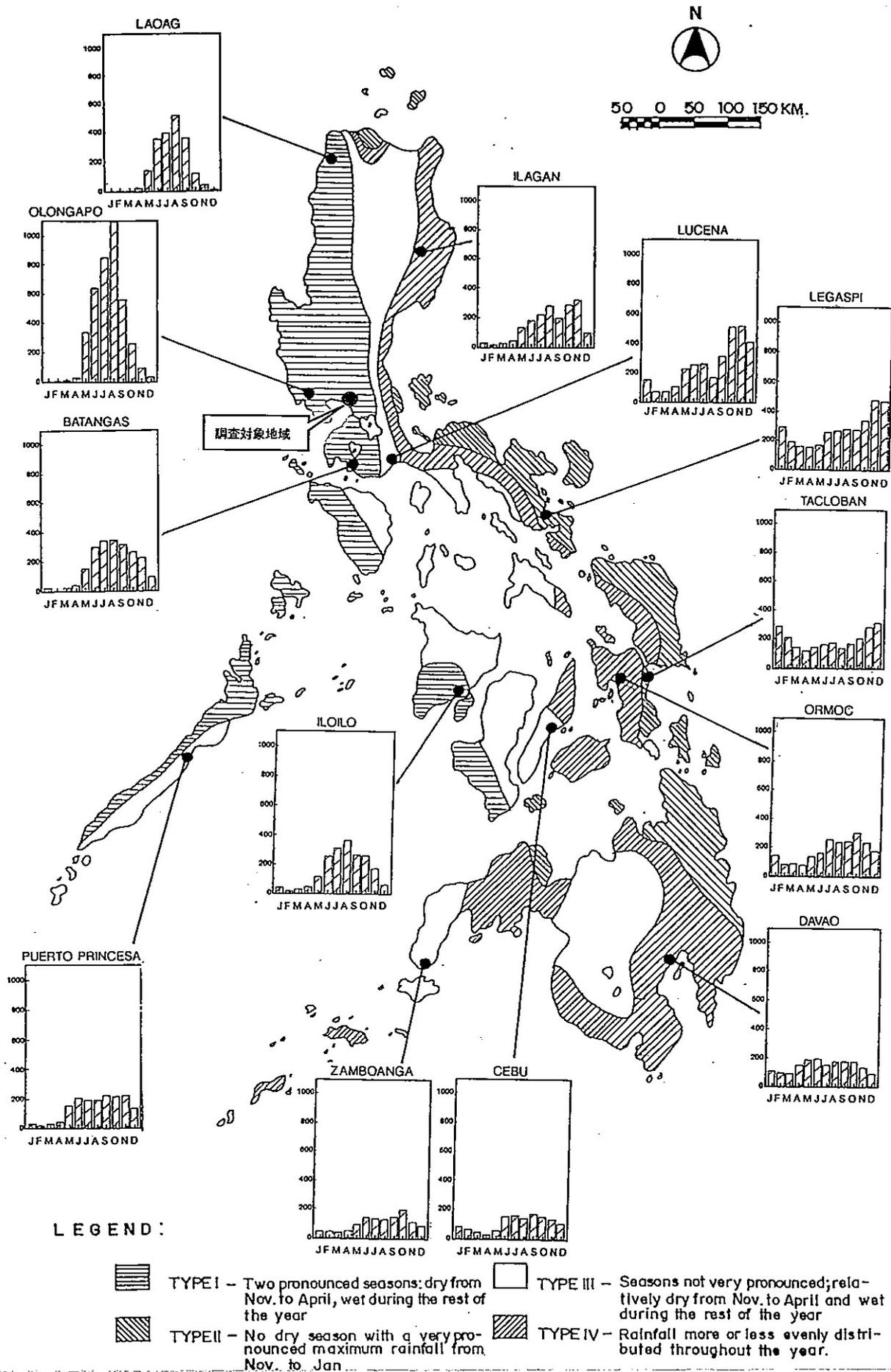


図 2 - 1 フィリピン全国気象分類図

表 2-2 AMRIS 灌漑地区の平均気象 (1987 ~ 1999)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
平均最高気温		29.6	31.1	32.1	33.5	32.4	32.1	30.9
平均気温		24.8	25.4	26.1	27.4	28.7	27.9	27.3
平均最低気温		19.9	19.7	20.1	21.3	22.9	23.6	23.6
平均湿度	%	87	65	79	84	87	87	89
日照発量	mm/d	4.48	5.00	6.16	6.79	5.83	4.99	4.81
平均降雨量	mm	7.1	2.2	22.0	25.5	154.7	304.2	374.2
		8月	9月	10月	11月	12月	平均 / 合計	
平均最高気温		30.7	31.2	30.9	30.7	30.2	31.3	
平均気温		27.0	27.0	26.8	26.5	25.8	25.7	
平均最低気温		23.2	22.8	22.7	22.2	21.4	22.0	
平均湿度	%	89	88	87	87	90	87	
日照発量	mm/d	4.35	4.86	4.80	4.46	4.17	5.06	
平均降雨量	mm	377.0	369.3	261.6	131.7	80.9	2,110.4	

出典：NIA 第三地方局

(b) 水文

アンガット川の流況は上流にあるアンガットダム（国家電力公社（NPC）管理）の放流量と途中で本川に合流するイボ川（左岸より合流）、バヤバス川（右岸より合流）及びサババリテ川（右岸より合流）の河川流量による。降雨のほとんど無い乾期の河川流量はそのほとんどがアンガットダムの放流量に支配されている。

下表にアンガットダムの集水域と上記の支川が持つ流域の面積を表 2-3 に示す。

表 2-3 アンガット川の流況

流域	流域面積	備考
アンガットダム	568.0 km ²	
イボダム	71.5 km ²	
サババリテ川	33.1 km ²	
バヤバス川	83.2 km ²	
アンガット川	121.1 km ²	上記以外の残留流域
合計	876.9 km ²	

アンガットダムの放流は発電用主タービンを通して直接アンガット川へ、発電補助タービンを通してイボダムへ向けられる。洪水時に貯水池水位が一定値を超えれば、洪水吐よりイボダム方向へ放流が行われる。イボダムに流入した水は一定量を上水用として取水され、残りはアンガット川に放流される。

アンガットダムの過去 10 年の発電放流量と、過去 20 年間(1979 ~ 1999)の最大放流量をそれぞれ表 2-4 と 2-5 に示す。

表 2-4 アンガットダム月平均放流量

単位：m³/s

年代	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
1990	10.41	10.19	9.92	4.38	0.00	5.20	34.55	54.81	92.03	52.52	98.50	35.50	34.00
	26.44	26.84	26.75	27.02	26.42	18.53	13.64	10.64	26.99	20.72	22.12	24.45	22.55
1991	42.36	40.51	31.87	24.92	8.60	52.14	42.21	34.17	69.30	15.33	15.87	30.88	34.01
	25.92	26.20	26.84	26.97	27.23	23.97	19.34	11.60	11.78	23.57	25.20	25.95	22.88
1992	30.57	32.20	22.75	3.62	0.01	0.00	0.00	2.01	7.87	55.73	98.04	44.59	24.78
	26.53	27.86	27.26	26.35	22.64	1.07	4.34	10.30	13.33	14.34	18.15	29.07	18.44
1993	41.04	40.63	36.01	24.63	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	3.89	7.99	70.97	19.06
	30.66	34.34	28.67	30.73	30.52	24.88	25.80	20.28	18.65	19.32	21.43	36.36	26.80
1994	40.70	37.96	36.11	23.18	10.28	20.89	36.82	20.65	0.94	17.00	13.14	28.94	23.88
	30.32	29.59	29.03	29.20	33.20	29.71	19.89	24.28	26.27	27.87	20.10	27.81	27.27
1995	29.94	31.88	29.52	12.25	3.56	8.26	12.96	2.95	0.16	107.1	58.54	98.47	32.97
	29.84	32.03	31.68	32.12	32.30	31.81	27.36	22.35	11.17	27.08	27.28	39.97	28.81
1996	24.64	32.43	28.03	13.53	6.66	28.57	18.75	6.94	4.63	4.99	60.67	31.47	21.78
	31.75	32.29	32.62	31.79	33.02	35.23	29.08	27.58	32.76	26.92	30.50	31.47	31.25
1997	29.63	28.26	20.26	4.23	0.00	11.51	9.02	8.852	14.03	6.41	0.63	0.00	11.07
	29.82	28.66	28.54	29.69	29.99	30.94	30.00	27.08	30.60	33.66	30.63	27.36	29.75
1998	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.57	91.33	8.34
	25.94	25.80	25.24	24.89	24.72	24.18	24.70	23.90	18.48	19.89	29.68	40.17	25.63
1999	98.30	30.00	32.71	23.98	17.68	18.62	23.07	94.00	61.47	65.01	68.02	106.8	53.31
	38.83	37.70	36.89	37.05	27.88	34.33	25.90	39.91	33.35	33.05	34.63	42.37	35.16
平均	34.78	30.43	24.72	13.47	5.03	14.52	17.74	22.44	25.04	32.80	43.00	53.90	
	29.61	30.50	29.35	29.58	28.79	25.47	22.01	21.79	22.34	24.71	25.97	32.50	

上段 主タービン

下段 補助タービン

出典：NPC アンガットダム管理事務所

表 2-5 アンガットダム地点最大放流記録 (1979～1999)

	日 時	主タービン (m ³ /s)	補助タービン (m ³ /s)	洪水吐 (m ³ /s)	日平均流量 (m ³ /s)
1	12/12/98	126.255	48.400	645.770	820.425
2	11/06/88	131.714	26.973	595.250	753.937
3	12/14/98	153.672	48.120	470.000	671.792
4	12/19/98	159.855	45.990	460.080	665.925
5	10/27/95	142.920	39.400	482.494	664.814
6	12/24/95	135.384	41.592	462.360	639.336
7	12/07/93	116.614	49.528	454.005	620.147
8	12/26/95	149.031	41.602	412.453	603.086
9	12/08/93	122.055	49.120	430.741	601.916
10	12/27/95	120.138	28.987	446.563	595.688

出典：NPCアンガットダム管理事務所

(2) 地形・地質

(a) 地形・地質概要

アンガット川流域の地形地質概要を図 2-2 に、アンガット川調整ダム周辺の地形図を図 2-3 に示す。

アンガット川は、ブランク州東方のオリオド山(EL.1,188m)、クルス山(EL.595m)等の山地に水源を発生し、山間部を南流した後、西流し、ラバンガン川に合流する流域面積 876.9 km²、流路長 75 kmの河川である。

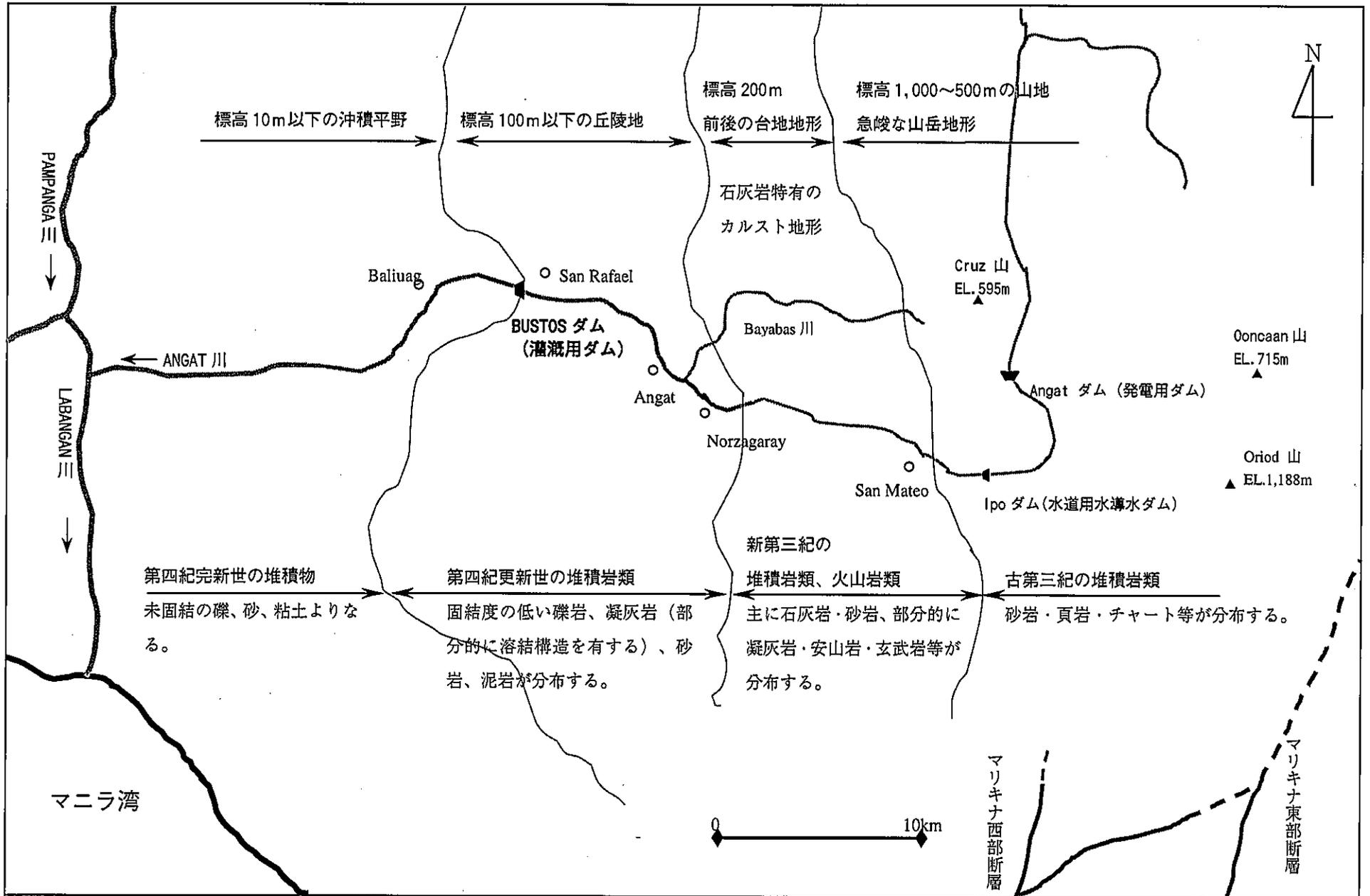


図 2-2 アンガット川流域の地形地質概要

【参考文献】：UMPACAN 地質図幅 [PHILIPPINE BUREAU OF MINES AND GEO-SCIENCES] 及び VFS Quadrangle Maps [PHIVOLCS HP]

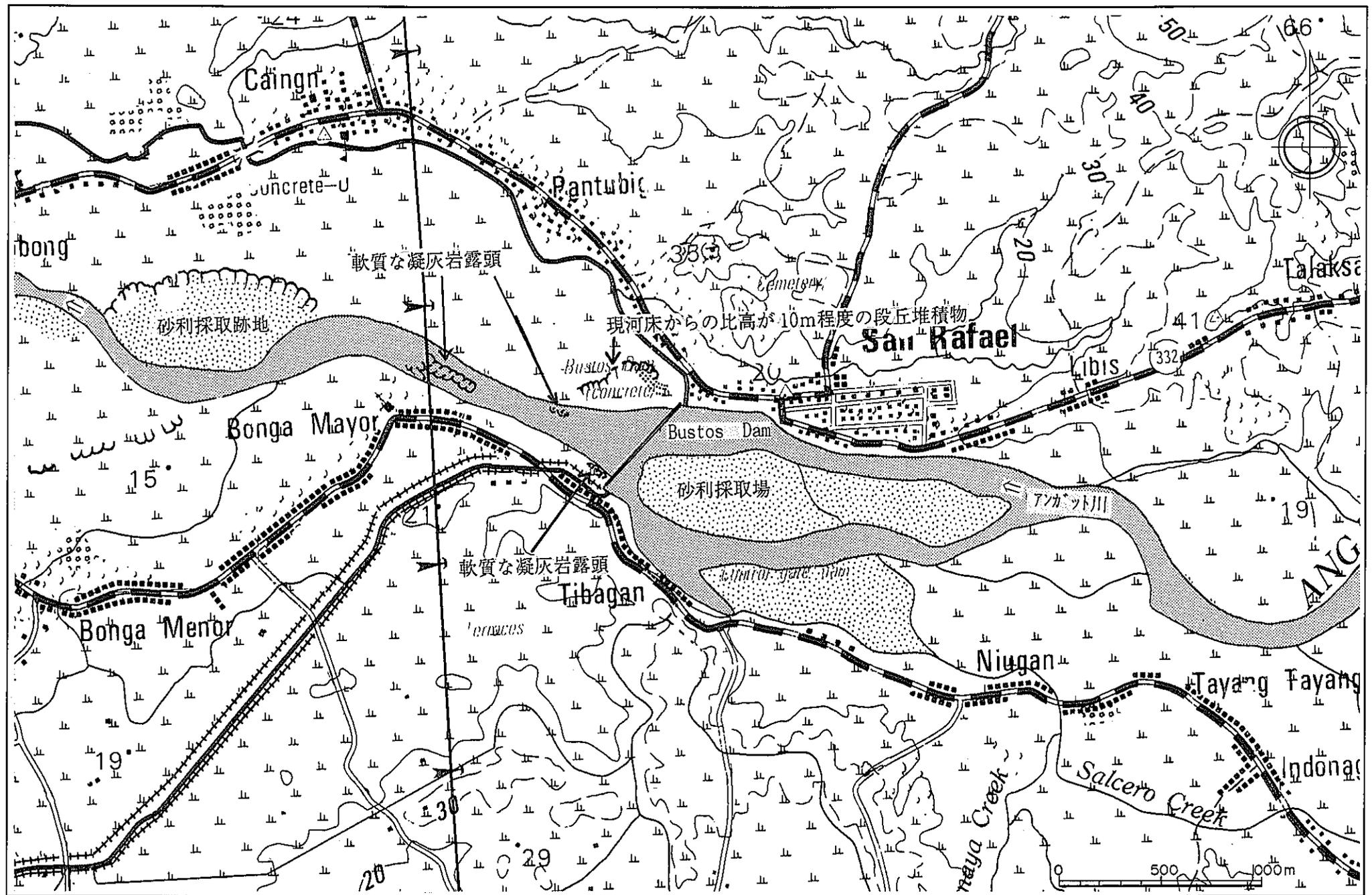


図 2-3 プストスダム周辺の地形 (縮尺 1:25,000 図幅名 MALOLOS1:50,000)

流域の地形は分布する地質を反映しており、大略的には表 2-6 のように区分できる。

表 2-6 アンガット川流域の地形地質的特徴

地域	構成地質	地形及び土地利用等	
ブラカン州西部	サンラファエルより西側 アンガット川 中～下流域	第四紀完新世の堆積物。未固結の礫、砂、粘土よりなる。	標高 10m 以下の沖積平野。平均地形勾配は、ほぼ水平。水田として土地利用が図られている。(アンガット川調整ダムの灌漑地域)
	サンラファエル～ノルザカライ アンガット川 中流域	第四紀更新世の堆積層。軟質な凝灰岩(部分的に溶結構造を有する)、礫岩、砂岩、泥岩が分布する。	標高 100m 以下の丘陵地～扇状地地形。平均地形勾配は 1～5° 前後。水田、畑地としての土地利用が図られている。
ブラカン州東部	ノルザカライ～サンマテオ アンガット川 上～中流域	新第三紀の堆積岩類、火山岩類。主に石灰岩・砂岩、部分的に凝灰岩・安山岩・玄武岩等が分布する。	標高 200m 前後の台地地形。石灰岩特有のカルスト地形を呈し、台地状には凹地(ドリ―ネ等)が点在する。地形勾配は、台地上で 5° 程度、河川沿いの斜面で 20° 程度である。セメントの原料、建築用石材等の採石が行われている。
	サンマテオより東側 アンガット川上流域	古第三紀の堆積岩類。硬質の砂岩や頁岩、チャート等	標高 500～1,000m の急峻な山岳地形。平均地形勾配は 30° 前後。河川沿いには硬質の岩盤が露頭し、両岸斜面が急峻である。アンガットダム、イボダムが建設されている。

本業務の調査対象となっているアンガット川調整ダムは、アンガット川中～下流域の沖積平野と丘陵地～扇状地の境界付近で、標高 10～20m の尾根筋が河川方向に張り出した地形的狭窄部に位置する。ダムサイト付近の地質は、主に現河床の砂礫層を主体とするが、左岸側には軟質な凝灰岩(更新世)が、右岸側には現河床からの比高が 10m 程度の段丘堆積層(締まりの良い砂礫層:更新世と考えられる)が分布する。

(b) 活構造

「フィ」国は、環太平洋列島弧(Circum-Pacific Island arcs)の一部に位置し、地殻変動の活発な地域として知られている。ルソン島では、ピナツボ火山を初めとする活火山や、1990 年「フィ」国地震の地震断層として知られるガバルドン断層、ディグディグ断層等(フィリピン断層系)がこれに代表される。

アンガット川調整ダム半径 50 km 圏内の活構造としては、フィリピン断層系から派生すると考えられるマリキナ断層が挙げられる。マリキナ断層は、マニラ中心街より東方約 5 km のマリキナ川に沿った低地(マリキナ渓谷)の両縁を南北方向に連続する 2 条の断層で、東側がマリキナ東部断層、西側がマリキナ西部断層と称される。

断層の延長や方向性、アンガット川調整ダムとの関係を図 2-4 に示し、表 2-7 に整

理した。マリキナ断層は図 2-5 に示すように、アンガット川調整ダムからの距離が最短でも 25 km以上離れており、アンガット川調整ダム近傍へ連続する方向性を有するものではない。

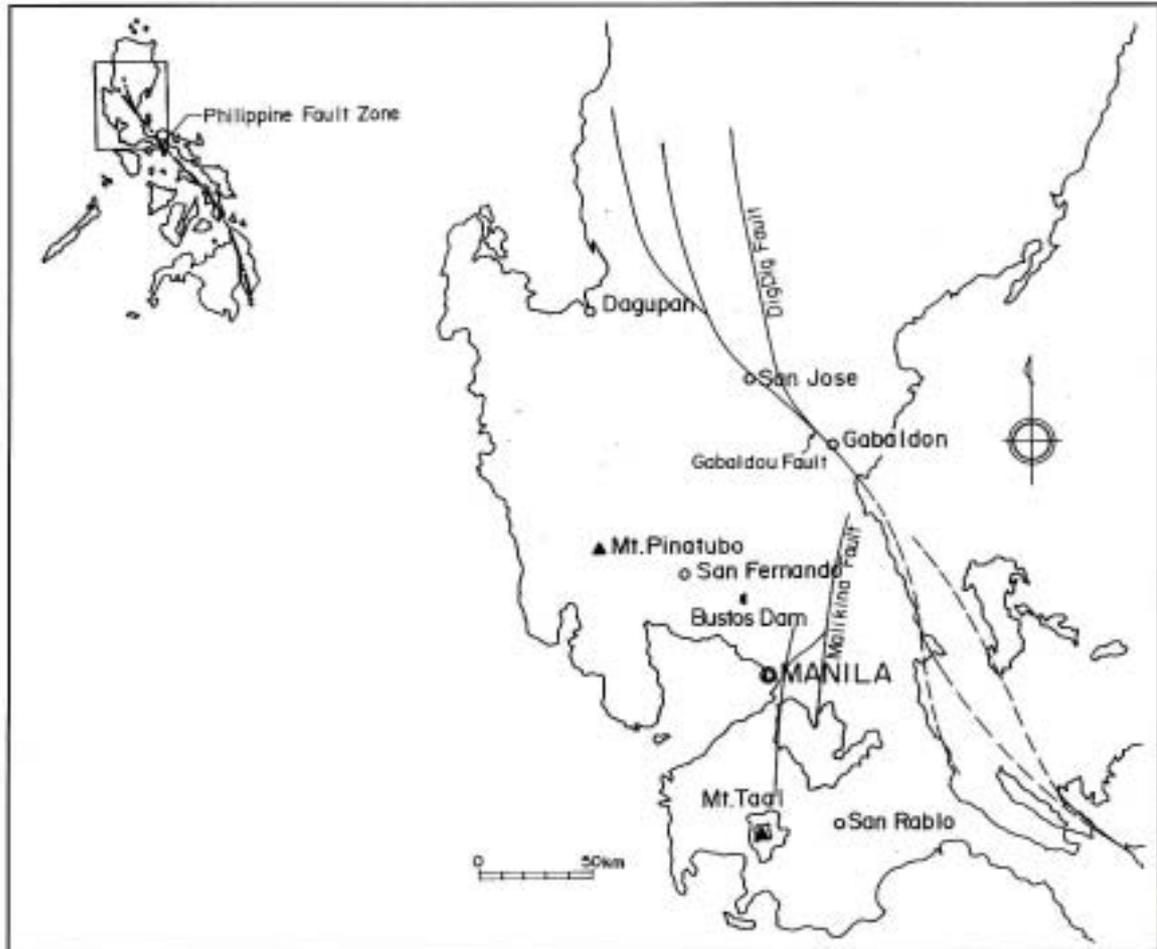


図 2-4 ルソン島中南部の活構造

表 2-7 マリキナ断層とアンガット川調整ダムの関係

断層名	位置	延長	走向	アンガット川調整ダムとの関係	
				最短距離	備考
マリキナ断層	西部断層	約 75 km	NNE-SSW	25 km	ダム近傍へ連続する方向性を有するものではない。
	東部断層	約 80 km	NNE-SSW	30 km	

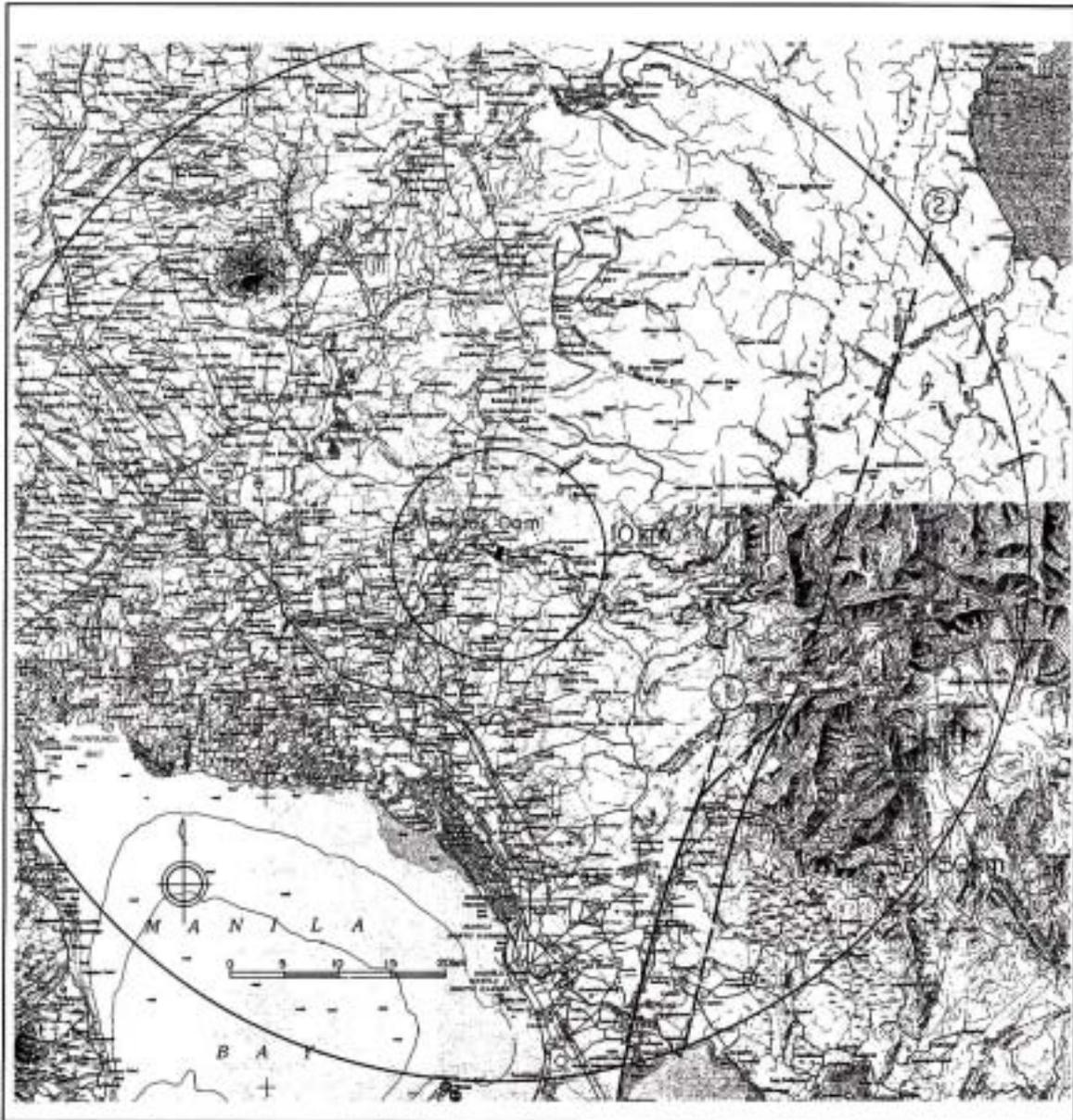


図 2-5 アンガット川調整ダム半径 50 km 圏内の活構造

出典：USPACAN 地質図幅「PHILIPPINE BUREAU OF MINES AND GEO-SCIENCES」及び VFS Quadrangle Maps「PHIVOLCS HP」

(3) アンガット川の河道特性

アンガット川は標高 300 m地点にあるアンガットダムから下流区間を指し、ダムを出た流水は西に向かってサントニーニョ付近まで 75 km 流下し、そこから南に向きを変えて約 16 km 流下してマニラ湾に注ぐ全長約 91 km の河川である。

アンガット川を地形によって区分すると、上流山間地区間、中流扇状地区間、中流自然堤防区間（中間地区間）及びデルタ区間の 4 つに分けられる。

(a) アンガット川上流区間

アンガット川上流区間（パンパンガ合流点より約 48 km 上流地点「ノルサガライ」からアンガットダム区間）は、上流から下流に向け川幅を 30～100 m に変化させ、高さ 80～250 m 程度の深い V 字渓谷を形成して、1/400 程度の急な河床勾配を持つ山地河道区間である。河岸は古第三紀の堆積岩類がイボダム下流 4.5 km 付近まで、ノルサガライまでが、新第三紀の堆積岩類および火山岩類が分布する。アンガット・イボ両ダムの建設により土砂の下流への供給が止められ河床は低下傾向にある。

(b) アンガット川中流区間（扇状地区間）

ノルサガライ地点からアンガット川調整ダム 8 km 上流までの河道は、標高 100 m から 20 m 程度に変化する扇状地を流れる。この間、川幅は 100 m から 200 m に変化し、河床勾配は 1/700 程度である。この区間の河道は緩やかに蛇行して流れている。ノルサカライ橋とアンガット橋の橋脚基礎の露出度合いから判断して著しく河床が低下していることがうかがえる。河岸材料は、第四紀更新世の堆積岩類が中心である。

(c) アンガット川中流自然堤防区間（中間地区間）

アンガット川調整ダム 8 km 上流から下流約 10 km（プラリデル周辺）までが標高が 20 から 10 m 程度の中間地区間といえる。川幅は 150～100 m 程度、河床勾配 1/1500 で河道はやや蛇行が多くなる。河床材料は平均 2 cm 程度の砂礫が主体である。

(d) アンガット川下流区間（デルタ区間）

アンガット川下流区間としては、プラリデル周辺からパンパンガ川合流地点を指し、これより下流マニラ湾まではラバガン放水路と呼ぶ。アンガット川下流区間の地形は標高 10 m から 2 m、ラバガン放水路区間は 2 m 以下の沖積平野であり、河床勾配もそれぞれ 1/3000 及び 1/7000 程度の緩やかさである。河道の蛇行はマニラ湾に近づくほど著しくなり、ラバガン放水路はこれを直線的に改修した人工河川である。

今回の現地調査結果をもとにアンガット川をセグメントに区分し（河川砂防技術基準（案）に示される河道区分）、その特性を表 2-8 に示す。また、図 2-6 にアンガット川の平面地形区分を、図 2-7 に現況縦断図を示す。

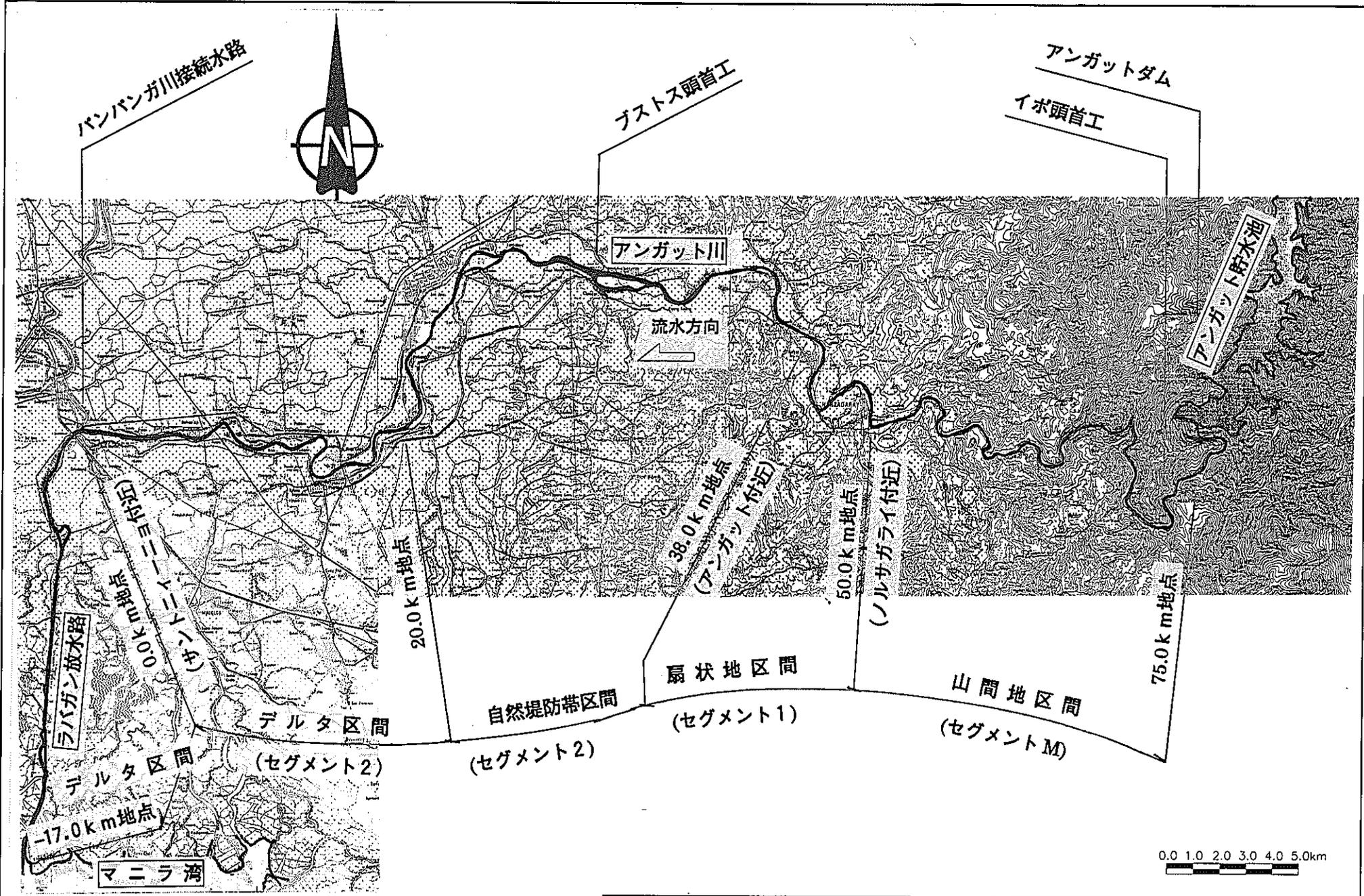


図 2-6 アンガット川の平面地形区分

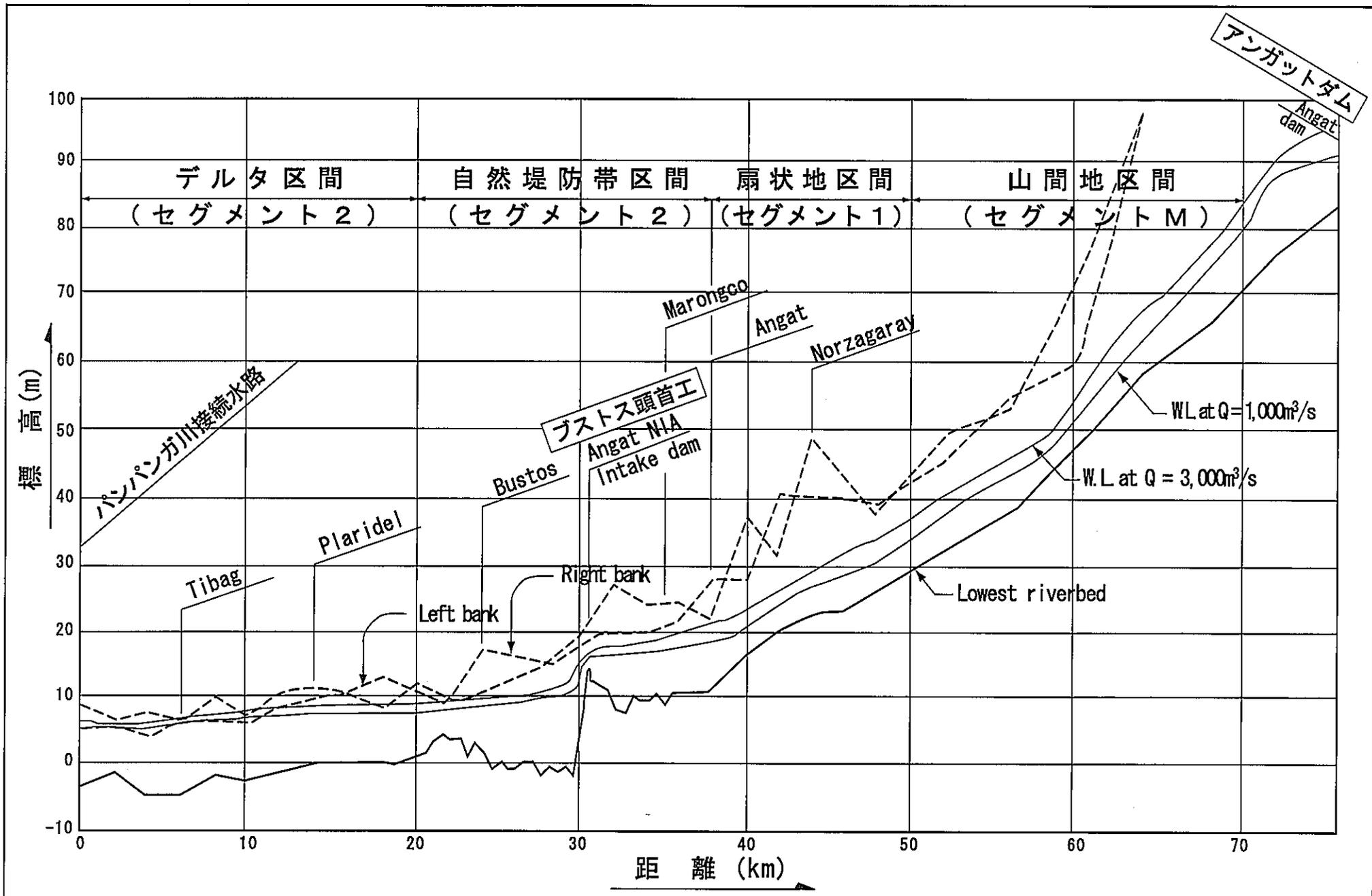


図2-7 アンガット川現況縦断図

表 2-8 各河道セグメントとその特徴

河道区間	50km～75km 区間 (ノルサガライ～ アンガットダム)	30km～50km 区間 (アンガット川調整 ダム～ ノルサガライ)	20km～30km 区間 (プラリデル～ アンガット川調整 ダム)	0km～20km 区間 (プラリデル～ パンパンガ川)
セグメント区分	セグメント M	セグメント 1	セグメント 2	セグメント 2
地形区分	山間地	扇状地	中間地	デルタ
平均河床勾配	1/420	1/1000	1/1450	1/3000
河床材料粒径 (mm)	多種多様	20～80	20～30	0.3 mm以下 (推定)
河岸構成物質	古第三紀の堆積岩 類 (砂岩・頁岩・チャ ート等が分布す る。)	新第三紀の堆積岩 類及び第四紀更新 世の堆積岩類 (砂岩・石灰岩等)	第四紀完新世の堆 積物 (未固結の礫、砂、 粘土等)	同左
蛇行程度	曲がりが多い	やや多い	やや多い	少ない
河岸侵食程度	非常に激しい	大きい	中	小

(4) 砂利採取と河道の変化

砂利採取については、マニラ近郊での建設ラッシュを背景に 80 年代前半までアンガット川調整ダムの下流部で頻繁に行われていた。これは、許可を持つ業者および許可を持たない業者が入り乱れて採取を行ったためで、第 2 水叩き増設時(1972 年)から 1990 年代までの砂利採取量については定かでない。現在においては、アンガット川調整ダム下流部での砂利採取は規制対象区域となり、原則的に河床付近での砂利採取は行われていない。また、アンガット川に対する生産土砂は、アンガットダム、イポダムにより定期的な排出は行われておらず、洪水期において、イポダムより下流の区間が河岸侵食を受け、アンガット川調整ダム直上流の貯水池に堆積する結果となる。またアンガット川調整ダム下流においても洪水期に含まれるものとしても浮遊性の土砂であり、アンガット川に堆積せず、そのままアンガット下流に運ばれている。そのため、過度の砂利採取が加速的にアンガット川、特に、アンガット川調整ダム下流の河床を低下させた一因であると考えられる。

砂利採取場となる条件として河道湾曲部の内側、また急縮および急拡の上下流部など流速が急速に低下する個所に存在している。

今回の対象地域において、砂利採取が過去に行われたところ及び現在行われている個所を表 2-9 に示す。

表 2-9 対象地域における砂利採取状況

	砂利採取位置	範囲	砂利採取の進行	備考
1	パンパンガ川合流点より約 48.0km 上流	0.89km ² (左岸)	現在は行われていない	ノルサガライ直上流
2	パンパンガ川合流点より約 43.5km 上流	0.54km ² (右岸)	現在は行われていない	ノルサガライ直下流
3	パンパンガ川合流点より約 40.5km 上流	0.48km ² (右岸)	現在は行われていない	バヤバス川合流点
4	パンパンガ川合流点より約 35.0km 上流	1.49km ² (左岸)	現在進行している	
5	パンパンガ川合流点より約 31.0km 上流	1.26km ² (左岸)	現在進行している	アンガット川調整ダム貯水池内
6	パンパンガ川合流点より約 28.0km 上流	0.77km ² (右岸)	現在進行している (高水敷の地山を対象としている)	アンガット川調整ダム下流部
7	パンパンガ川合流点より約 17.0km 上流	0.18km ² (左岸)	現在は行われていない	

(5) 魚類・植生等

「フィ」国では、およそ 13,500 種の植物と 17,000 種の動物が確認されており、生物多様性に富んだ国の一つである。環境天然資源省(DENR)の第三地方局で確認したところ、過去にアンガット川についての魚類や植生の分布調査は実施されていないとのことであるが、ルソン島の他の地域と比較して魚類や植生の分布についてアンガット川が特異な生態系を確立しているとは考えにくい。

NIA での聞き取り調査及び現地踏査を実施したところ、魚類については、ティラピアやナマズ類などが生息しており、ティラピアはアンガット川のほぼ全域で小規模な養殖を実施していることが確認された。この他にも貝類やエビなどもアンガット川調整ダム周辺で生息が確認されている。

フィリピン環境報告(Philippine Environmental Quality Report 1990-1995)によれば、中部ルソン地方の流域森林面積は 221,385 ha (1995 年)で、「フィ」国のおよそ 16.2 % を占めており、地方別では第一位の流域森林面積となっており、1990 年から 1995 年までの面積の推移に大きな変化はない。

(6) 河川の水質

アンガット川の水質は、現在のところ比較的良好な状況にあるといえる。しかしながら、生活雑排水や農業排水の流入量増加により、今後悪化する可能性は否定できない。アンガット川調整ダム周辺の水質は、有機物質に加え、窒素、リンといった栄養塩類の増加による藻類や浮き草の大量発生が見受けられ、これらが原因と推定される悪臭も発生している。このような有機物質や栄養塩類の増加がさらに進行すれば、流域住民からの苦情が発生する可能性がある。しかしながら流域には有害物質を排出する可能性のある工場等は現在のところ存在しておらず、有害物質によって健康に致命的な状況を与える可能性は低い。た

だし、水因性疾病を引き起こす細菌・ウイルスや害虫の現状は不明である。

フィリピン環境報告(**Philippine Environmental Quality Report 1990-1995**)によれば、アンガット川の水質は、「フィ」国政府が定める水質基準(表 2-10 参照)によって上流で B 類型、下流で C 類型と分類されている。

表 2-10 フィリピン国政府が定める水質環境基準(淡水・表流水)

類型	利用目的の適応性
AA	公共飲料用水(クラス I)
A	公共飲料用水(クラス II)
B	レクリエーション用(クラス I)
C	水産用、レクリエーション用(クラス II)、工業用水(クラス I)
D	農業・灌漑・畜産等用、工業用水(クラス II)、その他

出典 : Philippine Environmental Quality Report 1990-1995

このようなことからアンガット川の水は飲料用として使用する範囲の水質ではないが、レクリエーションや水産、農業、灌漑、畜産分野で使用できる水質であることが分かる。

2-4-2 社会条件

(1) 人口

本計画のサイトが位置する中部ルソン地方 (Region III) の人口を表 2-11 に示す。本計画の主な受益地域であるブラカン州の人口増加率は、同地方の他州と比較して高い状況にある。このようなことから 2007 年でのブラカン州の人口は 260 万人を超えると Provincial Physical Framework Plan では推定している。

表 2-11 中部ルソン地方 (Region III) における州別の人口及び人口増加率

州	人口		年増加率 (%)	推定人口
	(1990)	(1995)	(1990-1995)	(2007)
バットン	425,803	491,459	2.91	693,355
ブラカン	1,505,219	1,784,441	3.46	2,684,530
ヌエバ・エシア	1,312,680	1,505,827	2.78	2,093,409
パンパンガ	1,532,615	1,635,767	1.31	1,912,553
ターラック	859,708	945,810	1.93	1,189,299
サンパレス	562,992	562,266	0.22	584,610
合計	6,196,017	6,932,017	2.27	9,157,756

出典：Provincial Physical Framework Plan

本計画の受益地域は AMRIS 灌漑地区と呼ばれ、大きくアンガット川の左岸側 (南側) と右岸側 (北側) に分けることができる。受益地域の大半はブラカン州内であるが、一部パンパンガ州内にも含まれている。1995 年に実施した国勢調査によると、AMRIS 灌漑地区の人口は表 2-12 に示すとおりおよそ 127 万人である。この内、ブラカン州 AMRIS 灌漑地区の受益農民人口は 16,574 人 (1996 年) とされている。

表 2-12 AMRIS 灌漑地区の人口 (1995 年)

州 Province	町 Municipality	人口	州 Province	町 Municipality	人口	
ブラカン	アンガット	39,037	ブラカン	パンディ	40,520	
	パラグタス	49,210		パオンボン	33,149	
	パリアグ	103,054		プラリデル	66,355	
	ボカエ	69,718		プリラン	59,682	
	ブラカン	54,236		サ・イルデフォンソ	69,319	
	ブストス	41,372		サン・ラファエル	58,387	
	カルムビット	70,839		パンパンガ	アパリ	65,720
	ギギン	52,575			カンダバ	77,546
	ハグノイ	99,423			サン・ルイス	36,005
マロロス (州都)	147,414	サン・シモン	35,474			
合計					1,269,035	

出典：1995 Census of Population Central Luzon

(2) 産業

ブラカン州がある中部ルソン地方の主要な産業は農業であり、同地方はフィリピン有数の穀倉地帯となっている。表 2-13 にブラカン州における農業の概況を示すが、特に米は主要な農産物で全農地面積の 90 %を超えている。

表 2-13 ブラカン州における農業の概況 (1998 年)

農産物	農地面積 (ha)	農民人口	生産量 (Ton)
米	42,135	24,896	175,703
- 灌漑地域	27,078	15,839	81,234
- 天水地域			
とうもろこし	1,315	1,587	4,064
根菜類	108	216	427
豆類	316	577	233
葉菜類	80	598	709
果菜類	233	507	625
香辛料	61	199	214
マンゴ	1,765	1,059	6,178
ココナッツ	26	1,583	34
ゲヤバノ	94	123	75
カシューナッツ	2	25	5
バナナ	164	466	1,148

出典：農業省 (DOA) 第三地方局資料より

ブラカン州における畜産業の概況を表 2-14 に示す。

表 2-14 ブラカン州における畜産業の概況 (1998 年)

畜産物	農民・畜産従事者数	畜産物数量
水牛	2,485	19,885
牛	449	33,649
豚	26,533	663,327
ヤギ	455	20,004
鶏 (鶏卵用)	482	1,205,549
鶏 (鶏肉用)	964	4,823,862
鴨・アヒル	230	230,252

出典：DOA 第三地方局資料

ブラカン州における水産業 (内水域における養殖) の概況を表 2-15 に示す。

表 2-15 ブラカン州における水産業 (内水域における養殖) の概況 (1998 年)

種類	養殖面積 (ha)	生産量 (百万 Ton)	従事者数
淡水域	231.85	2,335	1,259
塩水域	20,300.97	43,546	1,951

出典：DOA 第三地方局資料

このように農業、畜産業及び畜産業がブラカン州にとって重要な役割を担っているが、近年の工業化・都市化により農林畜産業分野の従事者は減少の傾向にある。これに反してインフラ分野や建設業、そしてサービス分野に従事する割合が急増している。表 2-16 にブラカン州における産業別の雇用者増加率を示す。

表 2-16 ブラカン州における産業別雇用者の増加率

産業	雇用者数		増加率	推定雇用者数
	1990年	1995年	1990年～1995年	2007年
農林業	95,363	94,074	-1.35	88,073
鉱業・採石	1,970	2,061	4.62	2,493
製造業	100,413	113,051	12.59	171,718
建設業	43,923	61,587	40.22	143,586
電気・ガス・水道	3,125	6,752	116.06	23,603
サービス	193,569	252,509	30.45	526,154
貿易	61,472	73,201	19.08	127,643
合計	499,835	603,235	20.69	1,083,270

出典：Provincial Physical Framework Plan

(3) 土地利用

ブラカン州の土地利用状況を表 2-17 に示す。

表 2-17 ブラカン州の土地利用状況

利用分野	面積 (km ²)	割合 (%)
農地	965	36.7
養魚池	170	6.4
草原・牧草地	600	22.9
森林	757	28.9
その他	133	5.1
合計	2,625	100.0

出典：Provincial Physical Framework Plan

ブラカン州の最東部に森林、その西側に草原・牧草地が続き、中部より海岸付近まで農地が広がっている。海岸地域には養魚池が存在している。また道路周辺は開発が進められており、住宅や産業を目的として利用されている。

(4) 社会基盤整備状況

プロジェクトサイトのあるブラカン州の社会基盤は、北ルソン高速道路、ニノイ・アキノ国際空港及びマニラ港など、マニラ首都圏の近郊という良好な地理的条件に支えられ、中部ルソン地方の他州と比較して整備状況が進んでいる。表 2-18 に中部ルソン地方の州別の人口及び人口増加率を示すが、この表からもブラカン州が急速に発展していることが伺える。

表 2-18 中部ルソン地方 (Region III) における州別の人口及び人口増加率

州	人口		年増加率 (%)	推定人口
	(1990)	(1995)	(1990-1995)	(2007)
バットン	425,803	491,459	2.91	693,355
ブラカン	1,505,219	1,784,441	3.46	2,684,530
ヌエバ・エシア	1,312,680	1,505,827	2.78	2,093,409
パンパンガ	1,532,615	1,635,767	1.31	1,912,553
ターラック	859,708	945,810	1.93	1,189,299
サンパレス	562,992	562,266	0.22	584,610
合計	6,196,017	6,932,017	2.27	9,157,756

出典：Provincial Physical Framework Plan

このような背景から、社会基盤の現状によってプロジェクトの進捗が大きく影響することはほとんどないものと推察される。現在のブラカン州における社会基盤整備状況は、Provincial Physical Framework Plan Province of Bulacan 1998-2007 によれば以下の通りである。

(a) 輸送

(i) 陸上輸送 (道路)

ブラカン州内の輸送は主に車輜によって行われている。ブラカン州西部には北ルソン高速道路が縦断し、マニラ首都圏を接続するブラカン州の基幹道路となっている。また州内には、一般道である国道や州道が張り巡らされており、ブラカン州の物流を担っている。国が管理する道路の総延長は 302.451 km で、その内北ルソン高速道路は 36.1 km である。

(ii) 陸上輸送 (鉄道)

鉄道網は現存しているが、現在は使用されておらず、輸送の担い手とはなっていない。

(iii) 航空輸送

ブラカン州にはプラリデルに空港が存在しているが、旅客・物流の拠点となっている空港はマニラ首都圏のニノイ・アキノ国際空港である。

(iv) 海上輸送

漁港は、マニラ湾沿いのハグノイ、パオンボン、ブラカン及びオバンドの 4 箇所に存在している。しかしながらブラカン州が利用する商業港及び国際港としては、マニラ首都圏及びバットン地方の港となる。

(b) 通信

ブラカン州内 24 町の内、22 町に電話回線が普及している。現在ブラカン州では 4 社

(PLDT、DIGITEL、SMARTCOM 及び DATELCOM) の電話会社が存在し、また携帯電話の普及により、通信状況は急速に改善している。1996 年現在で 40,136 回線が既に開設しており、さらに 2007 年までに 38,363 回線を増設するよう要請しているところである。

(c) 上水道

ブラカン州の上水を運営・維持管理しているのは、地方水道事業庁 (LWSA) 及び村落上下水道協会 (RWSA) の 2 組織である。ブラカン州の主な上水道源は地下水で、戸別に地下水を導水する方法 (レベル III) もしくはハンドポンプによって導水する方法 (レベル I) が一般的である。レベル III による上水道普及状況を表 2-19 に示す。

表 2-19 ブラカン州におけるレベル III 上水道普及状況 (1996 年)

対象地域の全世帯数	317,297
レベル III 上水道普及世帯数	74,211
レベル III 上水道普及人口	380,010
貯水池数	32
井戸数	105

* Provincial Physical Framework Plan, Province of Bulacan (1998-2007)

レベル III による上水道普及率は対世帯数当たり 23.4 % である。残りの世帯の大半は、ハンドポンプなどの公共水源を利用していると考えられるが、表流水を未処理のまま直接利用している世帯の存在も否定できない。なお、アンガット川上流域にマニラ首都圏上下水道システム (MWSS) が運営・管理するイポダムがあるが、ここで確保された水はマニラ首都圏へ供給されている。

(d) 電力

ブラカン州の電力はマニラ電力会社 (MERALCO) によって供給されている。総供給電力量は 2,129.5MVA で、対象地域の世帯数当たり 97.7%(1996 年) に供給している。ブラカン州には、国家電力公社 (NPC) が運営するアンガット水力発電所があり、およそ 228MW の発電能力を保有している。

2-4-3 既存施設の状況

(1) アンガット川調整ダムの歴史

アンガット川調整ダムは 1926 年に約 25,000 ha の灌漑用頭首工として建設された固定堰である。当時の灌漑取水水位は EL.15.00 m で、固定堰の天端標高も同様に EL.15.00 m (堰高 3.00 m) に定められ、洪水に対しては完全な自然越流型の堰であった。堰本体の長さは水叩き部を含めて 26.10 m で、上下流端底面部に鋼製の止水矢板が打たれている。

その後数度にわたり維持・補修工事が行われた。1967 年上流にアンガットダムが建設されたのに伴い、アンガット川調整ダムを逆調節池として河川水の有効利用を図るために 6 門から成る鋼製のセクターゲートが固定堰の天端に増設され、灌漑取水水位は 2.5 m 堰き上げられ EL.17.50 m に定められた（堰高 5.50 m）。またこの工事に伴って堰上流側に水叩きが設けられ、下流側の水叩きも 28.25 m 分延長された。

その後、1972 年 7 月、8 月及び 9 月に襲った台風により下流水叩き及び護床工が崩壊したために、1974 年堰本体の安定を保持すべく落差 3.0 m、総水叩き延長 23.75 m をもつ落差工（副ダムとも呼ぶ）、延長 20.0 m の捨石による護床工、及び左右岸にはコンクリートの河岸保護工が設けられた。

しかしセクターゲート完成後、導流管内への土砂の混入や機械的な原因等のためゲートの操作が困難となり、1980 年代後半からは全開状態からのゲートに自動起立ができなくなった。1990 年 9 月 1 日台風イリアングによってアンガット川が増水し、セクターゲート操作中 No.1 セクターゲートがバランスを失い流出するという事故が発生した。これ以降このゲートの代りにふとん籠が積み上げられ取水水位は EL.17.50 m に維持された。

このようにセクターゲートは 1990 年以降ほとんど操作不能となり、取水堰としての機能を果たさなくなった。そこで機能回復を図るため 1996 年になって我が国の無償資金協力によりセクターゲートからゴム引布製起伏ゲート（ラバーゲート）へ変更する改修工事が実施され、1998 年に完成した。この改修工事は表 2-20 に示すような施設が対象となっている。

表 2-20 アンガット川調整ダムの改修状況

項目	内容及び諸元
1. 洪水吐けゲートの交換及び改修	ラバーゲート 6 門、L=79.0m, H=2.5m
2. 土砂吐けゲートの交換及び改修	左岸 2 門、鋼製ローラーゲート、B=4.6m、H=4.5m 右岸 1 門、鋼製ローラーゲート、B=6.1m、H=4.5m
3. 左右岸取水ゲートの交換及び改修	左岸 12 門、スライドゲート、B=1.72m、H=1.00m 右岸 10 門、スライドゲート、B=1.72m、H=1.00m
4. 2 段目水叩きの一部補修と左岸側護床工の設置	
5. 右岸土砂吐け直下流の護岸工の補修と導流堤の新設	盛土と玉石コンクリート護岸 盛土とふとん籠による導流護岸
6. ゲート操作維持管理に必要な警報システム及び施設の改善	
7. 管理事務所の補修	

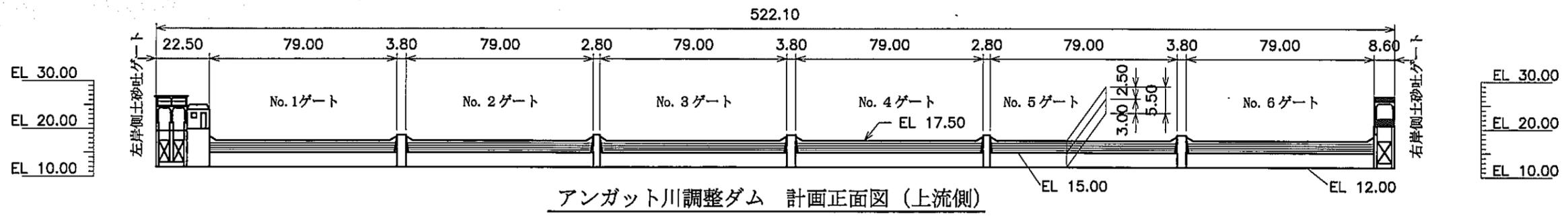
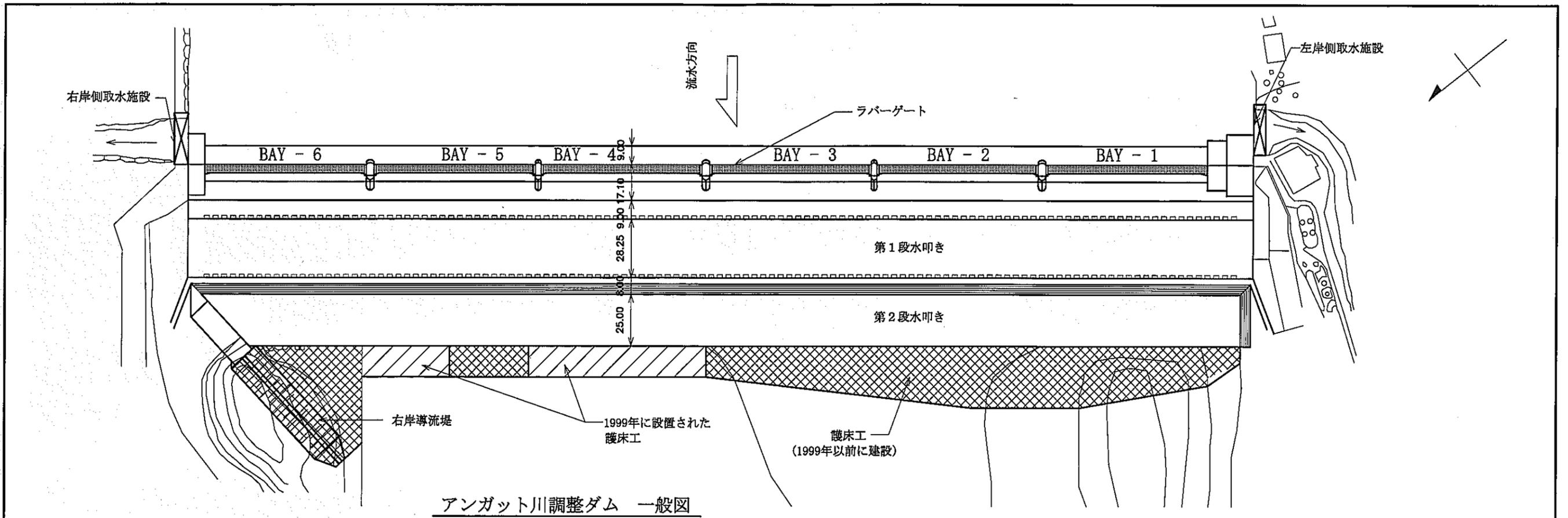
本調整ダムに関するこれまでの改修・補修工事の経過を、表 2-21 に整理した。

(2) 主要構造物の概要

調整ダムの構造と主要寸法を図 2-8 に示し、以下にその構造概要を述べる。

表 2-21 ブストスダム構造の改修、補修の変遷

施設諸元	1926 年	1967 年	1974 年	1990 年	1998 年
ブストスダム本体部					
- 洪水吐	完全越流型固定堰 17.1m (水叩き含む)	全可動式洪水吐 (オルバー式)、L=17.1m	同左	同左	同左
- 洪水吐堰高	EL.15.00 m	同左	同左	同左	同左
- 洪水吐ゲート	-	セクターゲート 79m x 2.5m x 6門	同左	同左、No.1 ゲートの流出のためふとん籠による洪水吐けの封鎖	ラバーゲート 79m x 2.5m x 6門
- ゲート天端標高	-	EL.17.25 m	同左	同左	同左
- 土砂吐ゲート		ストニー式ローゲート 右岸:6.1m x 4.5m x 1門 左岸:4.6m x 4.5m x 2門	同左	1994年8月より左岸の第2ゲートの操作が困難	鋼製ローゲート 右岸:6.1m x 4.5m x 1門 左岸:4.5m x 4.5m x 2門
問題点			1980年代からセクターゲート内に土砂混入、機械的トラブルが多発。操作困難となる。	No.1 セクターゲートの流出、ふとん籠による洪水吐 No.1 の封鎖	
上流側水叩き	-	9.0 m、遮水矢板	同左	同左	同左
下流側水叩き					
- 1 段目水叩き		37.25 m	1973年に1段目水叩き陥没部の補修を行った。	同左	同左 バツフルピアの補修
- 落差工 (副ダム)	-	-	H = 3.0 m の落差工	同左	同左
- 2 段目水叩き	-	-	L ₁ = 8.0 m、L ₂ = 25 m 幅員 = 522 m		
護床工			15m x 520m、巨石積み 1974年以降数回の補修	同左	
左岸護岸工			護岸の施工		
右岸護岸工			護岸の施工		コンクリート護岸の一部脱落及び陥没のため応急補修工事実施。
水叩き下流の河床高	EL.12.0 m 程度	EL.12.0 m ~ EL.10.0 m	EL.10.0 m ~ EL.9.0 m	EL.9.0 m ~ EL.8.0 m	EL.8.0 m ~ EL.6.5 m
問題点			1972年、水叩き下流河床の低下により水叩きの一部が陥没破壊した。		1998年12月、河床の異常洗掘により2段目水叩き下流部の陥没と止水矢板の破壊発生



注) すべての寸法、標高、水位等はメーター表示である。
EL:標高、WL:水位

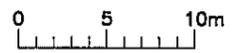
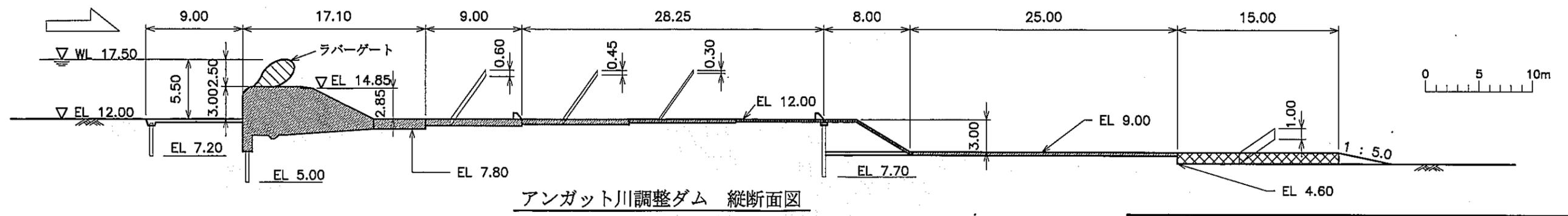


図 2-8 アンガット川調整ダム一般構造図

(a) 洪水吐

i) 本体コンクリート

本堰体は 1926 年に建設された固定堰の上に 1967 年にセクターゲートを取り付けるためにコンクリートを打ち継いだもので厚さは最大で約 5.0 m にも達する。堰本体は長年の流水の影響により、下流側表面に摩耗やコンクリートの層状剥離がみられるが全体的に軽微である。堰体部のボーリングにより抽出したコンクリートコアの目視による観察では、コンクリート中にひびわれ、劣化、材料の風化等の変化がまったく見られず、コンクリートの材質は良好と判断される。また、シュミットハンマーによるコンクリート圧縮強度判定を実施したが（表 2-22 参照）構造上必要な強度を有している。堰本体は N 値が 40 以上の締まった砂礫地盤の上に建設されている。

表 2-22 シュミットハンマーによる既設コンクリート表面の強度試験

構造物名	試験位置	打撃指数					平均打撃 指数	強度 (Nt/cm ²)
堰本体	No.1	34	33	36	35	36	34.8	27
	No.2	38	40	32	28	34	34.4	26
	No.3	30	33	34	33	32	32.4	24
	No.4	32	32	30	34	30	31.6	23
	No.5	35	30	32	34	34	33.0	24
	No.6	33	37	40	36	38	36.8	29
堰柱部	No.1	34	40	34	36	38	36.4	29
	No.2	40	46	43	37	33	39.8	35
	No.3	45	47	44	46	44	45.2	42
	No.4	42	34	42	39	41	39.6	35
	No.5	44	46	42	44	40	43.2	37
第1水叩き (中間部)	No.1	29	38	35	38	36	35.2	31
	No.2	36	28	28	33	31	31.2	31
	No.3	36	31	30	34	33	32.8	28
	No.4	36	34	30	36	34	34.0	30
	No.5	26	38	32	28	30	30.8	26
	No.6	24	28	36	32	32	30.4	23
第1水叩き (下流端)	No.1	30	31	33	31	29	30.8	25
	No.2	29	32	33	34	26	30.8	25
	No.3	36	33	28	36	35	33.6	29
	No.4	36	38	36	28	24	32.4	27
	No.5	40	38	42	33	36	37.8	35
	No.6	34	34	32	39	34	34.6	31
第2水叩き (下流端部)	No.1	水深深く測定不可						
	No.2							
	No.3							
	No.4							
	No.5							
	No.6							
左岸土砂吐床版 左岸土砂吐擁壁 左岸取付護岸(第1段) 左岸取付護岸(第2段)		26	29	30	31	42	31.6	26
		41	33	42	44	36	39.2	33
		33	41	42	42	38	39.2	33
		34	36	30	30	30	32.0	23
右岸土砂吐床版 右岸土砂吐擁壁 右岸取付護岸(第1段) 右岸取付護岸(第2段)		44	42	46	45	40	43.4	39
		42	38	40	38	44	40.4	35
		32	28	30	34	32	31.2	22

日時 : 2000年3月31日

場所 : アンガット灌漑用調整ダム

器具及び方法 : シュミットハンマー直角打撃試験 (N/NR, N-34)

ii) ラバーゲート

長さが 79.0 m、扉高 2.5 m のラバーゲートが 6 門(左岸側から右岸に向かって Bay 1 ~ Bay 6 と呼ばれている)が旧セクターゲートに代って 1998 年 3 月に設置された。Bay 3 に設置されたラバーゲートは 1999 年 8 月 3 日アンガット川調整ダム調整池の浚渫工事に使われていた鋼製バージの衝突を受け、ゴム本体が数十メートルにわたり切断され破壊に至った。1999 年 4 月現在、日本の無償資金協力による新規ラバーゲートの取替えを受けるべく工事手続きが進行中であり、この間ふとん籠と土のうによる仮締切り工が施されダム調整池の取水水位である EL.17.50 m を維持している。

なお、本ラバーゲートの構造及び操作仕様は表 2-23 に示すとおりとなっている。

表 2-23 ラバーゲートの構造及び操作仕様

項目	仕様
設計扉高、長さ(1 門当り)	H = 2.50 m、L = 79.0 m
膨張媒体	空気方式
設計内圧	0.26 kgf/cm ²
倒伏時間	約 60 分
起立時間	約 60 分

(b) 土砂吐

i) コンクリート構造物

土砂吐は左右岸にそれぞれあり、その構造は屋根付き門型鉄筋コンクリート構造物である。下部工は堰本体と同時期に施工されたものであるが、上部工は 1976 年のアンガット川調整ダム改修時に改築されたものである。既設堰柱や側壁は目視による観察によればコンクリート表面に軽微な摩耗が見られるが、ひび割れ、剥離、欠損等の損傷は見られない。またシュミットハンマーによる強度判定を実施したが既存コンクリートは十分所要強度を満足している。

右岸土砂吐の側壁に水抜きパイプが数本設置されており、その内の 1 ヶ所から地下水が湧き出ている。

ii) 土砂吐ゲート

本土砂吐ゲートは我が国の無償資金協力によって 1998 年旧ストニー式鋼製ローラーゲートに代って設置された引上式鋼製ローラーゲートであり、設計諸元は表 2-24 に示すとおりである。

表 2-24 土砂吐ゲートの設計諸元

項目	右岸土砂吐ゲート	左岸土砂吐ゲート
門数	1 門	2 門
純径間	6.10 m	4.60 m
扉高	4.50 m	4.50 m
ゲート敷高	EL.13.00 m	EL.13.00 m
設計水位	EL.18.00 m	EL.18.00 m
堆砂面高	EL.13.50 m	EL.13.50 m
水密方式	後方 3 方ゴム水密	後方 3 方ゴム水密
開閉装置形式	電動ラック方式	電動ラック方式
開閉速度	0.30 m / 分	0.30 m / 分

右岸ゲートはアンダーフロー時に戸あたり部分から漏水が見られたが特に問題になる程度ではない。

(c) 水叩き及び護床工

(i) 1 段目水叩き

堰本体末端部より落差工(副ダム)までの水叩き床版で、標高 EL.12.00 m、幅 520 m、長さ 37.25 m、厚さが 0.70 から 0.30 m まで変化している。この水叩きは 1967 年に実施されたセクターゲートの設置に合わせて建設されたのものである。水叩きは締まった砂礫地盤の上に乗っている。

収集した資料及び現地密度試験用テストピットのコンクリートの観察によれば、この水叩きは4つの区間からなっており、厚さは上流側から 0.70 m、0.45 m、0.30 m、0.30 m であり、上流側の2つの区間は無筋コンクリート、下流側の2つは鉄筋コンクリートとなっている。上流側の2つの区間は 1.6 m×1.6 m の正方形のコンクリートブロックを敷き詰めた構造で、下流側は連続したスラブ構造となっている。記録によれば 1968 年に Bay 2、3 及び 5 の下流に位置する水叩きの下流端部が河床低下の影響を受け破壊したため、破壊されたコンクリートスラブの上に新たに鉄筋コンクリートスラブを打ち原形復旧したようである。さらに末端部エンドシルの下に鋼矢板が打設された。

右岸側土砂吐直下流部のコンクリートブロック床版は沈下を起こしており、標高 EL.12.00 m を維持するために厚さ 10 cm 程度のコンクリートスラブを施工したようだが、このコンクリートスラブがいたるところで剥離している。

地下レーダー調査結果と現地密度試験用ピットの観察によれば、一部のエリアにおいて水叩きの下部地盤に空洞が発生していることが確認された。しかし地下水面は確認されていない(“2.6.2 地下レーダー調査”を参照のこと)。

(ii) 2 段目水叩き(落差工を含む)

1967 年から 1973 年にかけて 1 段目水叩き下流河床に洗掘が進み、堰本体の安定を

脅かすほど河床が下がったため、1974年に落差工（副ダム）を含む本水叩きが建設された。

落差工(副ダム)の上流端から水叩き末端までの全延長は33.0mで、幅員は520m、落差工頂部の標高はEL.12.000m、水叩き部でEL.9.000m、落差3.0mである。落差工は傾斜タイプの鉄筋コンクリート構造で、厚さは0.20mから0.90mまで変化し、内部に揚圧力を低減するためのドレインが敷設されている。下流水叩き部は厚さ0.30mの鉄筋コンクリート構造物で末端部には長さ約4.0mの鋼矢板が打設されている。

(iii) 上流側水叩き

本水叩きは1967年頃セクターゲートの設置と同時期に堰本体の上流側河床部に設けられたものであり、寸法は長さ9.00m、幅520m、厚さ0.20mの鉄筋コンクリート構造物である。上流先端部には止水を目的とした鋼矢板(L=4.50m)が打込まれている。河川横断測量の結果から判断すると、本水叩きの上には2.0m程度の土砂が堆積している。本水叩きの損傷被害は現在までのところ報告されていない。現在Bay3ゲートの前面にはふとん籠が設置されており、その荷重は7.0tf/m²程度と推定される。

(iv) 護床工（2段目水叩き下流部）

初めて護床工が設置されたのは1974年で、流水方向の長さが15m、幅員520mの巨石積み工であった。その後の洪水や下流河道の河床低下の影響によりこの巨石積み工は流出した。その後数回にわたり河床低下の進行している箇所にはふとん籠を主とした護床工が設置された。現在は全川幅(約520m)にわたり長さ15m、厚さ1.0mのふとん籠が設けられている(1998年以降に設けられた)。

しかし、この護床工も流水に対する抵抗力が低いことと、河床低下の影響を受け局部的に破壊を受けたり流出したりした箇所が見受けられる。

(d) 護岸工

(i) 右岸側護岸工

下流護岸

土砂吐部翌壁から2段目水叩き最下流端部にかけての河岸は法勾配1割、厚さ約0.2m、法長が11.5mと6.5mのコンクリートで覆われている。目視による観察から判断すると、1段目水叩き部でコンクリート表面はいたるところで表層剥離を起しており、クラックも発生している。コンクリートの継ぎ目はかなり老朽化しており背面から地下水が染み出ている。またハンマーによる打撃音と反発度の調査結果から判断して、コンクリート背面に空洞があることが推定される。

本護岸は 1996 年以前にはすでに部分的な陥没破壊が発生し、応急補修を実施したようである。さらに、1999 年 2 月にも部分陥没が発生した。

2 段目水叩きの下流端部横には我が国の無償資金協力でコンクリート護岸が設置された。この護岸下流の河岸は過度の砂や砂利採取の結果、大きく陸側に後退しており、法面保護がまったくなされていないため洪水や降雨の影響によって洗掘されやすい状態となっている。このあたりは民地が大きく河道内に広がっており、本改修工事に伴う盛土や護岸工事にあたっては注意が必要である。

上流護岸

取水口から上流に向け直立のコンクリート取付擁壁が設けられている。本構造物には顕著な変形や構造損傷はみられない。この擁壁より上流の河岸には護岸が無く、聞き取り調査によれば、洪水流や調整池に発生する波浪の影響を受け河岸が少しずつ後退しているとのことである。

(ii) 左岸側護岸工

下流護岸

標高 EL.12.00 m の水叩き面から EL.24.00 m の自然堤天端までの斜面を 1 割勾配の法を付けて盛土し、その表面を 0.20 m 厚のコンクリートで覆った構造である。高さ 3.0 m ごとに 1.0 m 幅の小段を設け、また排水層を置いてドレインパイプにより地下水を排出する構造となっている。コンクリート表面は摩耗しているが、亀裂やひび割れ等は見当たらない。護岸の基礎工付近に凝灰岩（主に非溶結の軟岩）が露呈していることから判断して護岸背面の自然斜面も同種の地層を有していると考えられ、斜面の安定性は高いと判断される。既設護床工より下流の河岸に練り石張りの護岸が施されているが、長さ約 7.0 m にわたって破壊している。

上流護岸

取水口から上流にはふとん籠と練り石張り式の護岸が設置されているため特に顕著な河岸侵食は見当たらない。

(iii) 右岸導流堤

右岸側護岸工の先端から下流部に向けて洗掘が拡大するのを防ぐこと及び既設護岸の洗掘破壊を防止するために、本導流堤は 1998 年に日本の無償資金協力によって建設された。その構造諸元は表 2-25 に示すとおりである。

表 2-25 右岸導流堤の構造諸元

天端標高及び幅	EL.12.500 m、2.00 m
法面勾配、法長	1 : 2、10.06 m
堤体構造	締固め盛土
法面保護工	吸出し防止シートの上に 0.30 m 厚の ふとん籠を敷設したもの
堤体前面構造	厚さ 1.0 m のふとん籠

この導流堤の法線は洪水の流れ方向と平行ではなく角度を持っているため、洪水吐ゲートを越流して流れてくる水や土砂吐ゲートを開けた時に流れる水は本導流堤に直撃することになる。洪水流量がある量を超えれば導流堤をオーバーフローする可能性もある

現在のところ導流堤に顕著な損傷や変形は生じていないが、導流堤前面のふとん籠は移動変形を起こしているものも見受けられる。

(3) アンガット川調整ダムの水理・構造特性

河道形態を含めて現アンガット川調整ダムが有する水理・構造特性について、前述の現地構造物調査結果をもとに、技術的所見を行うと次のようにまとめられる。

- (a) 本ダム下流河道は図 2-9 に示すように 1926 年の竣工以来、大きく河床低下が進行し、水叩き直下流地点では最大で約 6.0 m も低下した。このため 2 段目水叩きは部分的に河床よりも上に突出した形となっており、構造的に不安定である。これに対し、現在、河床洗掘の防止と水叩き保護の目的でふとん籠による護床工が設置されているが、流水方向の施工延長が短いため、護床工の下流側河床が洗掘される傾向にある。
- (b) 洪水の疎通に関しては、現施設は十分な流下水路幅(約 500 m)を有しているので問題はない。
- (c) 既存水叩きの減勢効果については検討の必要がある。減勢効果は上流側水位と下流側水位および放流量の相互関係によって異なる。水理的にもっとも厳しい条件は洪水放流の初期、すなわち貯水面が常時満水面にあって、かつ、下流河川水位がまだ低い状態である。本ダム水叩きにおいては、河床低下の影響があって上流面水位に対して下流面水位が極端に低く、また、水叩きにおける射流区間が長いこと、水叩き内において減勢が完了することはない。また、1 段目水叩きにはエンドシルが設置されているが、位置がダム本体に近すぎることと構造規模が小さすぎること、減勢効果は極めて低い。
- (c) 水叩き下流のふとん籠を並べた護床工の上に流速の大きい水が走った場合、河床面に働く大きなせん断力に対して重量が小さく、屈撓性に富むふとん籠では十分

に抵抗できないと判断される。

- (e) 2 段目水叩き右岸部は導流堤によって流路を狭められている。このためゲートからの放流水は流れ方向を強制的に変更させられ、水叩き下流端部に流れの集中が起き、局所洗掘の原因となっている。
- (f) NIA の洪水時ゲート操作手順において、洪水吐ゲート No. 3 と 4 の放流頻度が最も高くなるのはやむおえないが、その結果、両ゲート下流の河床に流水が集中しやすいので、なんらかの保護対策が必要である。

(4) 構造物損傷及びその他の問題点

“ アンガット川灌漑用調整ダム改修計画基本設計調査 ” が我が国の無償資金協力の下 1996 年度に開始され、本件の工事が 1998 年 2 月に終了した。その 1 年後の 1999 年 2 月に瑕疵検査が実施され、本無償資金協力にて改修した部分については、特に大きな損傷、問題等は確認されなかった。しかし、本計画の対象ではなかったが、水叩き、護床工及び護岸工等に顕著な損傷がみられ、一部構造物の破壊が発生していることが確認された。これらの損傷の多くは下流河道の河床低下によるものと考えられる。また水叩きおよび護床工の損傷発生の直接的原因は 1998 年 12 月の洪水によるものである。

瑕疵検査時において JICA フィリピン事務所、NIA 関係者、計画・設計を担当したコンサルタント及び工事を担当した業者の合同チームが目視によって確認した構造物損傷の実態及び本調査団が今回現場調査を行って新たに確認した事項、問題点を以下にまとめた。

損傷の実態、既存施設の抱える問題点およびダム下流河道の河床低下は次のように整理される。また図 2-10 に損傷発生箇所の状況を示した。

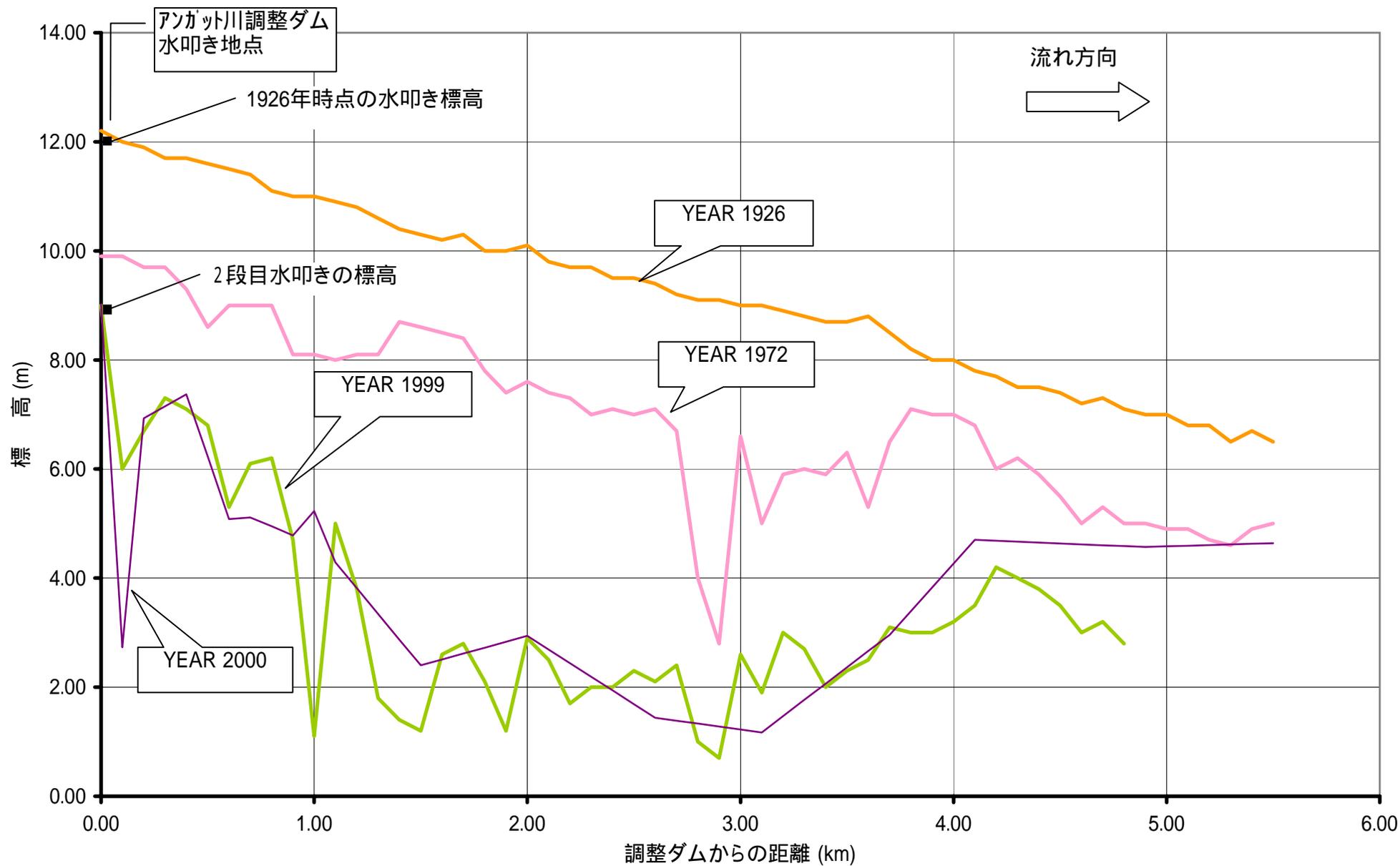


図 2-9 アンガット川調整ダム下流河道の最深河床高の経年変化

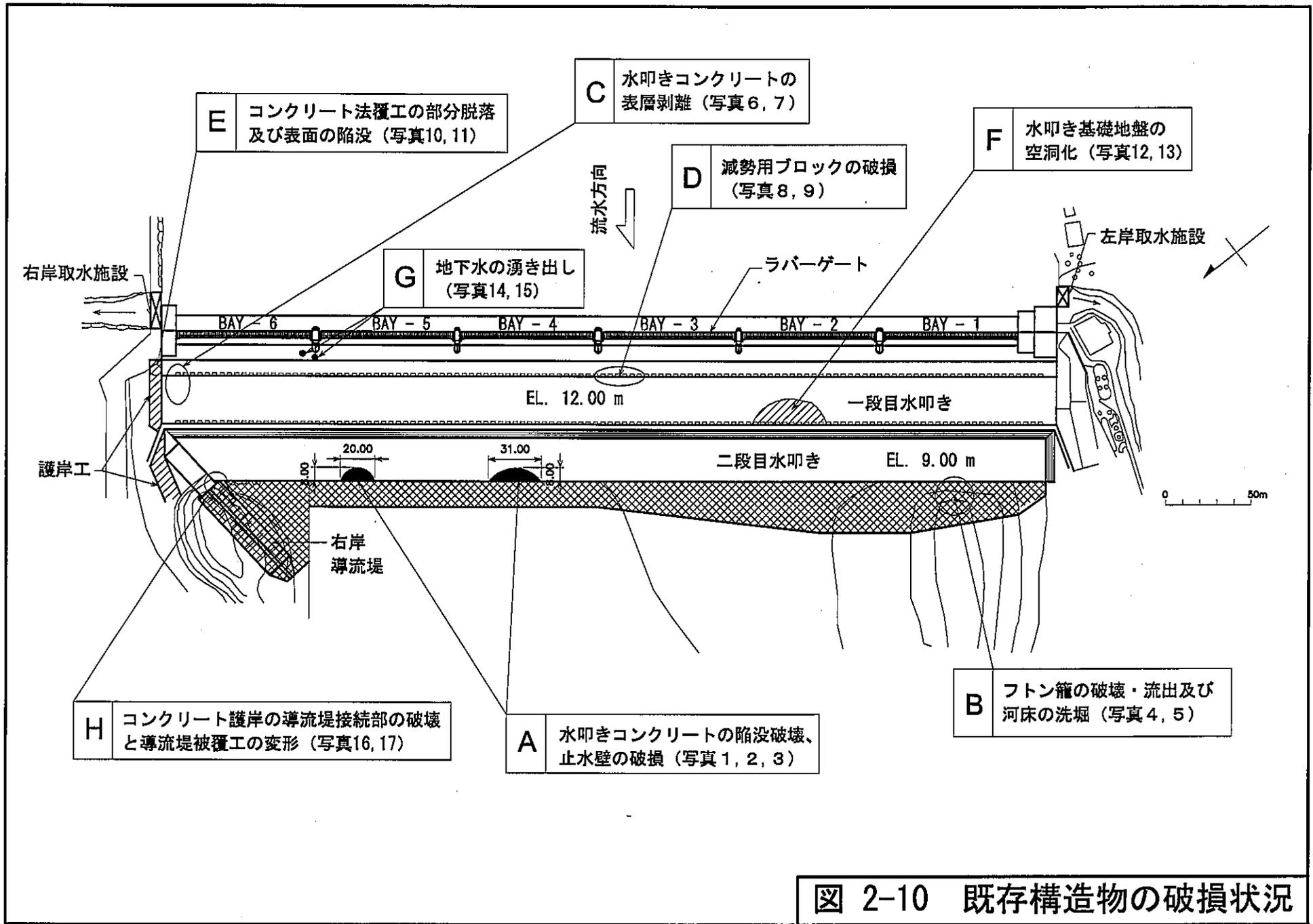


図 2-10 既存構造物の破損状況

(a) 1999年2月に確認された構造物の損傷

- i) 2段目水叩き端部の陥没破壊、止水壁の破壊（応急補修工事済み）（1988年12月に発生した洪水によって護床工として積まれていた巨石が流され、異常な河床洗掘により本体水叩きの破壊に至った）[写真 1、2、3]
- ii) 護床工として用いられているふとん籠の破壊、流出及び河床の洗掘（一部応急補修工事が終了）[写真 4、5]
- iii) 水叩きコンクリート表面の摩耗、表層剥離（対策は未定）[写真 6、7]
- iv) 減勢用ブロックの破損（応急補修工事が終了）[写真 8、9]
- v) 右岸土砂吐直下流の傾斜護岸におけるコンクリートの部分脱落及び陥没（応急補修工事が終了）[写真 10、11]

(b) 今回確認した問題点

- i) 1段目水叩き下部地盤の空洞化 [写真 12、13]
- ii) 1段目水叩き部の地下水の湧き出し [写真 14、15]
- iii) 2段目水叩き右岸側コンクリート護岸の一部陥没破壊と導流堤被覆工（ふとん籠）の変形 [写真 16、17]

(c) ダム下流河道の河床低下の状況

ダムから約 0.7 km 下流地点の河床が低下している様子を写真 18 に示す。

A 水叩きコンクリートの
陥没破壊、止水壁の破損



写真 1



写真 2



写真 3

B	フトン籠の破壊・流出 及び河床の洗掘
---	-----------------------



写真 4



写真 5

C	水叩きコンクリートの 表層剥離
---	--------------------

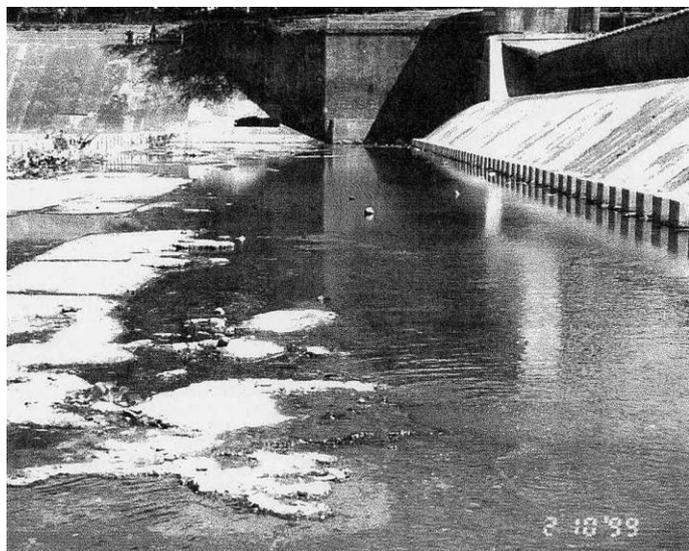


写真 6

C	水叩きコンクリートの 表層剥離
---	--------------------

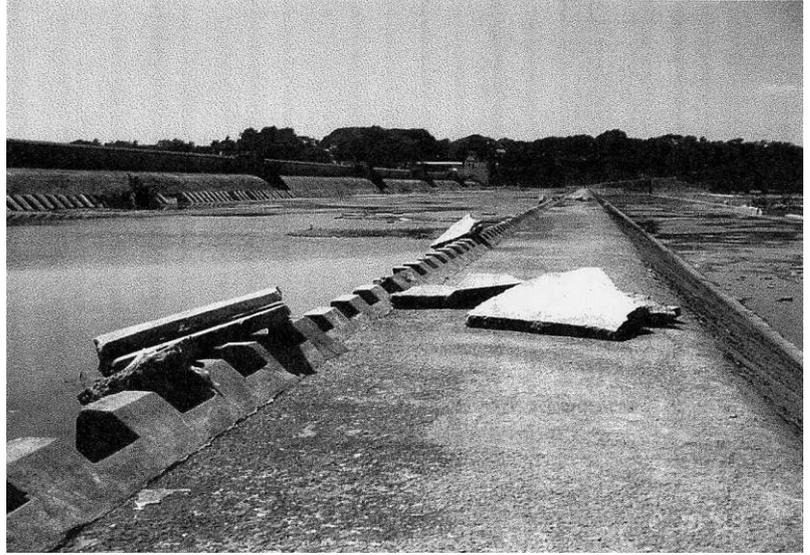


写真7

D	減勢用ブロックの破損
---	------------



写真8



写真9

E	コンクリート法覆工の部分脱落 及び表面の陥没
---	---------------------------



写真10



写真11

F	水叩き基礎地盤の空洞化
---	-------------



写真12

F	水叩き基礎地盤の空洞化
---	-------------



写真13

G	地下水の湧き出し
---	----------



写真14



写真15

H	コンクリート護岸の導流堤接続部の破壊と導流堤被覆工の変形
---	------------------------------



写真16



写真17

	ダム下流河道の河床低下
--	-------------



写真18

(5) 損傷の発生原因

前節で列挙した構造物損傷及び問題点に対しその発生原因を考察した。

(a) 下流河道の河床低下

最初の水叩き陥没は、すでに、1970年に始まり、72年には大規模な陥没があった。これを機に1973年、陥没部の補修工事が実施されると共に、1段目水叩きの直下流に3.0m下がった位置に2段目水叩きが設けられた。これは上流のアンガットダム建設（完成が1967年）と期を同じくしていることから、その当時から上流からの土砂供給が減少し、河床低下が始まっていたものと推量される。すなわち、上流にダムが建設されたことで、アンガット川の主な土砂供給源が絶たれ、アンガット川の河床低下が始まったものと考えられる。

さらに、河道内での砂利採集行為が事態を悪化させた。アンガット川河床は建築材料に不可欠のコンクリート用骨材が豊富に存在する。アンガット川調整ダム付近には砂材が、ノルサガライなどそれより上流部には砂利材が、河床に広く分布している。特に、アンガット川は首都圏に最も近い砂・砂利供給地として、合法・非合法下での採掘が進んだ。量的な記録は残されていないが、マニラ首都圏の建設ラッシュの時期には、大量のアンガット産の砂・砂利がマニラ首都圏へ搬出されたといわれている。

その結果、アンガット川河床は、年々、低下を続け、2段目水叩きの下流端部において同水叩き面よりも数メートルも河床が低下し、本件の水叩き陥没の主原因となった。さらに、局所的には、次に示す原因が重なり陥没破壊をさらに進行させた。

(b) 護床工の欠如と水叩きの損傷

本水叩きの上を流下する水流は、水叩き下端部において河床部がより低くなっているために、そこに渦流が発生し、河床を洗掘する傾向がある。水叩き直下流においてふとん籠による護床工が設置されていた部分については、下流河床が洗掘され低下してもふとん籠がそれに追従して、変形しながらも水叩きの破壊を防止したと考えられる。しかし、護床工が設置されていない部分については、渦流は直接水叩き下流河床部の砂礫を巻き上げ、洗掘現象を促進した。

さらにこの洗掘が水叩き止水矢板の下端付近にまで及んだため、矢板背面の土砂が流れによって発生した圧力低下により吸い出され、それが拡大して水叩き下部に空洞が生じたと考えられる。この空洞化の拡大により上部水叩きコンクリートに変形が生じ破壊に至ったものである。なお、ダム上下流の水位差によるパイピング発生の可能性について、レーンのクリープ比を用いて検討したが、その可能性は非常に低いことがわかった。（“ (6)の既存施設の安定性評価 ” を参照のこと）

(c) 護床工として用いられているふとん籠の抵抗力不足

水叩きの直下流にふとん籠が積み上げられているが、ふとん籠を用いた護床工は、流水に対して、ある一定程度のせん断抵抗力を有してはいるものの、高い流速の水流を受けた場合は、ふとん籠のユニット重量の不足により本体は移動、あるいは変形し、玉石が流出する可能性が高い。本護床工では、洪水時の流水の作用により部分的にふとん籠が破壊し、水叩き端部に洗掘が生じたものと考えられる。

(d) 水叩きコンクリート表面の摩耗、表層剥離

(i) 右岸土砂吐下流部の水叩きコンクリートの剥離

本水叩きは下層がコンクリートブロック打ちで、表層に厚さ 10～14 cm の仕上げコンクリートが打設されているが、表層コンクリートスラブの剥離が顕著である。剥離の原因としては下層コンクリートブロックと表層コンクリートスラブの接合部の密着度が弱いことに加え、この部分が流水によるせん断力、キャビテーション、摩耗等により侵食され破壊に至ったものと考えられる。

(ii) その他の水叩き

本水叩き上には長期にわたり射流が走っており、コンクリート表面はキャビテーションや摩耗によって侵食作用を受けている。この現象が長期間継続するとコンクリート表面は風化し、表面剥離を起こす。

(e) 減勢用ブロックの破損

バツフルピアには大きな流水圧が作用し、水叩きコンクリートとバツフルピアの接合部に大きなせん断力が働く。長年にわたり砂を含んだ高速流の水の直撃が続くとバツフルピアの表面はキャビテーションや、摩耗により侵食をうける。特に底版コンクリートとの接合部における侵食が一定量を超えると流水圧に抵抗できなくなり破損にいたる。破損したバツフルピアは水叩きコンクリートとの接合面処理が十分でなく、大きく侵食されて流水圧に抵抗できなくなったものと判断される。

(f) 右岸土砂吐直下流の傾斜護岸におけるコンクリートの部分脱落及び陥没

本護岸については 1999 年 2 月に部分陥没が確認された後、応急的に裏込土砂の投入とコンクリート打設による原形復旧が実施された。

護岸コンクリートの陥没破壊の発生にはいくつかの原因が考えられる。すなわち、i) 護岸背面地盤の地下水位と前面河道水位の急激な変化によって、コンクリート継ぎ目や根入れ部から背面地山の細かい土粒子が吸出しを受け流出し、空洞化した。ii) 放流水の動水圧変化により背面土砂が吸出され背面が空洞化した。iii) 本コンクリート護岸は法長が大きいにもかかわらず、ひび割れ防止鉄筋が配置されておらず、水圧や土圧を受

けたり背面地盤が沈下等の変形を起こしたりした時にひび割れやクラックが入り、それが拡大した。

護岸背面に発生する地下水の浸出はダム上流側の調整池及び取水口下流の農業用水路からの浸透水である可能性がある。おそらくダムの翌壁や胸壁部には止水矢板が打込まれていないのであろう。

(g) 1 段目水叩き下部地盤の空洞化

下流河床の洗掘の拡大により 1972 年に水叩き下流端部が陥没破壊し、翌年、復旧工事を実施したとのことであるが、その時に陥没したコンクリートの下部に発生した空洞を十分処理しないまま、直接その上から新たなコンクリートを打設したため空洞がそのまま残った可能性がある。

さらに 1973 年になって下流側に 3.0 m の高さの落差工(副ダム)と水叩きを設けた。この落差工の底面部にドレイン層を敷設し上流地下水位を強制的に低下させる構造としてある。これにより 1 段目水叩き下部地盤の地下水面はドレイン層に引かれるように低下し、これに伴って土粒子が吸い出されて空隙が発生し、この繰り返しによって空隙が拡大して空洞となったと考えられる。

(h) 1 段目水叩き部の地下水の湧き出し

第 5、6 ゲートの間堰柱直下流の水叩きに 4 ヶ所ほど清水の湧き出しが存在する。これは 90 年代前半からすでに確認されている。湧き水には土砂がまったく含まれておらず、水の湧き出し量も一定で安定した湧き出しの状態である。堰本体のパイピングの試算によれば、堰と水叩き下部に打込まれている鋼矢板の止水が機能していればパイピングの発生は起こらないと判断される。このことから湧水の原因は、上流水叩あるいは遮水矢板の一部に異常が生じていることによると考えられる。

(i) 2 段目水叩き右岸側コンクリート護岸の一部陥没破壊と導流堤被覆工の変形

本護岸及び導流堤は洪水の流れ方向と約 34 度の角度を持って配置されているため、ゲートからの放流水は導流堤を直撃するように流れる。この大きな流水圧に対し導流堤の被覆工であるふとん籠は抵抗できないため、容易に変形する。特に水当たりの大きい法尻部の変形は大きい。この変形に追従して導流堤に接続するコンクリート護岸の端部が破壊した。

(6) 既存施設の安定性評価

現アンガット川調整ダムはフローティングタイプのゲート付き固定堰であり、現在の構造形状(セクターゲートの設置以降)になってから既に 25 年以上経過している。この間、堰本体については損傷や変形等の構造上の問題は特に発生していない。

既存施設の改修・補修計画の策定にあたり、現構造の安定性を把握しておくことは計画策定の基礎データとなる。しかし現在、既存施設の設計計算書が残っていないため現施設構造の安定性が確認できないので、既存の堰の設計手法を用いて構造の安定性を評価した。

構造安定の評価項目は、堰本体の転倒、滑動、地盤支持力、堰体及び水叩き下部地盤に発生するパイピング、揚圧力と水叩きの厚さの関係、基礎地盤の液状化と沈下等である。既存の図面、資料等をもとにこれらの評価項目を検討した結果、既存施設の安定性は次のように評価される。

(a) 堰体の転倒、滑動及び地盤支持力に対する安定

堰本体の転倒、滑動及び地盤支持力に対する安全性は表 2-26 のとおり十分にあることがわかった。

表 2-26 堰本体の転倒、滑動及び地盤支持力に対する安全性

検討項目	計算安全率	許容安全率	評価
転倒	合力の作用点	合力の作用点	
-常時	2.82 m	2.85 m (中央 1/3)	OK
-地震時	2.62 m	5.70 m (中央 2/3)	OK
滑動	すべり安全率	すべり許容安全率	
-常時	2.14	1.50	OK
-地震時	1.30	1.20	OK
地盤支持力	地盤反力	地盤の許容支持力	
-常時	11.04 /0.05 tf/m ²	30 tf/m ²	OK
-地震時	10.68 /0.41 tf/m ²	45 tf/m ²	OK

注) 計算条件

- 1) 地震時慣性力は地震係数を $k=0.14$ (NIA の基準) とした。
- 2) 上流水位は EL.17.50 m, 下流水位は EL.12.00 m とした。

(b) パイピングに対する検討

次の 3 ケースについてパイピングの検討を行った(図 2-11 参照)。その結果を表 2-27 に示す。

Case A : 堰本体と上流水叩き (遮水矢板 3 列を含む) 総延長 26.10 m

Case B : 堰本体と上流水叩き、1 段目水叩き落差工及び 2 段目水叩き (遮水矢板 5 列を含む) 総延長 96.35 m

Case C : 落差工と 2 段目水叩き (遮水矢板 1 列を含む) 総延長 33.0 m

表 2-27 パイピングに対する検討結果

条件及び結果	Case A	Case B	Case C
対象施設の延長	26.10 m	96.35 m	33.0 m
条件			
上流水位	EL.17.50 m	EL.17.50 m	EL.11.50 m
下流水位	EL.12.00 m	EL.7.00 m	EL.7.00 m
水位差	5.50 m	10.50 m	4.70 m
鉛直方向浸透路長	18.90 m	28.30 m	11.50 m
水平方向浸透路長	26.10 m	96.35 m	33.00 m
クリープ比 C	5.02	5.75	4.79
レーンのクリープ比 C'	4 (中砂利)	4 (中砂利)	4 (中砂利)
評価	C > C' - OK パイピング破壊の可能性は極めて低い。	C > C' - OK パイピング破壊の可能性は低い。	C > C' - OK パイピング破壊の可能性は極めて低い。

計算条件と結果は上表に示すとおりであり、止水矢板の効果が十分であると仮定すれば、堰本体と水叩きを含めたすべてのケースにおいてパイピングは発生しないと判断される。

(c) 揚圧力に対する検討

既存の水叩きコンクリートが揚圧力に対して安定しているかどうかを検討した。検討の対象とした水叩き区間は図 2-11 に示す区間 と区間 である。それぞれの区間について水叩きの揚圧力に対する安全率を計算し、基準安全率 1.0 と比較した。その結果を表 2-28 に示す。

表 2-28 揚圧力に対する検討結果

検討ケース	位置	水叩きの揚圧力に対する安全率				基準安全率
		区間	区間			
Case-1	1 段目水叩き	3.57				1.0
Case-2	同上	1.32	2.94			1.0
Case-3	2 段目水叩き	1.35	1.55			1.0

1 段目水叩きに働く揚圧力の大きさは地盤内の浸透水の経路がどのようになっているかによって異なる。本検討での浸透経路は上流水叩きから区間 までと、上流水叩きから区間 までの 2 ケースとした。また、水位条件は上流側の河川水面が EL.17.50 m、下流側の地下水位が EL.12.00 m であると仮定した。計算結果は上表に示すとおりであり、基準安全率を 3 割以上上回っているため区間 と の水叩きコンクリートは揚圧力に対して十分安全であると判断される。

区間 から下流のコンクリートスラブは水叩きというよりは護床を目的としたものであり、上流側水叩きとの接触面から水が抜けるので揚圧力に対する安定計算は特に必要ない。ちなみにこのコンクリートスラブにおいて、実際にコンクリートを壊して基礎

地盤を観察したが地下水位は表面近くに現れておらず、本コンクリートスラブには揚圧力が作用していないことがわかる。これは下流水位が EL.12.00 m より低い時には1段目水叩き下部の地盤内の地下水は2段目水叩き上流端に設けられたドレイン層と水抜きパイプにより排水されるためである。

一方、2段目水叩きの厚さは上下流の水位差が 3.0 m あると考えてもこの時の揚圧力に対する安全性は十分に高いと判断される。

2-4-4 ダムの運用とゲート操作

(1) アンガット川灌漑用調整ダム

本ゲート操作マニュアルは 1998 年に洪水吐用ラバーゲートと土砂吐用鋼製ローラーゲートが設置されたおりコンサルタントによって提案され、それを基にして AMRIS 事務所が諸条件を加味して図 2-12 のとおり操作マニュアルを決定した。以下に洪水時のゲート操作の概要を述べる。

PROPOSED OPERATION FLOW CHART OF GATE FACILITIES AT ANGAT AFTERBAY REGULATOR DAM

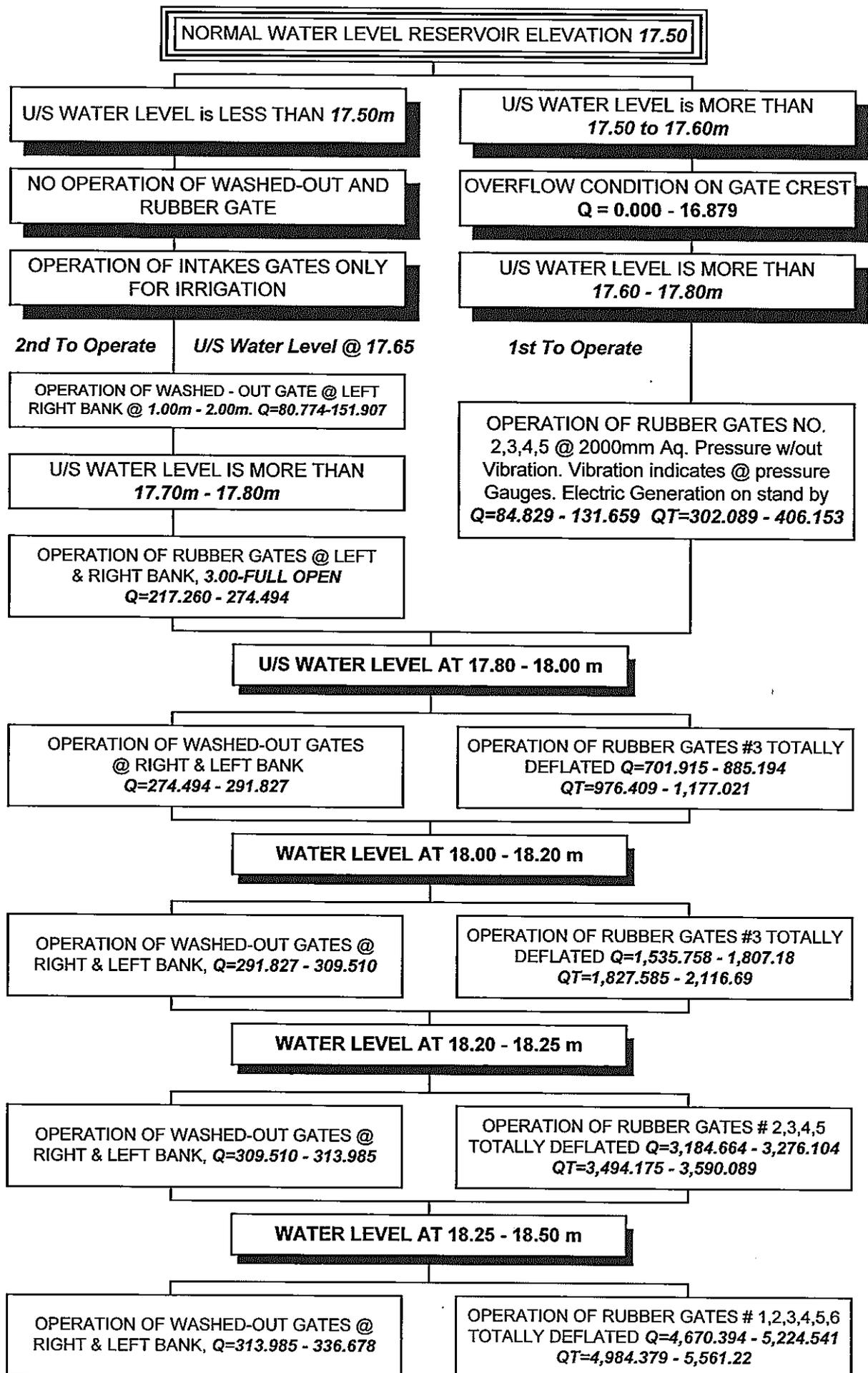


図2-12 ブストダム操作マニュアル

(a) 洪水吐ゲート

操作条件

ダム調整池の常時満水位（灌漑取水水位）は EL.17.50 m とする。

ダム調整池の計画高水位は EL.18.50 m に設定してあり、ゲートによる調節池の水位操作は EL.17.50 m から EL.18.50 m の範囲で行う。

操作手順

水位が EL.17.50 m から EL.17.60 m の間は、ゲート操作は行わずラバーゲートをオーバーフローさせる。

水位が EL.17.60 m を超えてからは、No. 2,3,4,5 の4つのゲートの空気圧を変化させ、ゲートに振動が発生しない範囲で越流量を調整し、水位を EL.17.80 m 以下となるようにする。

水位が EL.17.80 m を超えれば、No. 3 のゲートを倒伏し、水位を EL.17.80 m から EL.18.00 m の範囲に維持する。

さらに水位が上昇し EL.18.00 m を超えれば、No. 2 のゲートを追加倒伏し、水位を EL.18.00 m から EL.18.20 m の範囲に維持する。

さらに水位が上昇し EL.18.20 m を超えれば、No. 4 と 5 のゲートを追加倒伏し、水位を EL.18.20 m から EL.18.25 m の範囲に維持する。

さらに水位が上昇し EL.18.25 m を超えれば、No. 1 と 6 のゲートを追加倒伏し、水位を EL.18.25 m から EL.18.50 m の範囲に維持する。

注意) 現在、No. 3 ゲートが壊れているため操作するゲート No. が一部変更となっている。

(b) 土砂吐ゲート

操作条件

乾期には原則として土砂吐ゲートは開けない（下流の自治体から放流の要請があった場合は放流を行うこともある）。上流からの余剰流量は洪水吐ゲートをオーバーフローする。

雨期には洪水調節と調整池に堆積した土砂の放出を目的とした放流を行う。

操作手順

水位が EL.17.50 m から EL.17.65 m の間は、ゲート操作は行わない。

水位が EL.17.65 m を超えてからは、左右岸のトータル 3 つのゲートを 1.0 m から 2.0 m まで引上げアンダーフローにより放流する。

さらに水位が EL.17.70 m を超えれば、左右岸トータル 3 つのゲートを全開する。

(c) ゲート操作記録

1997 年 12 月のラバーゲート竣工以来、ゲートを全倒伏させる操作を行った記録は表 2-29 に示すとおりである。

表 2-29 ラバーゲート全倒伏記録（アンガット川調整ダム地点）

年	月	日	日雨量	ゲート No.
1998	10	23	124.4 mm	No.4
	12	12	15.8 mm	No.3
	12	18	48.1 mm	No.4
	12	30	11.9 mm	No.5
1999	8	3	166.4 mm	No.3
	9	11	29.1 mm	No.3
	9	14	59.5 mm	No.3
	10	17	73.2 mm	No.3, No.2, No.1

この操作記録をみると全倒伏したゲートは No. 3 と No. 4 に集中しており、その倒伏回数は年間 2 ~ 4 回である。1999 年 2 月の瑕疵検査の時に確認された No. 4 と No. 5 の下流側に位置する 2 段目水叩き下流端の陥没は 1998 年の 12 月洪水の時に発生したと報告されているが、この時の No. 4 ゲートの操作との関連性も考えられる。

(2) アンガットダム

アンガットダムは貯水池の水位を管理することによって運用されている。すなわち、上限ルールカーブと下限ルールカーブの 2 つを定めてこの 2 つのルールカーブの中に貯水位が納まるよう管理している（表 2-30 参照）。

表 2-30 アンガットダムのルールカーブ

ルールカーブ	最大水位	最低水位
上限ルールカーブ	EL+212.0m	EL+187.8m
下限ルールカーブ	EL+207.3m	EL+181.9m
水位差	4.7 m	5.9 m

アンガットダムの放流系統としては、主タービンと補助タービンそれぞれの放流管および洪水吐きが設置されており、主タービン側は、イポダム貯水池を迂回して、イポダムの下流にて直接アンガット川に放流されている。また、補助タービン側及び洪水吐きは、直接イポダム貯水池方面に放流されている。図 2-13 にアンガットダム放流模式図を示す。

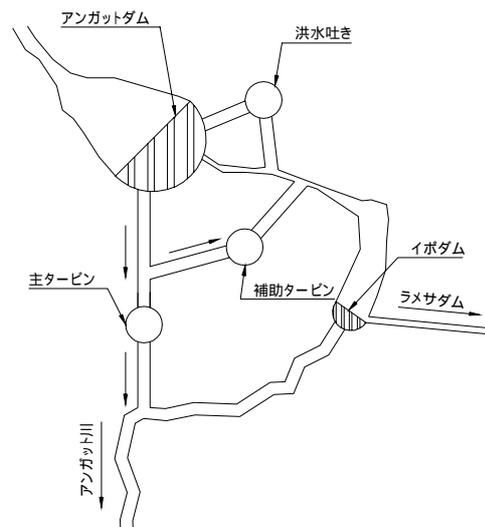


図 2-13 アンガットダム放流模式図

ダム放流量は原則として表 2-31 に示す内訳のとおり定められている。

表 2-31 アンガットダム放流水の利用者、目的及び使用量

利用者及び目的	使用量	放流経路
MWSS	22.0 m ³ /s	補助タービン
NIA	36.0 m ³ /s	主タービン
アンガット川維持流量	2.0 m ³ /s	主タービン
合計	60.0 m ³ /s	

尚、上記の内訳については、マニラ首都圏上下水道庁(MWSS)、NPC 及び NIA の 3 者の申請を基に、国家水資源委員会がそれぞれの使用量を毎月承認することとなっている。また、アンガットダムの貯水量に余裕が見込まれる場合には、再度、3 者からの申請を基に配分を再検討することになっている。

洪水時の放流については、ダムの上限ルールカーブの最大水位である EL+212 m まではダム貯水池で貯留し、かつ上流に設置されている 4 基の雨量計の内、1 基でも日雨量 60 mm を越えた時点で洪水吐きのゲートを開け始める。

(3) イポダム

イポダムの運用については、アンガットダムの補助タービンから流量 22 m³/s が送りこまれている。この流量をイポダムで取水し、導水管によりラメサダムに導水し、マニラ首都圏の上水道に利用している。洪水時の運用については、上流のアンガットダムからの放流情報とイポダムに設置されている水位計のデータを基に、過去の実績値を参照して、ゲート開度を決定している。そのため、洪水時においては、イポダム自体での水位調節機能は存在せず、直接アンガット川に放流することとなる。

2-4-5 ダム及び貯水池の運営・維持管理

(1) 実施体制・組織

本プロジェクトの実施機関は、「フィ」国営灌漑の施設建設・運営・維持管理を実施している国家灌漑庁である。事業実施する現地での実施機関は、同庁の地方実施機関である第3地方局（第三地方局）である。同地方局は、ブラカン州灌漑運営事務所（以下州事務所という）を通して、当該調整ダムを含む国営灌漑事業 AMRIS を統括している。

調整ダムの日々の維持管理業務は州事務所（AMRIS）の組織下の水管理班が実施している。維持管理の技術的な事柄に関しては、州事務所の維持管理係、あるいは地方局の技術課と管理課がサポートしている。なお、これらの組織は、現場管理所以外はブラカン州サンラファエルにある地方局建物内に同居しており、意志疎通はスムーズに行っている。

図 2-14 に NIA、図 2-15 に地方局、そして、図 2-16 にブラカン州灌漑運営事務所の組織図をそれぞれ示す。

(2) 調整ダムの操作管理

調整ダムの操作管理は、左岸操作室において、2 門の土砂吐ゲートと 6 門のラバーゲートを、右岸操作所においては、1 門土砂吐ゲートを、それぞれ操作する。その操作管理には、5 人の操作員が現地に常駐し、24 時間態勢で勤務している。

(a) 日々の管理

日々の管理は、灌漑用水の取水ゲートの操作に限定されている。毎月毎に、国家水資源委員会が関係機関と調整して、NIA の各灌漑地区に、取水最大量を指示する。これを受けて、左右岸にある取水ゲートを必要に応じて、操作している。

(b) 洪水時の管理

洪水時には、必要に応じて、地方局管理課長、州事務所長、州維持管理係長が、現地操作室に入り、ゲート操作管理を指導・支援している。

(3) 予算

NIA の予算は、開発及びリハビリ・改良事業のための事業実施予算と既存灌漑地区運営予算からなっている。事業実施予算は、外国援助資金と自国資金とからなり、運営予算は自国資金で賄われている。また、運営予算は、灌漑用水使用料金などの NIA 独自の収入と国庫補助からなっている。1999 年における AMRIS のそれぞれの予算は、事業予算が 38,402 千ペソ、運営予算が 1,273 千ペソであった。事業予算のうち 15,000 千ペソは、世界銀行の実施している既存灌漑施設支援事業の資金を利用している。

**EXISTING ORGANIZATION CHART
NATIONAL IRRIGATION ADMINISTRATION**

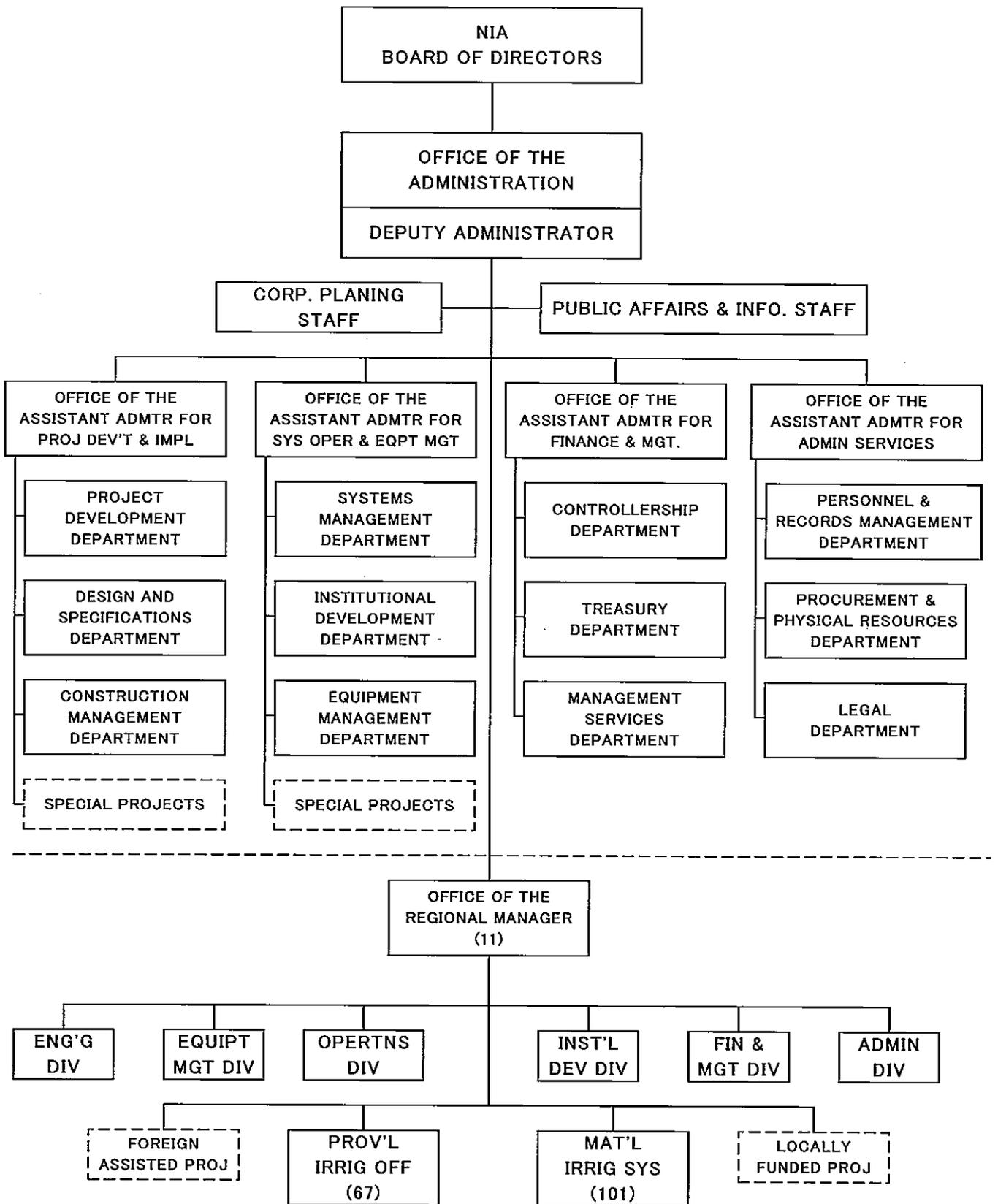
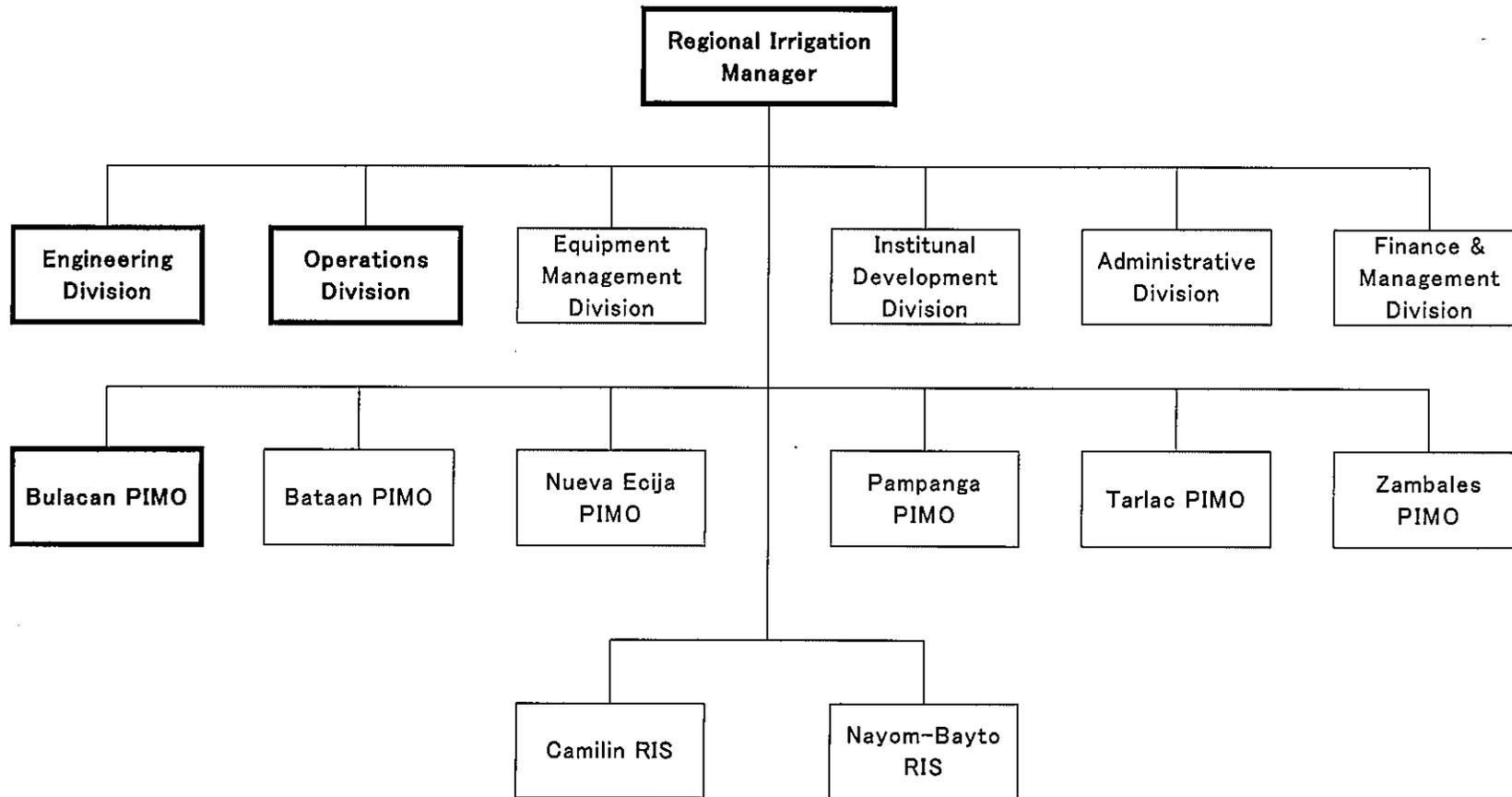


图 2-14 国家灌溉厅(NIA)组织系统图

ORGANIZATION CHART
 NATIONAL IRRIGATION
 ADMINISTRATION
 REGION III



*PIMO:Provincial Irrigation Management Office

*RIS:River Irrigation System

图 2-15 国家灌溉厅(NIA)第3地方局组织系统图

ORGANIZATION CHART OF PROVINCIAL IRRIGATION MANAGEMENT OFFICE
PROVINCE OF BULACANN

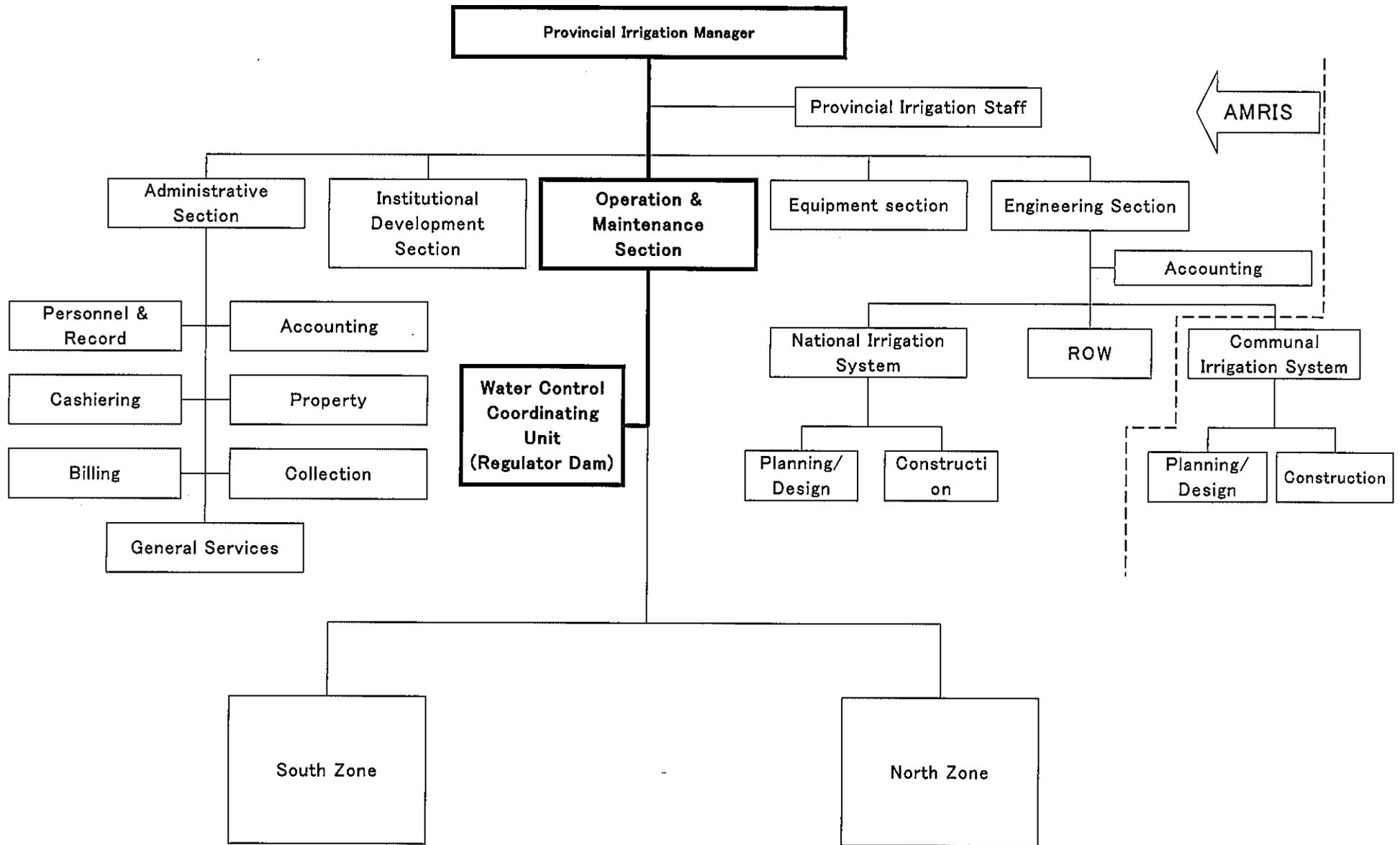


図 2-16 プラカン州灌漑部局組織系統図

事業予算の大部分は施設の改良・リハビリであり、運営予算の大部分は人件費である。その予算の推移を表 2-32 に示す。

表 2-32 AMRIS 事務所の予算

単位千ペソ

年	AMRIS		ダム操作	備考
	事業予算	運営予算	運営予算	
1997	81,803	38,171	1,212	エルニーニョ資金を含む
1998	19,879	47,101	1,239	
1999	38,402	44,674	1,273	水叩き改修を含む
2000		49,138	1,395	

本プロジェクトの実施に関しては、特段の管理運営資金は必要とせず、今後とも、同程度の予算は確保できる見通しがあるので、予算上の問題はない。

また、本プロジェクト実施後においては、小規模のリハビリ工事が必要となる可能性があるが、引き続き、既存施設リハビリ・改良事業費を投入できる事業計画があるので、問題はない。

(4) 要員・技術レベル

本プロジェクトの実施にあたっては、NIA 本庁の施設機器管理担当次官を長とし、施設管理部、設計部を加えた集団支援態勢があり、その指導の下に、地方局が実質的な担当部署となる。また、地方局にあつては、管理課長が専任担当者に任命されていて、設計課と共同で本事業の実施にあたることとなっている。それぞれの課長あるいはそのスタッフは、ラバーゲート建設の無償案件を経験しているほか、当該床板の応急補修工事も設計・監理していて、本事業の技術的内容に通じている。このため、カウンターパートとしての、要員配置、技術レベルに問題はない。

ただし、今後の施設操作・維持・管理の実施にあたっては、そのマニュアル、及び、情報・命令伝達システムの確立が必要である。

2-5 環境への影響

2-5-1 砂利採取規制及びアンガット川灌漑用調整ダムの保護

アンガット川の河床低下がいつから始まったかの正確な資料は発見されなかったが、多くの関係者からの聞き取り情報をまとめると次のとおりである。

1972 年に、第 1 水叩きが破損し、1974 年にその改修と第 2 水叩きの増設を実施した。第 2 エプロンは第 1 エプロンの標高 12m より 3m 低いことから、この破損は河床低下が原因と考えられる。

1967 年にアンガット川上流にアンガットダムが建設された。調整ダム地点でのアンガット川の集水面積は約 900 平方 km であるのに対し、アンガットダム地点のそれは

調整ダム地点の約 3 分の 2 の約 600 平方 km である。このことから、アンガットダムの建設によりその貯水池に砂礫が貯溜されることで、下流への砂礫供給量が減少したことが、河床低下の一つ原因と考えられる。

1970 年台頃からマニラ首都圏での建築工事が盛んとなり、最も距離が近くかつ大量の砂礫が採取できたのがアンガット川であった。このため、調整ダムより下流あるいはその貯水池内での砂の採集、それより上流のアンガット・ノルサガライ付近における礫材料の採取が盛んとなった。このため、河床低下は調整ダム付近ばかりでなく、その上流地区においても発生している。採取行為は、その後も引き続き行われ、景気の動向に左右されながら、近年まで続いていた。最近年はフィリピン経済の低迷から採取行為は一時の勢いはない。

川砂利採取行為についての許可は、基本的には、DENR が権限を有している。しかし、5ha 以下の開発行為については、その許可権限を州に委譲している。1990 年台になって、環境影響評価が義務付けられて以来、5ha 以上の川砂利採取行為の許可は非常に難しくなった。このため、現時点で DENR が許可を発行している砂利採取業者は調整ダムの上流で 2 社、下流側で 2 社となっていて、今後これが増えることはない。

一方、5ha 以下の行為についても、環境影響評価が必要であるが、州においては、臨時的な許可を期限つきで発行し、これを更に延長するなどの措置をとっている。また、州での採取許可の資料が入手できていないので、その実態については定かではない。さらに、民地での採取行為については、何の規制もない。

NIA は貯水池管理の一環として、貯水池内の堆砂除去作業を、砂利採取業者に委託している。

NIA はアンガット川の河床低下による構造物の被害を防止するため、次に示す措置をとってきた。

- i) 1978 年、民間所有地も含め、アンガット川とその付近の砂利採取の禁止を DENR に要請している。
- ii) 1999 年 3 月、砂利採取のための大型車両に対して、ダムサイト付近への進入を禁止する措置をとった。
- iii) 同年 4 月 19 日、ダム付近の集落長に対し、河床部への大型車両の進入を禁止するよう要請した。上記の措置と合わせて、ダムサイト下流 2km までの砂利採取は事実上不可能となった。
- iv) 同年 4 月 15 日、NIA は州知事に対して、ダムサイトの下流約 7km 地点までの砂利採取行為を禁止するよう要請した。
- v) 2000 年 3 月 27 日、NIA は州知事に対して、上記の要請を、再度行った。

この結果、調整ダム下流 2km までの範囲内の砂利採取はなくなった。

本調整用ダムを自然災害および人口的災害から守るため、NIA、DENR、国家警察及びブラカン州政府の4社で協議会を設け、共同でアンガットダムを含む上下流アンガット川の管理を行うことが確認されている。同意が予定される協定書によれば、違反行為又は者に対しては警察による取締および逮捕も含まれている。

2-5-2 アンガット川における既得権と本事業の関係

(1) 水利権

アンガット川にかかる水利権は、アンガットダムの貯水に関して、NIA の灌漑用水、MWSS の上水に対して、次のように配分されている。

NIA	:	36 m ³ /s
MWSS	:	22 m ³ /s
環境	:	2 m ³ /s
合計		60 m ³ /s

従って、常時アンガット川調整ダムより常時 2.0 m³/s の河川維持用水を下流に放流することになっている。

また、NIA は、アンガット川に関してはダム調整池地点で、支川のバヤバス川からの 4.0 m³/s 水利権を受けて、計 40.0 m³/s の水利権を有している。

調整用ダム下流については、アンガット川調整ダムから下流約 12 km 地点右岸のアンガット川に農民組織(Irrigator's Association)により灌漑用のポンプが設置されており、乾期にのみ川から取水している。このポンプは取水口の位置が河床付近にあり、河川水位がかなり低くても取水可能である。このポンプ取水が本事業によって影響を受けることはほとんどない。

(2) 施工時の取水制限

調整ダムにおける灌漑用水の取水量は稲の成長過程によって異なり、最大は水利権量の 40.0 m³/s である。5月の1ヶ月、11月の半月間は取水を行わない。また、毎月、国家水資源委員会が、アンガットダム貯水池のルールカーブを考慮して、各機関の取水量を調整・決定している。2000年度の取水予定表を図 2-17 に示す。

本事業の施工範囲は洪水吐ゲートから下流が対象となる。施工期間中においてダム貯水位を下げなければ工事ができないということはなく、よって左右岸の取水ゲートからの取水を制限する必要は特にない。

(3) 漁業権への影響

AMRIS 事務所によるとアンガット川において漁業権を持ち漁業によって生計を立てている人、或いは団体は存在しないとのことである。しかし、アンガット川調整ダムの上下流に生息しているティラピア、ナマズ、川えび等を個人的に捕獲し、日常食用にしている人々がいる。本事業の施設改修計画では堰上流の取水位と下流の河川水位は現況を保持することから工事実施によるこれらへの影響はほとんど無いと考えられる。

(4) その他

アンガット川下流にある灌漑地域の中には、川からの取水に頼っている地域が存在する。この地域では河川流量が少なく潮の溯上が大きい間は川からの取水ができなくなる。このため乾期において潮の溯上を抑制するためにアンガット川調整ダムからの放流を要請する場合がまれにあるとのことである。本事業の施工にあたっては土砂吐ゲートからの放流もありえることを前提に施工計画を策定する必要がある。

本改修工事現場直下流は、川遊びの観光客で賑わっている。これに付随して、物売りも多くみられる。これらは、すべて、何の権利も伴っておらず、必要な時期に、NIA の責任において排除できる。また、当該工事現場を含む周辺地域には不法占拠者などは存在しない。

2-5-3 河道内私有地

右岸土砂吐下流の2段目水叩きから下流に張り出した導流堤付近の河道及びその背面自然堤にかけての一角は民間人の所有の土地である。本導流堤の改修や下流水叩き及び護床工の新設にあたっては上記民地内の施工となるために、NIA による土地の買収、借上げ、土地の提供等の土地収容が必要である。

本調査時において対象区域の土地丈量図を入手したので、この図面の上に改修対象の施設のレイアウトを行った(図 2-18 参照)。これによれば、約 634 m² の土地が本事業のために必要となる。

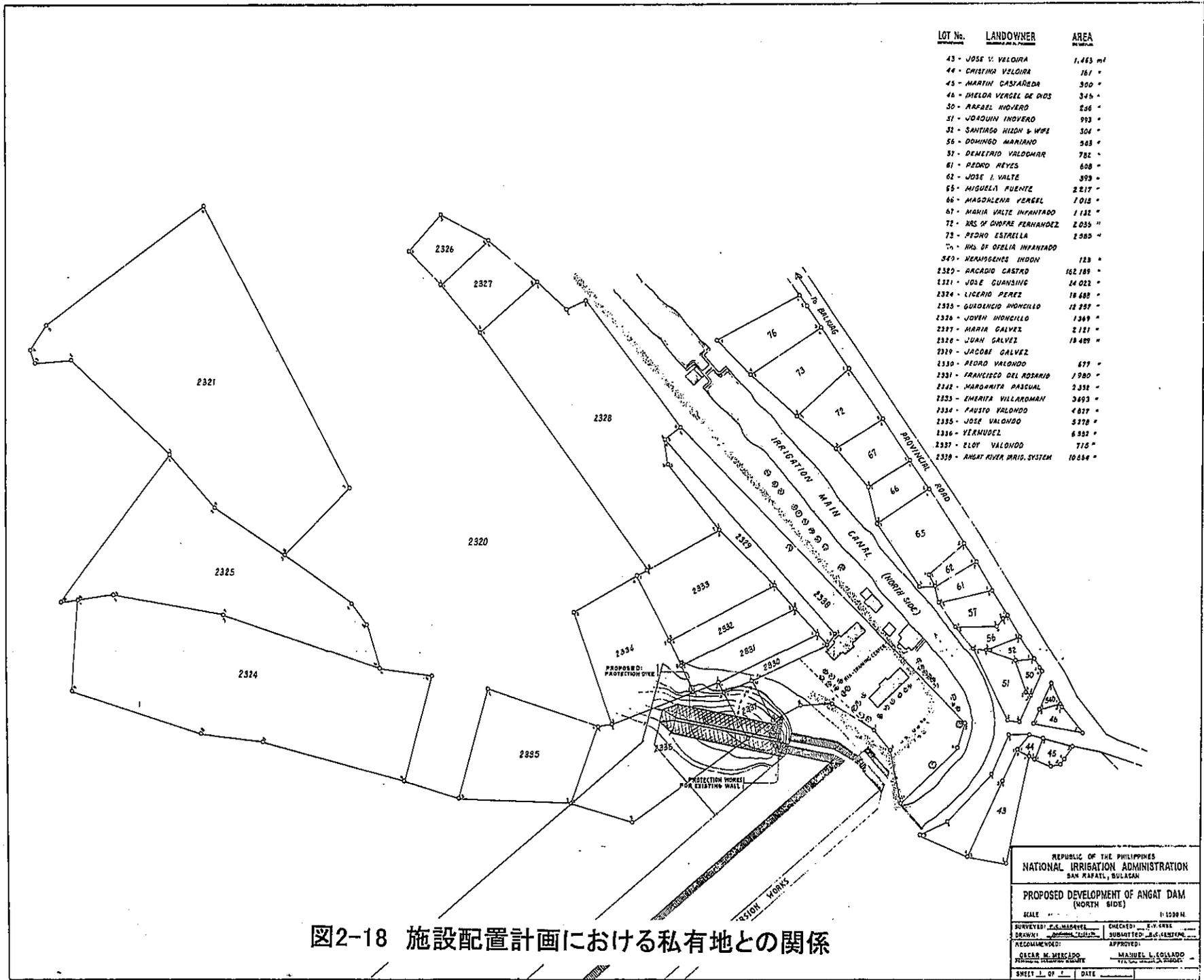


図2-18 施設配置計画における私有地との関係

REPUBLIC OF THE PHILIPPINES			
NATIONAL IRRIGATION ADMINISTRATION			
SAN RAFAEL, BULACAN			
PROPOSED DEVELOPMENT OF ANGAT DAM			
(NORTH SIDE)			
SCALE	1:1000 N.		
SURVEYED BY: E.C. MARAYAN	CHECKED BY: E.V. CRUZ		
DRAWN BY: JUANITA S. GARCIA	SUBMITTED BY: E.C. MARAYAN		
RECOMMENDED BY:	APPROVED BY:		
OSCAR M. MERCADO	MANUEL L. COLLADO		
SHEET 1 OF 7		DATE	

2-5-4 施工に伴う環境対策

(1) 環境対策

本事業の実施において留意すべき環境対策は次のように整理出来る。

- アンガット川調整ダム直下流の河道は散歩、水浴、洗濯、魚釣り等周辺住民の日常生活と密接に係わっており、施設の設計と工事施工にあたっては河川の利用実態に最大限配慮した計画とする。（河川敷及び水面へのアクセスの容易さ）
- アンガット川調整ダム上下流の河川の水質は良好であり、工事施工にあたっては河川の水質に十分配慮した計画とする。（水質保全）
- アンガット川調整ダム周辺の河川空間は地域の景勝地の一つとなっており、左岸側にある公園には多くの人々が集まる場所でもある。よって設計・施工にあたってはこの河川景観の保持にも十分配慮する。
- ダンプトラックやコンクリートミキサー車等による土砂やコンクリートの運搬について、工事が市街地周辺に位置するため騒音、粉塵等による悪影響を極力及ぼさないよう留意する。

(2) ECC について

本事業は 1996 年に実施した“アンガット川灌漑用調整ダム改修基本設計調査”に続く無償資金協力であり、改修の対象施設及びその施工による周辺環境への影響範囲も基本的には変更がない。NIA がすでに取得している ECC は本事業においても有効である。

2-6 地質および地盤条件

2-6-1 ボーリング調査

(1) 調査目的

ダムサイトの地質状況の把握、現況のダム基礎地盤状況の把握（水叩き部の破損による影響）及び水叩き部の改修設計のための基礎資料を得ることを目的とし、8 孔 135m（標準貫入試験含む）のボーリング調査を行った。

(2) 位置および数量

ボーリング調査位置を、図 2-19 に、ボーリングの諸元を表 2-33 に示す。

表 2-33 ボーリング調査諸元

孔 番	位 置	深度	標 高	角度	標準貫入試験	備 考
B 1	ダム軸下流 9m、 第 6 ゲート	15m	13.44m	鉛直	15	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム軸付近の基礎地盤状況及び地質状況の把握 ・改修設計のための基礎資料収集
B 2	ダム軸下流 9m、 第 5 ゲート	15m	13.67m	鉛直	24	
B 3	ダム軸下流 9m、 第 3 ゲート	15m	13.73m	鉛直	15	
B 4	ダム軸下流 9m、 第 2 ゲート	15m	13.75m	鉛直	22	
B 5	ダム軸下流 9m、 第 1 ゲート	30m	13.68m	鉛直	39	
B 6	ダム軸下流 93m、 第 5,6 ゲート中央	15m	9.00m	鉛直	15	<ul style="list-style-type: none"> ・水叩き部改修設計のための基礎資料 ・下流側ふとん籠施工地点の地盤状況の把握
B 7	ダム軸下流 93m、 第 4,3 ゲート中央	15m	9.00m	鉛直	15	
B 8	ダム軸下流 93m、 第 1,2 ゲート中央	15m	9.00m	鉛直	15	
合計 8 孔 135m 標準貫入試験 160 回						

(3) 調査結果

ボーリング調査結果については現在解析中であるが、これまでに得られた調査結果の概要を以下に述べる。なお、図 2-20 にボーリング調査結果の概要を示す。

(a) 地質状況

アンガット川調整ダムの基礎は、礫混じり砂からなる砂礫層からなる。本層は非常に締まりが良く、N 値は 50 以上を主体とする。ダム軸付近では層厚約 20m を有し、標高 - 8 m 付近まで分布していることから、海成の堆積物もしくは現在よりも海水準が低い時代の段丘堆積物であることが考えられる（下部は第四紀更新世と推定される）。

砂礫層の下位には軟質な凝灰岩が分布する。本層はダムサイト左岸下流の河床部に分布していることが確認されているが、推定では一軸圧縮強度 $qu=1,000\text{kPa}(10\text{kgf/cm}^2)$ 程度の軟岩で浸食に弱い（第四紀更新世の凝灰岩）。

凝灰岩の下位には、硬質で黒色を呈する凝灰角礫岩が確認された。本層は地表での確認はできないが、硬さの程度から第三紀の基盤岩類と考えられる。

(b) ダム基礎地盤の状況（水叩き部の破損による影響）

B 2～B 5 孔では、コンクリートスラブ直下の砂礫層は締まりが良く、孔内水位もコンクリートスラブと砂礫層の境界付近（深度 2.0m）に位置し、特に被圧した状況は認められない。

ただし、第 6 ゲートで実施した B 1 孔ではコンクリートスラブから砂礫層に掘進した時点で貯水池の水位と同程度の水頭を有する湧水が認められた。なお、本孔では掘進に伴ってケーシングを追い込んでいるが、それに伴いケーシングからの湧水は減少し、最終的にはケーシングとコンクリートスラブの境界から湧水するようになった。したがって、湧水はコンクリートスラブと砂礫層の境界から供給されていると考えられる。

なお、湧水は第 1 ゲートと第 2 ゲートの中央部付近の第 1 水叩きでも数ヶ所確認された。

湧水の原因に関する詳細は不明であるが、ダム軸付近の止水板が破損していることが濃厚で、供給源は第 1 ゲートおよび第 2 ゲートの中央部付近（第 1 ゲートより）までの範囲と考えられる。

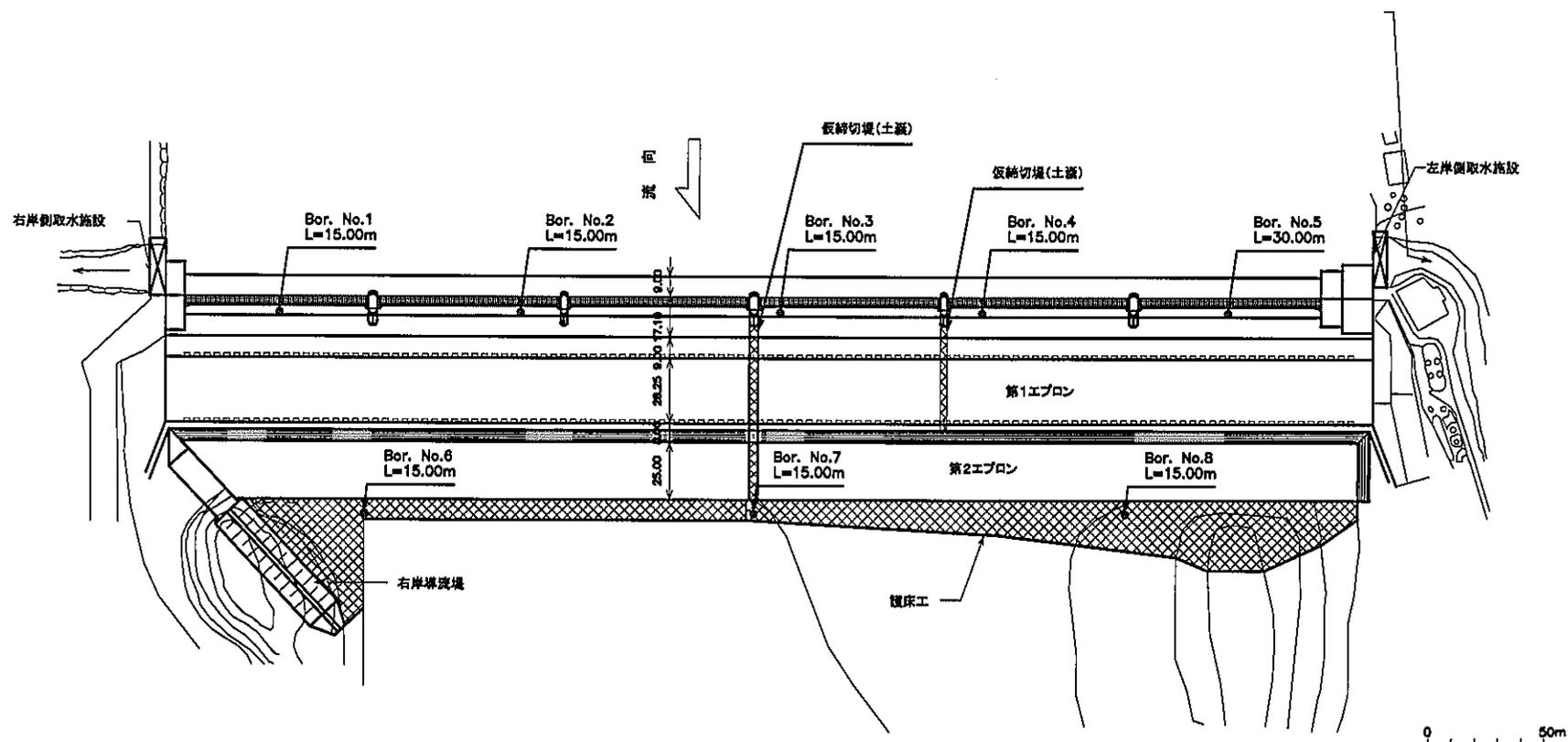


図 2-19 ボーリング調査位置図 (アンガット調整用ダム)

左岸側

右岸側

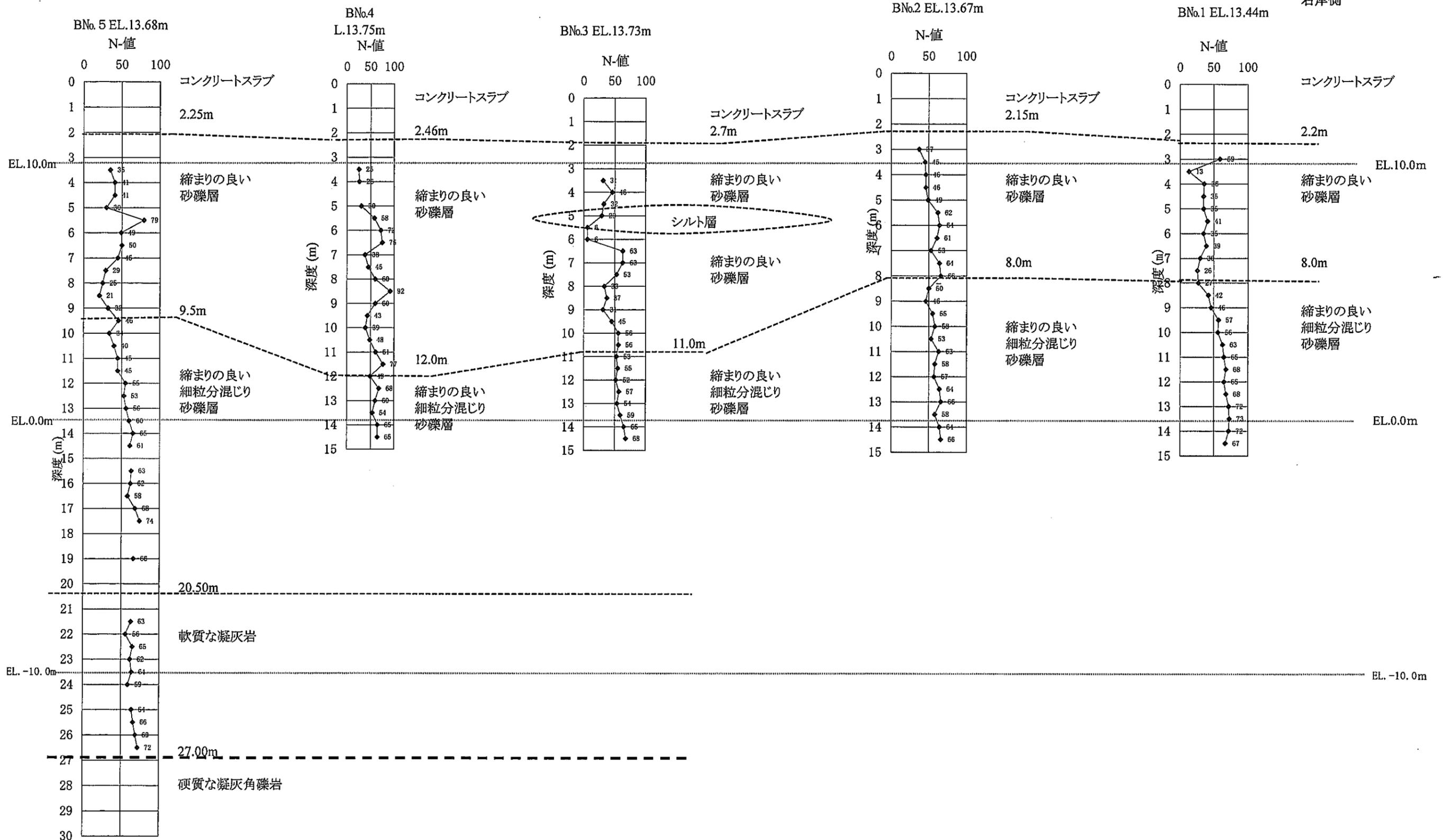


図2-20 (1/2) 調節ダム地点の地質縦断図

左岸側

右岸側

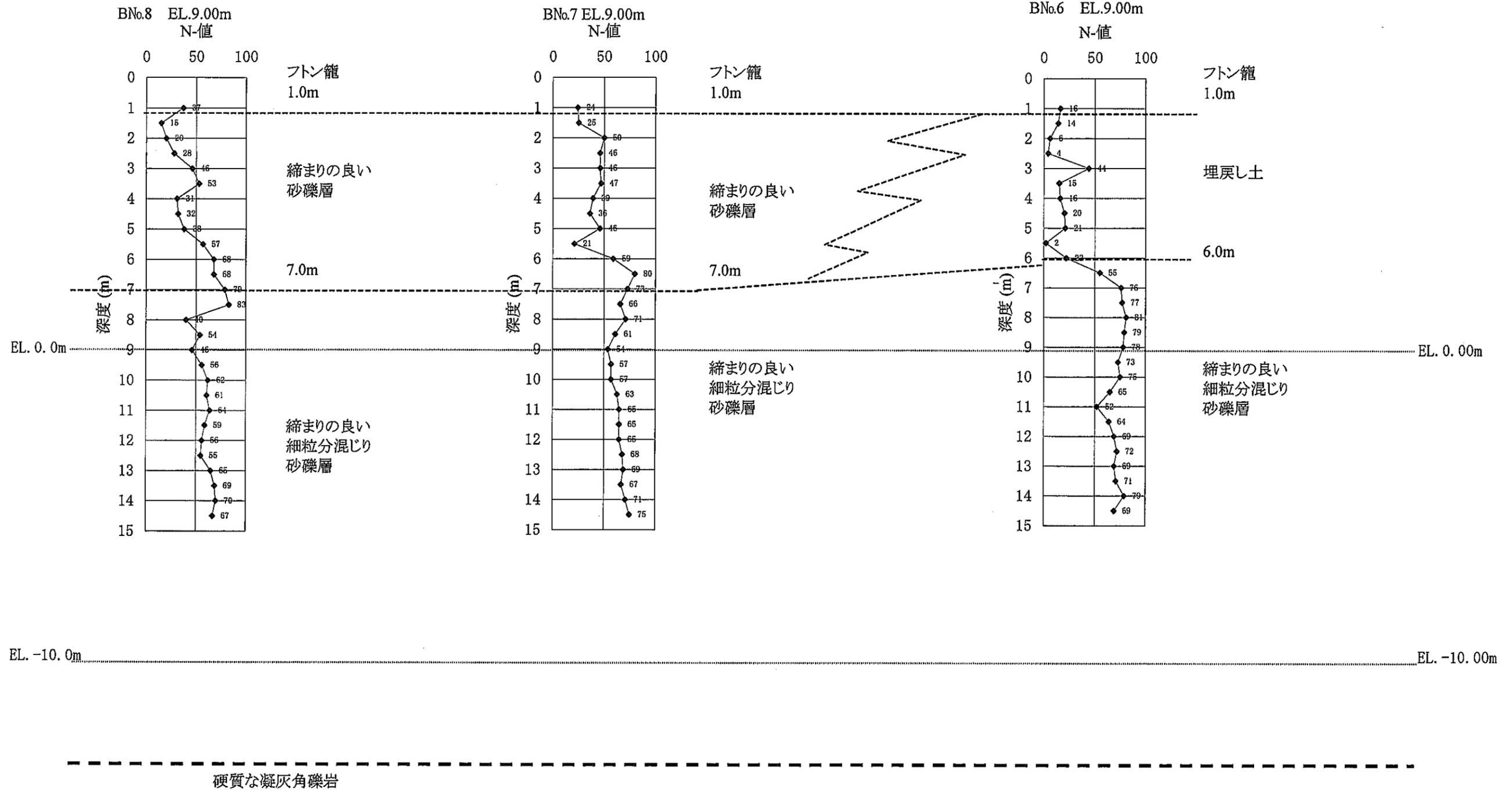


図2-20 (2/2) 調節ダム地点の地質縦断図

2.6.2 地下レーダー調査

(1) 調査目的

水叩き部直下の地盤状況について、地盤のゆるみおよび空洞等の損傷箇所を面的に把握することを目的とした。

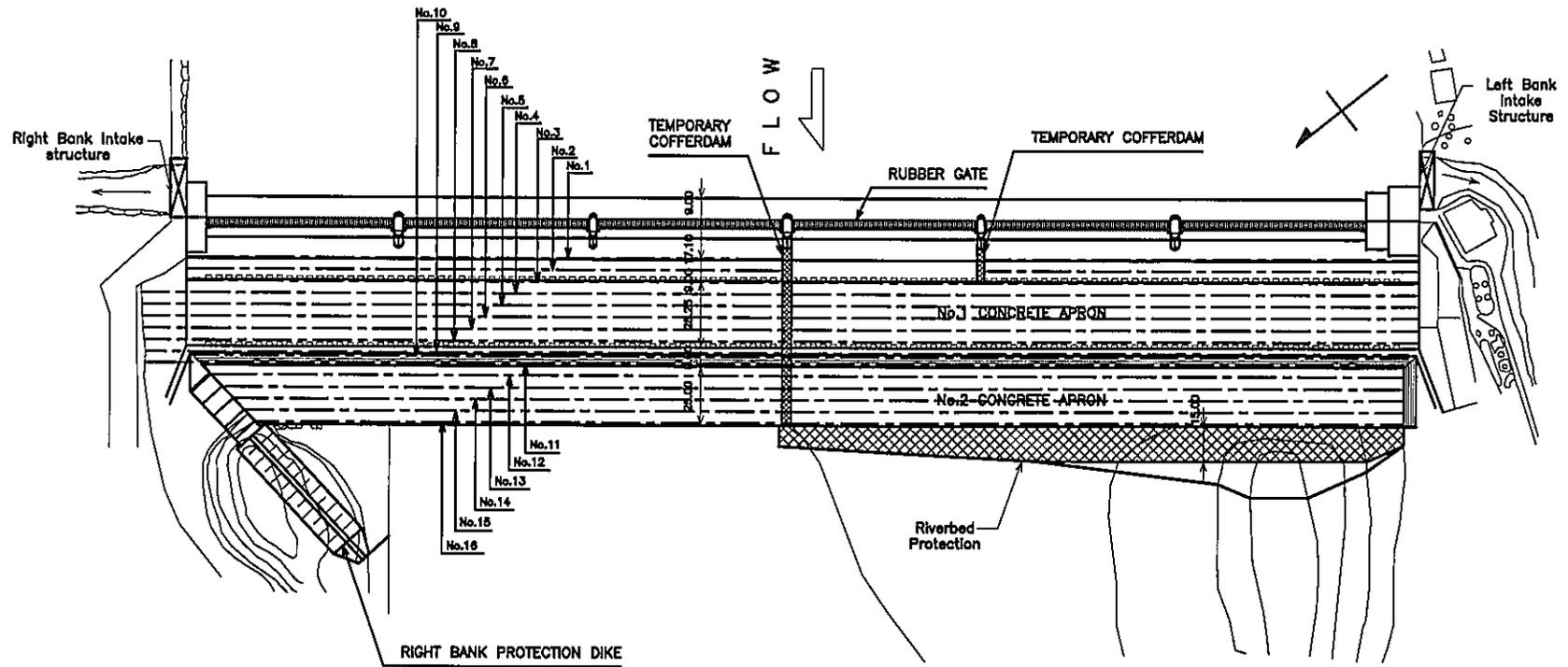
また、同時に水叩き部を掘削し、地盤状況（材料、締まり具合、地下水位）の目視観察を行った。

(2) 位置および数量

レーダー調査位置を図 2-21 に、調査諸元を表 2-34 に示す。

表 2-34 地下レーダー調査の諸元

測線	位置	測線長
1	第 1 水叩き上流側  第 1 水叩き下流側	185m(L),252m(R)小計 437m
2		185m(L),252m(R)小計 437m
3		266m(L),252m(R)小計 518m
4		266m(L),270m(R)小計 536m
5		266m(L),270m(R)小計 536m
6		266m(L),270m(R)小計 536m
7		266m(L),270m(R)小計 536m
8		266m(L),270m(R)小計 536m
9		266m(L),270m(R)小計 536m
10	第 1 水叩きと第 2 水叩きの斜部	260m(L),270m(R)小計 530m
11		260m(L),270m(R)小計 530m
12	第 2 水叩き上流側  第 2 水叩き下流側	260m(L),240m(R)小計 500m
13		260m(L),240m(R)小計 500m
14		260m(L),240m(R)小計 500m
15		260m(L),240m(R)小計 500m
16		260m(L),240m(R)小計 500m
合計 16 測線		測線長 8,168m



SIDING PLAN FOR RADAR SURVEY

NOTE: STANDARD INTERVAL OF SIDING LINE FOR RADAR SURVEY IS 5.0M.



図 2-21 レーダー調査位置図

(3) 探査方法

地下レーダー探査は地表に送受信用のアンテナを設置して地中に電磁波（数 10MHz～数 GHz）を放射し、この電磁波の反射を捉えることにより地盤浅部の地下構造、または空洞、埋設物などの存在を非破壊的に把握する探査である（図 2-22）。この探査は、電磁波反射法・地中レーダー法・パルスレーダー法・電磁波レーダー法とも呼ばれている。

一般に媒質内を伝播する電磁波は、媒質での誘電率や比抵抗の異なる境界面において反射・屈折・分散といった現象を起こす。

地盤においては、地質境界・埋設物・地盤性質の違う箇所（空洞等）・地下水面等が誘電率や比抵抗が異なる境界面となり、電磁波の反射面・屈折面・分散面として表れることが多い。

主な物質の比誘電率、電磁波伝播速度および比抵抗値を表 2-35 に示す。

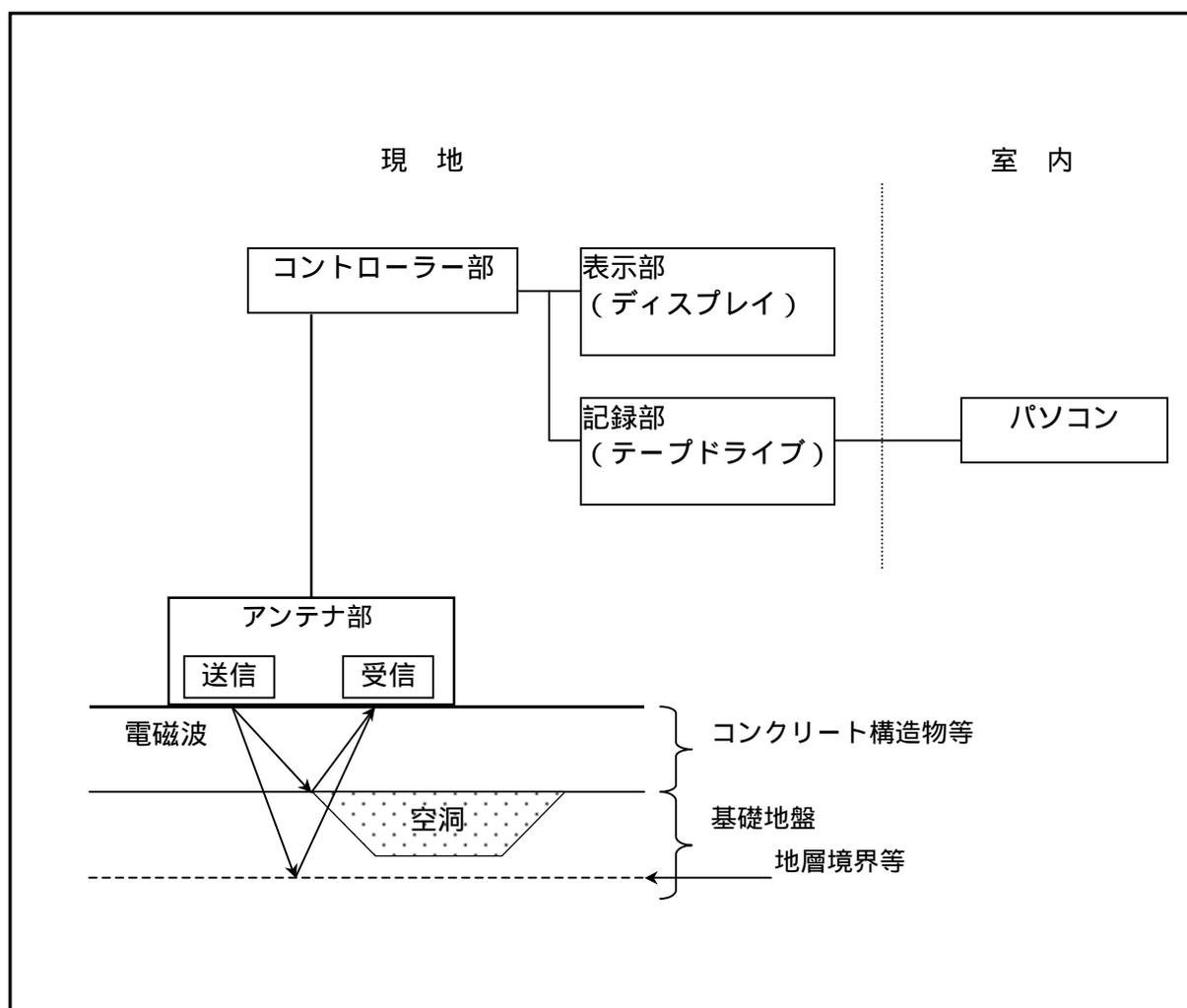


図 2-22 地下レーダー探査概要図

表 2-35 主な物質の電磁気的特性

物質名	比誘電率 r	電磁波伝播速度 (cm / ns)	比抵抗 (Ω m)
空気	1	30	無限大
水	81	3.3	1 ~ 1000
金属	1	-	0
コンクリート	5 ~ 14	8 ~ 13	20 ~ 2000
花崗岩	5 ~ 7	11 ~ 13	1000 以上
砂礫	2 ~ 14	8 ~ 15	200 以上
粘性土	16 ~ 36	5 ~ 8	10 ~ 200

関東地方建設局(1997)：「中川護岸下空洞探査業務報告書」

電磁波探査に使用する周波数は、探査深度や探査目的により設定される。一般的には、目的に応じて表 2-36 に示すような周波数が経験的に適応されている。

今回の探査により採用したアンテナの周波数は、探査目的が主にエプロン下部の空洞であり、コンクリート厚が最大 1.0m未満であることから 500MHz とした。

表 2-36 探査に使用するアンテナ周波数の例

周波数 (MHz)	主な用途	探査能力	備考
1000	コンクリート内の鉄筋・ケーブル配管などの探査	40cm 以内	
900	同上	80cm 以内	
500	埋設管・ケーブル・空洞の探査	2m 以内	採用周波数
300	同上	4m 以内	
100	埋設管・空洞・地質の探査	10m 以内	

(財)国土開発技術研究センター(1998)：「河川構造物の物理探査要綱(案)」

(4) 調査結果

探査により得られた各測線の解析画像を基に、エプロン下部の地盤状況を検討し、ルーズおよび空洞化している可能性がある箇所を抽出した。

なお、解析手法は図 2-23 に示すようなフローにて行った。

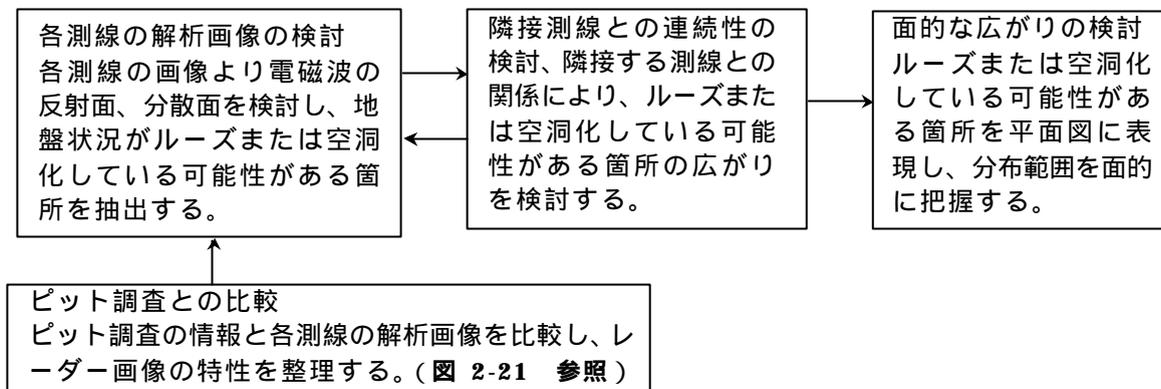


図 2-23 解析手法のフロー

地下レーダー調査の解析結果を図 2-24 に示すとともに、解析画像の一例を図 2-25 に示す。解析結果を基にエプロン下部の地盤状況が、ルーズまたは空洞化している可能性が高い箇所を表 2-37 に整理した。

表 2-37 ルーズまたは空洞化している可能性が高い箇所の概要

	概略の位置		規 模		状 況
	横断方向	上下流方向	幅 (横断方向)	長さ (上下流方向)	
第 1 エ プ ロ ン	左岸端部	中央部	15m	10m	ルーズな状態が想定される。
	第1ゲート右岸側～ 第2ゲート左岸側	上流～中央部	80m	25m	幅20～40mの規模のルーズな箇所が3箇所集中している。
	第2ゲート中央部～ 右岸側	中央～下流側	70m	15m	1972年に陥没した履歴を有する箇所。ピット調査により下流イントシ付近には空洞化している部分を確認した。
			55m	5m	上記のうち空洞化していると推定される範囲。
	第3ゲート右岸側～ 第4ゲート左岸側	中央部	40m	10m	左記の範囲に5～10m程度のルーズな範囲が3箇所所在する。
	第4ゲート中央	上流側	5m	5m	ルーズな状態が想定される。
	第5ゲート左岸側	中央部	15m	5m	ルーズな状態が想定される。
	第5ゲート右岸側～ 第6ゲート左岸側	中央部	25m	10m	左記の範囲に5～10m程度のルーズな範囲が2箇所所在する。
	第5ゲート右岸側～ 第6ゲート左岸側	上流側	35m	5m	左記の範囲に5～10m程度のルーズな範囲が3箇所所在する。現地ではエプロンの破損箇所から湧水が認められる。
	第6ゲート中央部	上流部	5m	5m	ルーズな状態が想定される。
	第6ゲート中央部	中央部	15m	10m	ルーズな状態が想定される。
第6ゲート右岸側	上流部	10m	5m	ルーズな状態が想定される。	
第 2 エ プ ロ ン	左岸端部	下流側イントシ	5m	5m	ルーズな状態が想定される。下流側のふとん籠に窪みが形成されている。
	第1ゲートと第2ゲ ートの中間	下流側イントシ	20m	5m	ルーズな状態が想定される。
	第3ゲート右岸側	下流側イントシ	7m	5m	ルーズな状態が想定される。
	第4ゲート左岸側	下流側イントシ	20m	5m	ルーズな状態が想定される。
	第4ゲート右岸側	下流側イントシ	10m	5m	H10破損箇所の近傍に位置する。ルーズな状態が想定される。

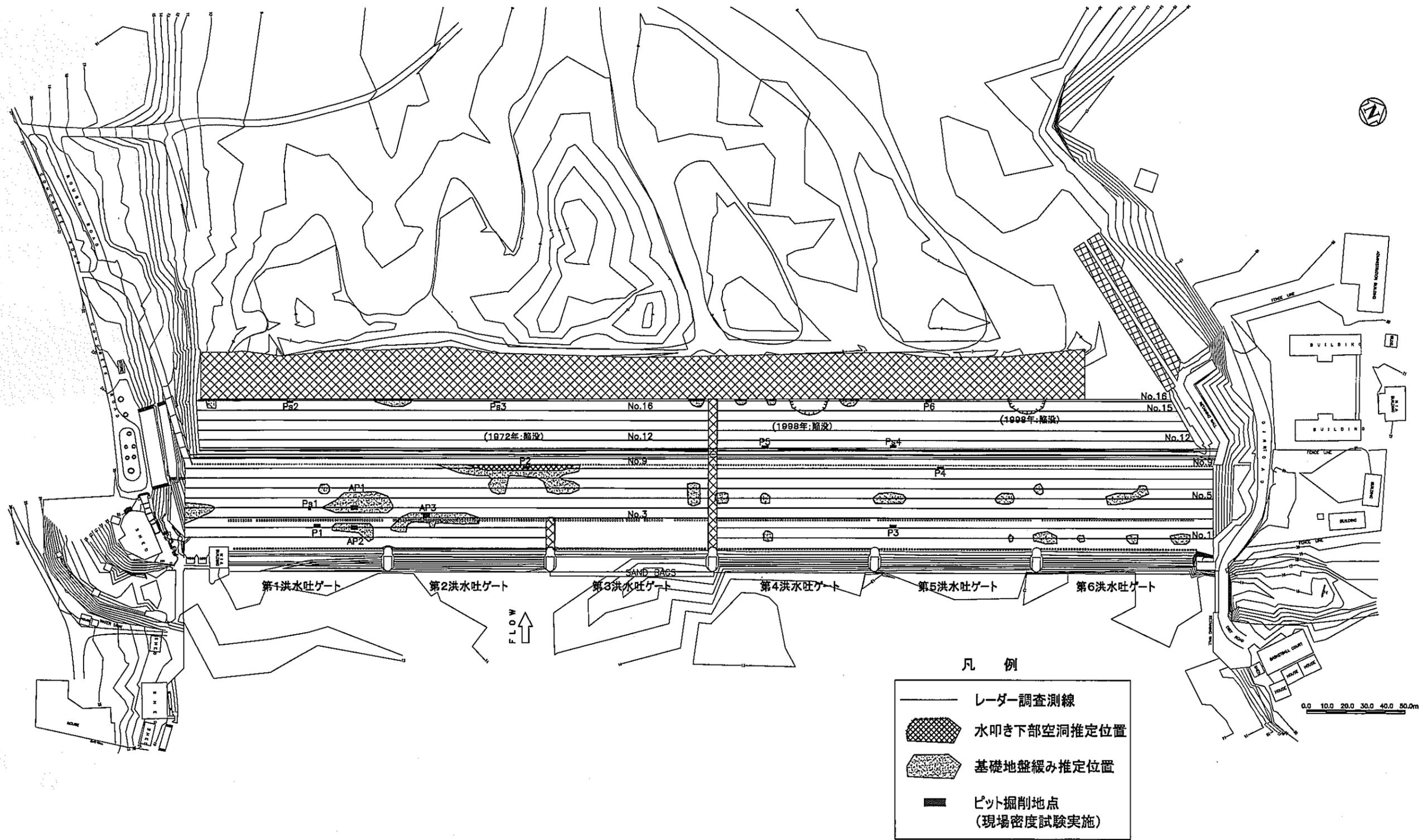


図 2-24 水叩き下部地盤地下レーダー調査結果

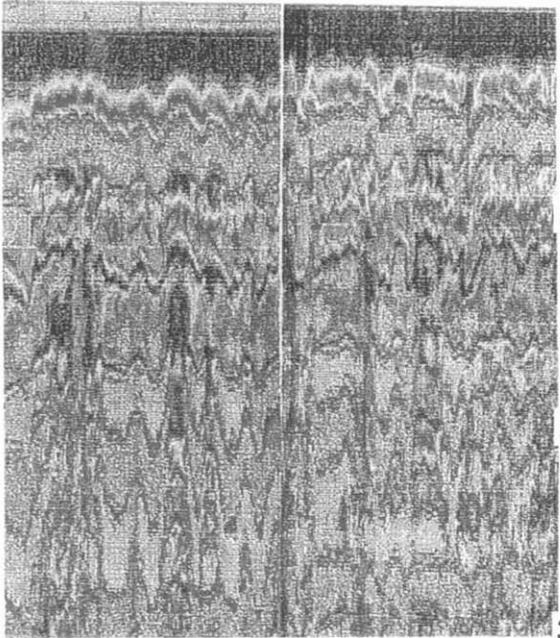
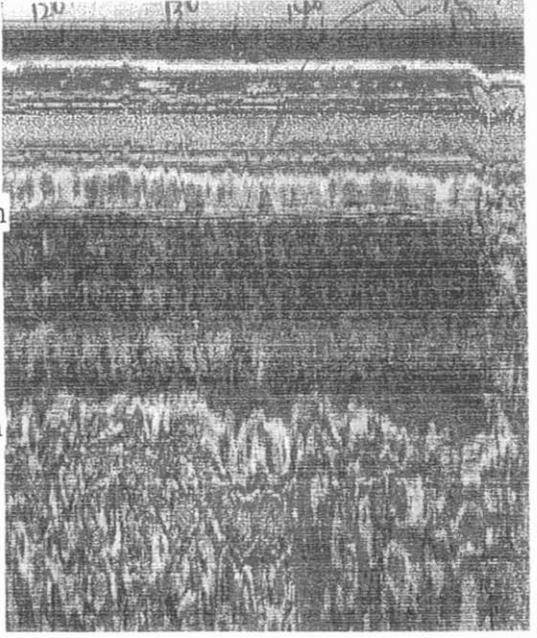
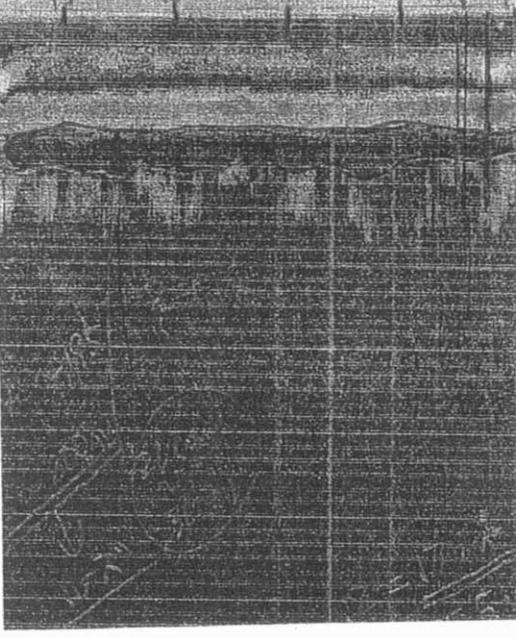
解析画像の状態	深度方向の電磁波の分散が少なく、深部まで画像が得られているもの	コンクリート直下の電磁波の分散がやや大きい が、深部における反射波が解析できているもの	コンクリート直下の電磁波の分散が大きく、深部まで電磁波が到達していないため解析画像が得られていないもの
状態	良く締まった状況と想定される	コンクリート直下でルーズな状態となっている と想定される	コンクリート直下に空洞が形成されていると考 えられている
画像例			

図2-25 レーダー解析画像の一例

2.6.3 水叩き底面地盤の密度試験

(1) ピット調査及び密度試験結果

エプロン直下の状況を確認するため、ピット掘削による目視観察を行い、砂礫地盤の現場密度試験を行った。ピット位置は図 2-24 を参照されたい。なお、アンガット川調整ダムでは、破損した第 3 ゲートからの漏水が比較的多く、エプロン部分を完全に乾燥状態にはできなかったため、掘削は図 2-24 に示した地点に制約された。

掘削したピットでは、コンクリートと基礎地盤の境界部や基礎地盤の状態（土質、締めり具合等）に着目した目視観察を行い、コンクリート直下の基礎地盤で現場密度試験を行った。なお、現場密度試験は、「JGS1612 水置換による土の密度試験」に準拠した。ピット調査及び現場密度試験結果を表 2-38 に示す。

ピット調査では、13 地点のうち空洞が確認されたピット P 2 を除き、コンクリート部と基礎地盤（礫混じり砂）の境界部は密着した状態が確認された。これらの地点における乾燥密度は、第 1 エプロンの基礎地盤で $21.49 \sim 20.83 \text{ kN/m}^3$ ($2.19 \sim 2.12 \text{ g/cm}^3$) と非常に高い値を示し、第 2 エプロンでは $15.92 \sim 15.87 \text{ kN/m}^3$ (1.62 g/cm^3) の値を示した。第 2 エプロン部の基礎地盤は、第 1 エプロンの基礎地盤と比較すると、細粒分をやや多く含んだ状況が確認されており、土質性状の違いがあるものと考えられるが、目視及び掘削時の状況では締まった状態であった。なお、レーダー調査では異常の認められた地点はない。

一方、ピット P 2 地点では、コンクリート部と基礎地盤の境界部に幅 20～30 cm の空洞が確認された。本地点は、レーダー調査で空洞化していることが懸念された箇所の一部であるが、過去には 1972 年に陥没が発生し、翌年対策が行われた箇所である。基礎地盤は、径 50 cm 程度の軟質な凝灰岩礫が積み重なった状態で、礫間には一部に砂質土が存在するものかなり空隙の多い状況が確認された。乾燥密度は、これらの状況を反映して 13.54 kN/m^3 (1.38 g/cm^3) と非常に締まりの悪い低い値となっている。

レーダー調査において地盤の空洞化または地盤が緩んでいると想定されたエリアのうち、第 1、2 ゲート直下の水叩きに対してピット調査を行い（AP1、AP2、AP3）、基礎地盤とコンクリートの密着度、地盤の土質性状、締めり具合、地下水面等を観察した。その結果、上記 3 ピット地点ではコンクリートと地盤の密着度は良好で、空洞のようなものは確認されなかった。また、地盤は径の大きい礫を多く含む砂礫土砂であること、地下水面は地盤表面に現れていないこと、地盤中に薄い粘土またはシルト質土を挟んでいること、水を含むと細粒分が緩くなり易いこと等がわかった。地盤の締めり具合はそれほどルーズではない。また、平成 8 年 6 月に実施したアンガット川灌漑調整用ダム改修計画において実施したボーリング調査結果によると、ピット AP1、AP2、AP3 付近の水叩き直下の地盤は N 値が 20～25 とやや緩めであり、粘質土を間に挟む礫を多く含む土砂であることがわかっており、今回の調査結果はこれとほぼ同様になっている。

表 2-38 ピット調査及び現場密度試験結果

ピット No.	位置	ピットの状況					現場密度試験結果			
		ピット規模 幅×長さ×深さ (cm)	コンクリート厚等	基礎地盤の状況	コンクリートと基礎地盤の境界部の状況	地下水等	試験坑規模 幅×長さ×深さ (cm)	密度(自然)	乾燥密度	含水比
P 1	第1工区ポンプ上流、 第1ゲート中央	150×150×60	コンクリート厚：55 cm 鉄筋：なし。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂。非常に締まりが良い。	密着している。	確認されない。	40×40×40	21.01kN/m ³ (≒2.14g/cm ³)	20.83kN/m ³ (≒2.12g/cm ³)	0.88%
P 2	第1工区ポンプ上流、 第2ゲート右岸端部	150×150×70	コンクリート厚：70 cm 鉄筋：地表より17cm、52cm の深度にあり。φ=11mm、30cm 格子で背筋。 1972年に陥没した履歴を 有し、翌年改修工事が行わ れている。	径50 cm程度の軟質な凝灰岩礫が積み 重なっている。礫間には一部に砂質 土が存在するが、空洞化した部分が 多く認められる。 大礫を含む淘汰の悪い礫混じり砂質 土で、非常に締まりが悪い。	コンクリート直下に幅20~30 cm の空洞が存在する。 空洞は上流側に3.5 m以 上、側方に2.5 m以上の広 がりを持っている。	確認されない。	40×40×35	13.99kN/m ³ (≒1.43g/cm ³)	13.54kN/m ³ (≒1.38g/cm ³)	3.20%
P 3	第1工区ポンプ上流、 第5ゲート左岸側	150×150×60	コンクリート厚：55 cm 鉄筋：なし。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂。非常に締まりが良い。	密着している。	確認されない。	50×50×30	21.81kN/m ³ (≒2.22g/cm ³)	21.04kN/m ³ (≒2.14g/cm ³)	3.52%
P 4	第1工区ポンプ上流、 第5ゲート中央	150×150×40	コンクリート厚：35 cm 鉄筋：地表より20cmの深 度にあり。φ=11mm、30cm 格子で背筋。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂。非常に締まりが良い。	密着している。	確認されない。	50×50×30	21.84kN/m ³ (≒2.23g/cm ³)	21.49kN/m ³ (≒2.19g/cm ³)	1.61%
P 5	第2工区上流端、 第4ゲート左岸側	150×150×73	コンクリート厚：70 cm 鉄筋：地表より20cmの深 度にあり。φ=11mm、30cm 格子で背筋。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂。(細粒分がやや多い) 締まりは良い。	密着している。	地表より78 cm(基礎 地盤より8 cm)の深度 で確認。	50×50×20	17.68kN/m ³ (≒1.80g/cm ³) (飽和状態)	15.87kN/m ³ (≒1.62g/cm ³)	10.22%
P 6	第2工区ポンプ上流、 第5ゲート左岸側	150×150×32	コンクリート厚：30 cm 鉄筋：地表より15cmの深 度にあり。φ=11mm、30cm 格子で背筋。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂。(細粒分がやや多い) 締まりは良い。	密着している。	地表より39 cm(基礎 地盤より9 cm)の深度 で確認。	50×50×20	17.66kN/m ³ (≒1.80g/cm ³) (飽和状態)	15.92kN/m ³ (≒1.62g/cm ³)	9.86%
Ps1	第1工区ポンプ下流、 第1ゲート中央部、	50×50×50	コンクリート厚：45 cm 鉄筋：なし。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂。非常に締まりが良い。	密着している。	確認されない。	—	—	—	—
Ps2	第2工区ポンプ上流、 第1ゲート中央	50×50×30	コンクリート厚：30 cm 鉄筋：地表より17cmの深 度にあり。φ=11mm、30cm 格子で背筋。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂。(細粒分がやや多い) 締まりは良い。	地下水位以深のため目視 できないが、指先の感触で は密着している。	地表より16 cm(コンク リート内)の深度で確認。	—	—	—	—
Ps3	第2工区ポンプ上流、 第2ゲート中央	50×50×30	コンクリート厚：30 cm 鉄筋：地表より15cmの深 度にあり。φ=11mm、30cm 格子で背筋。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂(細粒分がやや多い)。 締まりは良い。	地下水位以深のため目視 できないが、指先の感触で は密着している。	地表より15 cm(コンク リート内)の深度で確認。	—	—	—	—
Ps4	第2工区上流端、 第5ゲート左岸側	50×50×70	コンクリート厚：70 cm 鉄筋：地表より20cmの深 度にあり。φ=11mm、30cm 格子で背筋。	径3 cm程度の円礫を含む淘汰の良い 礫混じり砂。(細粒分がやや多い) 締まりは良い。	地下水位以深のため目視 できないが、指先の感触で は密着している。	地表より45 cm(コンク リート内)の深度で確認。	—	—	—	—
AP1	第1工区ポンプ下流、 第1ゲート右岸部	120×120×50	コンクリート厚：45 cm 鉄筋：なし。	径2~3cmの円礫を多く含む砂礫土 砂。薄いシルト層を間に挟む。水が入 るとルーズになる。腐食臭がする。	密着している。	確認されない。	—	—	—	—
AP2	第1工区ポンプ上流、 第1ゲート右岸部	120×120×60	コンクリート厚：60 cm 鉄筋：なし。	赤みのある砂礫土砂。土の締まり具 合は良い。	密着している。	確認されない。	—	—	—	—
AP3	第1工区ポンプ下流、 第2ゲート左岸部	120×120×50	コンクリート厚：45 cm 鉄筋：なし。	径4~5cmの円礫を多く含む砂礫土 砂。水を含むと細粒分は緩くなる。 地盤はやルーズ。	密着している。	確認されない。	—	—	—	—