

室内試験	ボーリングコア試験	計	17 サンプル
	材料試験	6 カ所 計	10 サンプル

これらの各地質調査工事の位置図をFig. 7-1 に、詳細リストをTable 7-1に示す。

7.1.3 既存資料

上部計画及び下部計画地域を含む既存地質および地震資料は、Table 7-2に示す通りである。本報告書をまとめるにあたっては、本調査団の調査結果とともにこれらの既存地質および地震資料も参考とした。

Table 7-1 List of Geological Investigations

[DRILLING WORK AND PERMEABILITY TEST]

Hole No.	Site	Coordinate		Elevation (m)	Length (m)	Permeability T	
		N	E			F (Times)	P (Times)
KU-1	Upper	9,053,964	813,957	1,373.61	50.0	4	0
KU-2	"	9,054,175	814,175	1,356.66	30.0	4	0
KU-3	"	9,054,093	814,405	1,361.23	50.0	3	2
KL-1	Lower	9,050,962	813,883	1,135.25	20.0	2	3
KL-2	"	9,050,996	813,974	1,132.17	20.0	2	2
KL-3	"	9,050,558	814,150	1,139.99	20.0	3	0
KL-4	"	9,047,352	813,488	325.04	20.0	2	0
KL-5	"	9,047,258	813,468	315.66	20.0	2	3
KM-1	Material	9,052,992	814,005	1,153.72	20.0	-	-
KM-2	"	9,046,281	814,320	281	20.0	-	-
Total 10 holes					270.0	22	10

Note: F; Falling head (Permeability test in unconsolidated deposit).
 P; Packer test (Permeability test in hard rock).

[TEST FITTING]

Pit No.	Site and Geology	Coordinate		Elevation (m)	Length (m)
		N	E		
P-1	Upper; Residual soil	9,054,855	814,636	1,355	2.0
P-2	Upper; River deposit	9,054,190	813,324	1,295	2.0
P-3	Upper; River deposit	9,053,010	814,128	1,150	1.2
P-4	Lower; River deposit	9,046,310	814,340	281	1.6
Total 4 pits					6.8

[SEISMIC PROSPECTING]

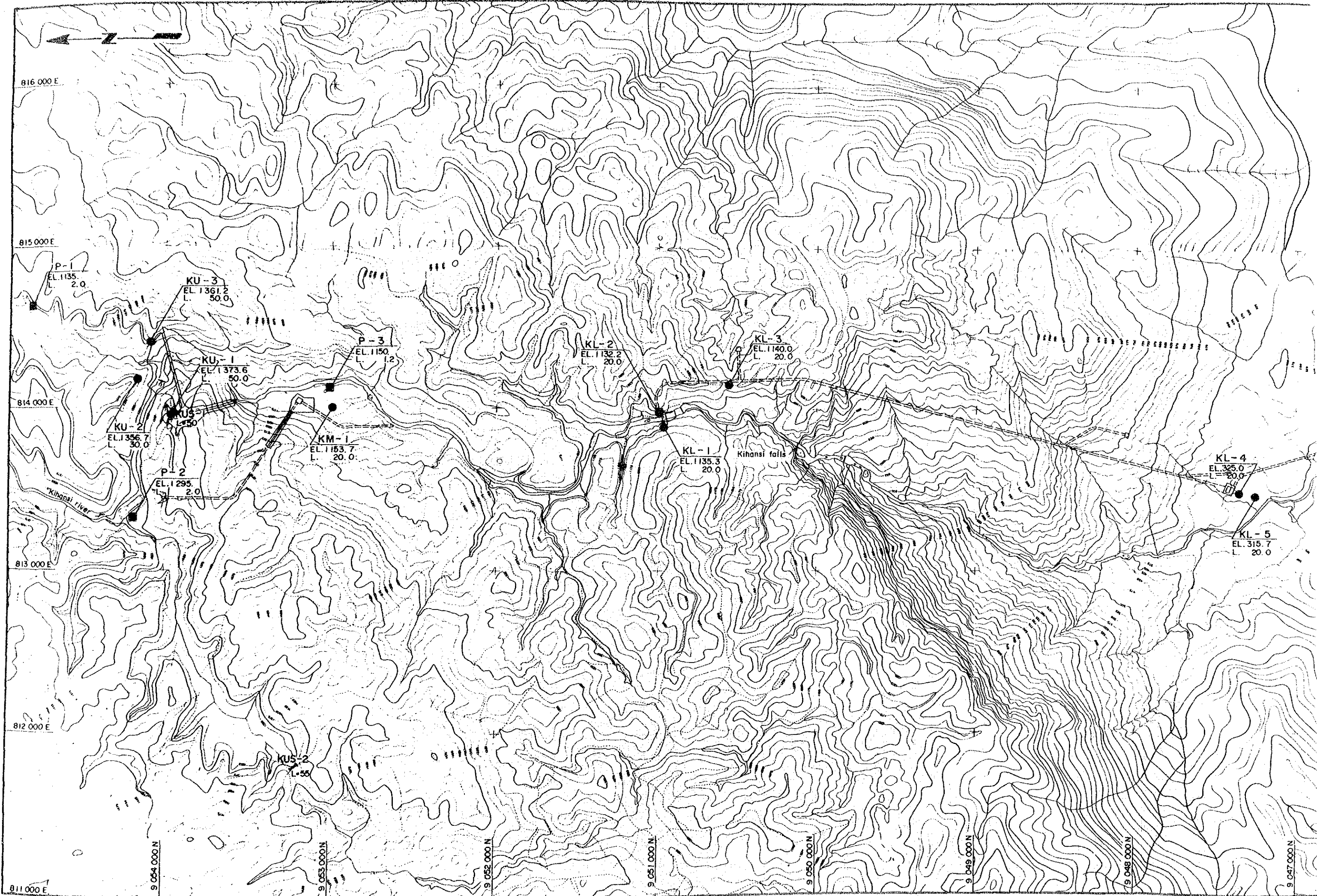
Line No.	Site	Coordinate		Elevation (m)	Length (m)	Note
		N	E			
KUS-1	Upper	9,053,962	813,984	1,370	50	KU-1 is on this line.
		9,053,958	813,934	~1,380		
KUS-2	Upper	9,053,225	811,785	1,364	55	West rim of reservoir.
		9,053,180	811,810	~1,370		

[LABORATORY TEST]

Test	Quantity	Test Item
Core material test	5 Samples	Specific gravity, Compaction, etc.
Concrete aggregate test	5 Samples	Alkali-aggregate reaction, etc.
Drilled core test	17 Samples	Unconfined compression, etc.

Table 7-2 List of Reference Data

Title	Note
1. Rufiji Basin Hydropower Master Plan Report	Norconsult Nov.1984
2. The Geology of the Rufiji Basin with reference to proposed dam sites	Geological Survey of Tanganyika 1962
3. Summary of the Geology of Tanzania	Mineral Resources Division, Tanzania 1970
4. Geological Map "Utengulu, Sheet 249" Scale 1/125000	German Geological Mission in Tanzania 1970
5. Geological Map "Dabaga, Sheet 233" Scale 1/125000	German Geological Mission in Tanzania 1971
6. The Geochronology of the Tanzanian Shield	K. Bell and M. H. Dodson 1981 J. of Geo. Vol. 89
7. The Earthquake Data File	NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)



816 000 E

815 000 E

814 000 E

813 000 E

812 000 E

811 000 E

9 054 000 N

9 053 000 N

9 052 000 N

9 051 000 N

9 050 000 N

9 049 000 N

9 048 000 N

9 047 000 N

P-1
EL. 1135.0
L. 2.0

KU-3
EL. 1361.2
L. 50.0

KU-1
EL. 1373.6
L. 50.0

P-3
EL. 1150.0
L. 1.2

KU-2
EL. 1356.7
L. 30.0

P-2
EL. 1295.0
L. 2.0

KM-1
EL. 1153.7
L. 20.0

KL-2
EL. 1132.2
L. 20.0

KL-3
EL. 1140.0
L. 20.0

KL-1
EL. 1135.3
L. 20.0

Kihansi falls

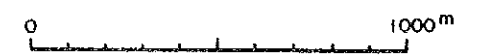
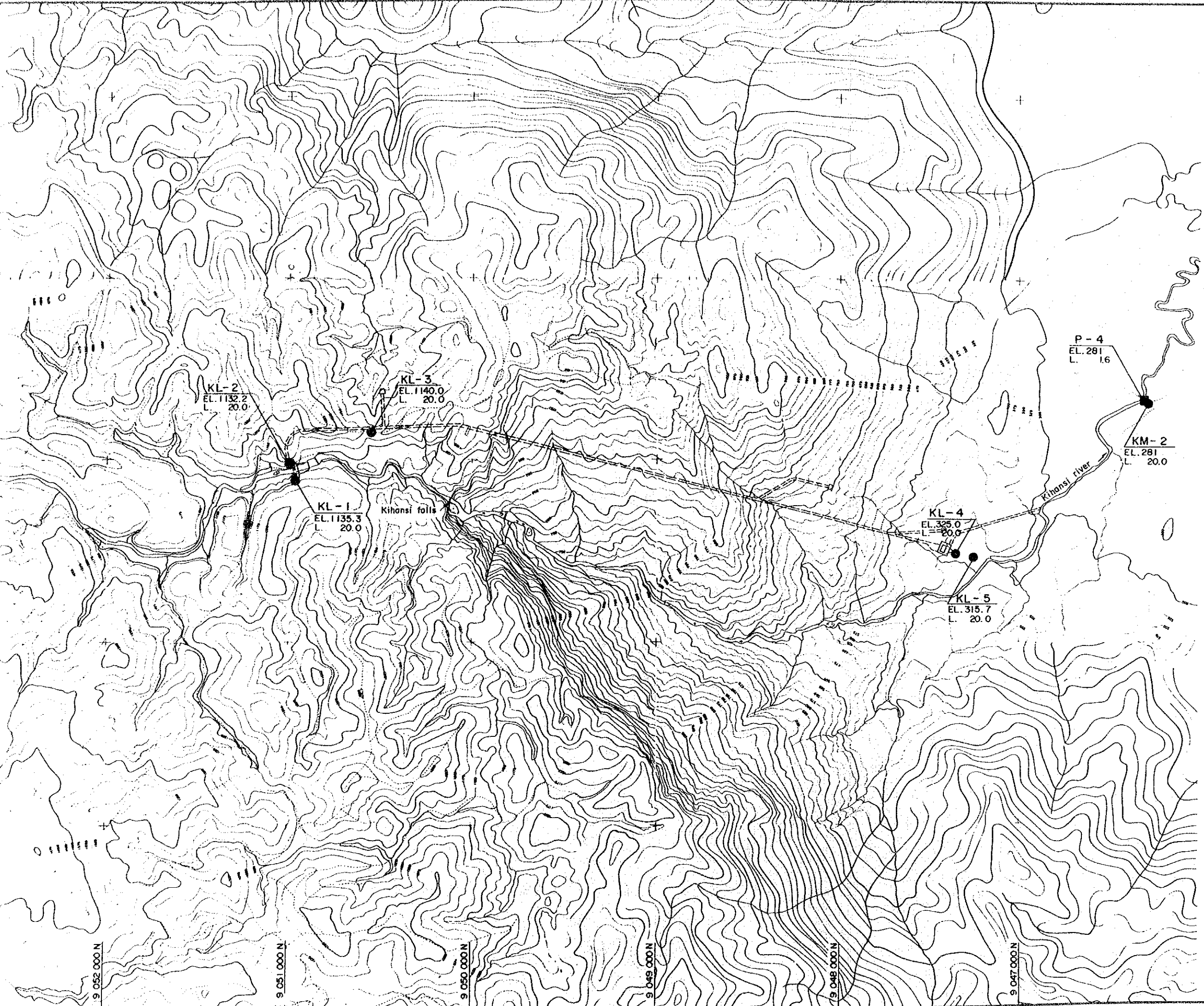
KL-4
EL. 325.0
L. 20.0

KL-5
EL. 315.7
L. 20.0

KUS-2
L. 55

LEGEND

- Drill Hole
EL: Elevation (m)
L : Length (m)
- Test Pit
EL: Elevation (m)
L : Length (m)
- Seismic Prospecting Line
L : Length (m)



KIHANSI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

LOCATION MAP OF
INVESTIGATION WORKS

Fig. 7-1 DATE:

7.2 広域地質

7.2.1 地形

Fig. 7-2 に示す通り、上部および下部計画地点はタンザニア全体から見ると、標高1,000m以上の内陸高地と標高500m以下のインド洋沿岸から続く低地との境界部にあたっている。

本プロジェクトが計画されるキハンシ川は、イリンガの南方約50kmの標高2,000mのなだらかな山地に源を発して南流し、本プロジェクト計画地点を経て、標高300mの低地（キロンベロバレー）へ出てその向きを北東に変え、チタの東方を通りキロンベロ川へ合流する。更にキロンベロ川は、イファカラを通りグレートルアハ川と合流し東へ流れて、ダルエスサラームの南方約140km でインド洋へ注いでいる。

キハンシ川の源流である標高2,000m～1,500mにかけての地域はなだらかな山容を呈し、網の目状に支流が発達したキハンシ川の河川勾配は1/50～1/130 である。その下流域の標高1,500m～1,100mにかけての地域は、山頂部はなだらかなものの河川の浸食により河川沿いに急斜面がみられるところが多い。この地域でのキハンシ川の河川勾配は約1/30で、上部計画のダムおよび発電所はこの地域に計画されている。

更にこれより下流域は、標高1,100mから標高300mまで落差800mに及ぶ急崖が発達し、キハンシ川の河川勾配はここでは約1/5 となる。下部計画はこの落差を利用しようとするものである。この急崖はキロンベロバレーに沿って北東に延び、ウズングワスカーブと呼ばれる。

標高300m以下の低地へ入ったキハンシ川は向きを北東に変え、ほとんど平坦なキロンベロバレーと呼ばれる広大な湿原の中を蛇行しながら流れ、チタとイファカラのあいだでキロンベロ川に合流する。

7.2.2 地質

(1) タンザニアの地質概要

アフリカ大陸には、先カンブリア紀の基盤岩類がひろく分布する。インド洋に面した東アフリカ中央部に位置するタンザニアも、Fig. 7-3 に示す通り、先カンブリア紀のタンザニア楕状地とそれをとりまく造山帯がひろく基盤をなしている。

タンザニア中央部から西へひろく分布しているタンザニア楕状地は、赤道直下のアフリカ中央部にひろがるコンゴ剛塊の一部をなし、花崗岩類、片麻岩類と緑色岩帯が

らなる。これまでの放射年代測定によれば、タンザニア楕状地の岩石の地質年代は、 2500 ± 100 百万年を示す。

このタンザニア楕状地をとりかこむように、東部にはウサガル造山帯と南西部にはウベンディア造山帯が分布し、その造山運動の時代は 2000 ± 200 百万年とされている。

さらに北西部のビクトリア湖西岸付近には地質年代 1100 ± 200 百万年とされるカラゲ・アンコーレ造山帯がひろがっている。タンザニア楕状地の西側を縁取るウベンディア系とカラゲ・アンコーレ系の上には、厚い砂岩、頁岩、玄武岩溶岩、珪化石灰岩などからなり先カンブリア紀末から古生代にわたって堆積したブコバ層群が分布する。

一方タンザニア東部には北はアラビア半島、エチオピア、ケニア、南はマラウィ、モザンビークと連なるモザンビーク造山帯（あるいは汎アフリカ造山帯）が分布しており、その地質年代は 600 ± 200 百万年である。

またタンザニアの南部およびインド洋沿岸部には、古生代後期から中生代初期に堆積したといわれる石炭層を挟むカルー系が認められる。

新生代の変動として特筆されるのは、東アフリカ地溝帯の形成と火山活動である。東アフリカ地溝帯はエチオピアのアファー低地にはじまり、ケニア、タンザニア、マラウィを経てモザンビークのザンベジ川の河口まで続いている。この地溝帯はタンザニアではビクトリア湖を挟んで東部地溝と西部地溝に分かれている。東部地溝はアリュージャ付近のタンザニア北部では明瞭だが、ドドマ付近のタンザニア中央部になると不鮮明となる。一方西部地溝はタンガニカ湖からマラウィ湖へと連続している。東アフリカ地溝帯の形成は、新第三紀以降であるといわれている。

この地溝帯の形成に先行して地溝帯に沿う地域では大規模な玄武岩質の火山活動があった。この活動による火山岩類は、アリュージャを中心とするタンザニア北部に広く分布している。キリマンジャロ山もこの火山活動の一環として形成されたものである。

(2) キハンシ川流域の地質

Fig. 7-3 に示す通り、キハンシプロジェクトが計画されるキハンシ川流域は、タンザニア中央部から西へひろく分布しているタンザニア楕状地の南東部を縁取るウサガル造山帯の中に位置している。

この流域を構成する基盤岩類は、先カンブリア紀の片麻岩類および花崗岩類である。

ミグマタイト質片麻岩、黒雲母片麻岩、石英-長石片麻岩等に細分される片麻岩類は、キハンシ川流域の大部分にひろく分布している。これらの片麻岩のうち分布の最も卓越する石英-長石片麻岩は、キハンシ川の源流付近からウズングワスカーブにわたる広い範囲でみとめられる。ミグマタイト質片麻岩はキハンシ川の源流付近のみ、また黒雲母片麻岩はキハンシ川の南西部に露出し、両者ともその分布範囲は石英-長石片麻岩に比べて狭い。なお片麻岩類には、小規模なレンズ状の珪岩および角閃岩が含まれる。一方、主として黒雲母花崗岩からなる花崗岩類は、キハンシ川の西側の他流域が主要分布範囲であり、キハンシ川流域では源流部にわずかに見られるにすぎない。

これらの岩石に見られる岩脈としては、石英脈、ペグマタイト脈および粗粒玄武岩脈がある。いずれの岩脈も分布面積はわずかであるが、この流域内では粗粒玄武岩脈が最も卓越している。

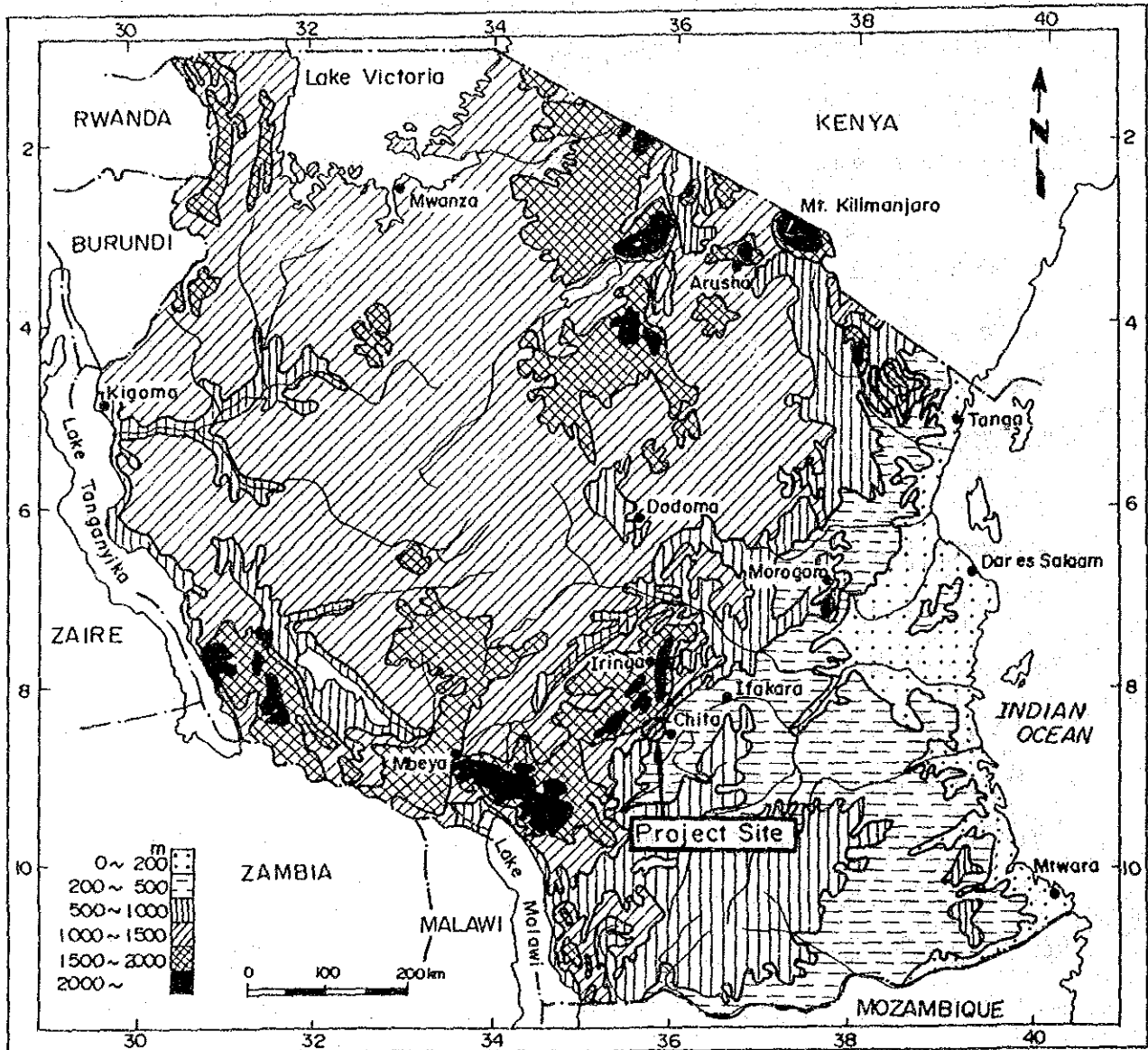
表層堆積物は、標高300m以下の広大な湿原をなすキロンベロバレーにひろく分布している。ウズングワスカーブより上の高標高部(1,100m ~2,000m)では、川沿いに所々河床堆積物が分布するにすぎない。なおFig. 7-3に見られる通り、ウズングワスカーブより上の高標高部では雨林土壌およびラテライト質土壌が基盤岩類を覆っている。

この流域の地質構造は、NE-SW あるいは NNE-SSW 方向の断層で特徴づけられる。

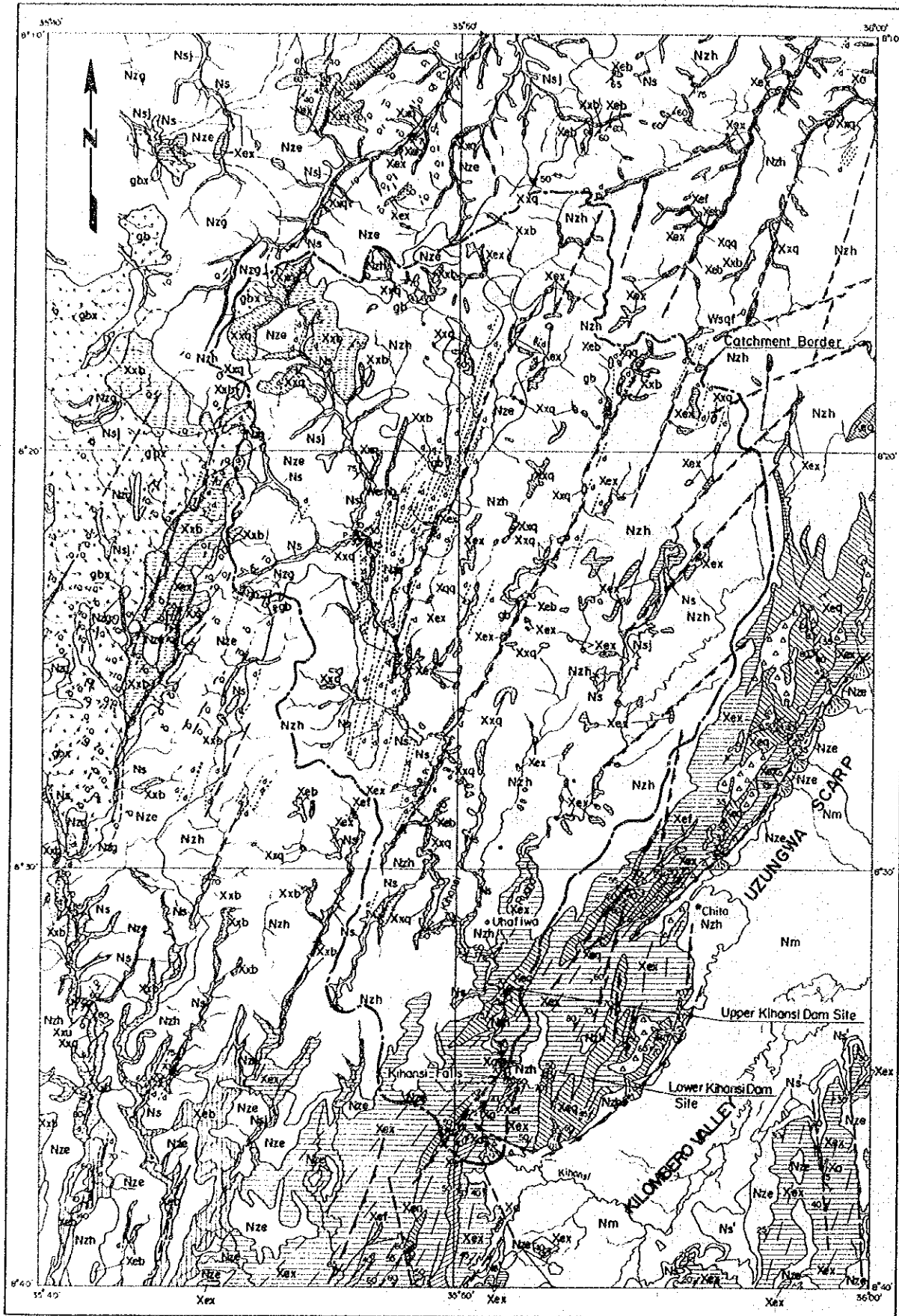
比高差800mにおよぶウズングワスカーブはこれらの断層群によって形成されたもので、その変位はタンザニア南部に分布するカルー系の堆積時期(古生代後期から中生代初期)以降と考えられている。断層以外の片麻岩の縞状構造あるいは岩脈の配列といった地質構造も、NE-SW あるいは NNE-SSW 方向に卓越している。

なお建材用レンガに使用する粘土以外に稼行可能な鉱物資源はこの流域には無いとされている。

Fig. 7-2 Topographic Map of Tanzania



REGIONAL GEOLOGICAL MAP



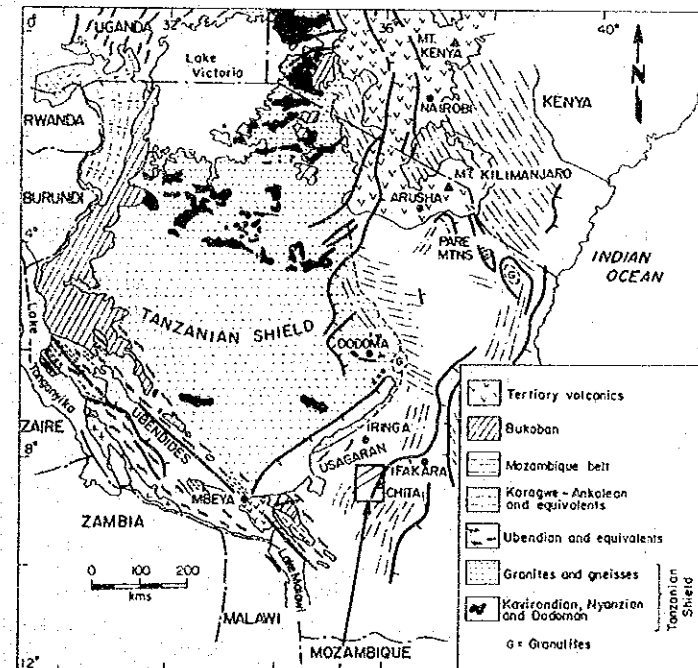
LEGEND

- QUATERNARY AND NEOGENE
- Nm Sands, grits, and clays of Kilombero Valley
 - Nsj River deposits, swampy, humic, clayey sand
 - Ns River deposits (silt, sand, gravel)
 - Ns' Yellow, pink and greyish sands, probably river deposits
 - Talus fan
 - Debris on Uzungwa Scarp
 - Nzh Humus-rich soils of rainforest
 - Nze Brownish red to chocolate brown soils, overlying gneisses and amphibolites
 - Nzg Pink to light red soils, overlying granites

- ROCKS OF MAGALILWA GRANITES
- gb⁺ Biotite granite
 - gbx^x Contaminated biotite granite
 - Wsqf Quartz phyllites and layers of sericite phyllite with magnetite
 - Wemb Muscovite-biotite gneiss: Conglomerates
- PRECAMBRIAN
- USAGARAN
- Migmatitic gneisses
- Xxb Migmatitic biotite gneiss, medium- to coarse-grained
 - Xxb' Migmatitic quartz-feldspathic gneiss, medium- to coarse-grained
 - Xxu Migmatitic biotite gneiss, occasionally with hornblende, medium- to coarse-grained
- Gneisses
- Xeb Biotite-gneiss, fine-grained
 - Xqq Quartzites
 - Xa Amphibolite
 - Xex Quartzo-feldspathic gneiss, fine- to medium-grained
 - Xef Quartzo-feldspathic gneiss with high amounts of microcline, medium- to coarse-grained
 - Xeq Quartzo-feldspathic gneiss with thick layers of quartzitic gneisses, fine-grained

- Dykes
- Quartz dyke
 - Pegmatite dyke
 - Dolerite dyke
- Geological boundaries
- Observed
 - Gradational
- Geological structures
- Foliation, inclined, vertical
 - Planar elements in granites indicated by crystals and xenoliths
 - Fold axis
 - b- lineation
 - Major fault, mark on downthrown side
 - Minor fault
 - Trend of foliation

GEOLOGICAL MAP OF THE TANZANIAN SHIELD
(After BELL and DODSON, 1981)



REGIONAL GEOLOGICAL MAP AREA

Note: This map is compiled from "Geological Map of Utengule (Sheet No. 249), scale 1:125,000, 1970" and "Geological Map of Dabaga (Sheet No. 233), scale 1:125,000, 1971" by Geological Survey of the Federal Republic of Germany.



KIHANSI HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

REGIONAL GEOLOGICAL MAP

Fig. 7 - 3

DATE

7.3 調査地域の地質概要

7.3.1 地形

上部および下部計画地点は、地形的に大略次のように3区分される。すなわち、上流側から①標高1500～1100mの比較的なだらかな山谷を見せる山地部、②標高1100～300mの落差800mに及ぶ急崖部、そして③標高約300mのほぼ平坦な低地部である。

①では、山頂部がほぼ一定標高に並び、そのなかをキハンシ川とルアハ川が河川勾配約1/30で流下している。キハンシ川とルアハ川は標高約1300mで合流し、その後南へ流れるが、両河川に合流する多くの支流は網の目状に発達し、これら支流の分水嶺はなだらかな山頂部を境にして複雑に入り組んでいる。山谷は全体になだらかであるが、これら河川の浸食により、河川沿いには約30°の急斜面がみられるところが多い。上部計画のダム、発電所等は上述の①内に計画されている。

②は、NE-SW方向に延びるウズングワスカープと呼ばれる大規模な急崖の一部をなす。キハンシ川の河川勾配はここでは約1/5となり、途中には多数の滝が見られる。その内最大の滝がキハンシ滝と呼ばれ、落差は約200mにおよんでいる。下部計画のダムと発電所は、ウズングワスカープをはさんでその上部と下部にそれぞれ計画されている。

③は、ほぼ平坦なキロンベロバレーと呼ばれる湿原地帯である。キハンシ川の河川勾配は約1/500と非常に緩く、キハンシ川は蛇行しながら北東へ向きを変える。

7.3.2 上部および下部計画地点の地質

(1) 構成地質

上部および下部計画地点は、Fig. 7-4およびFig. 7-5に示す通り、片麻岩類とそれを部分的に覆う崖錐堆積物と河床堆積物から構成される。

ここで呼称する片麻岩類とは、黒雲母片麻岩、石英片麻岩、角閃岩、ランプロファイアーなどを総称しており、これらのなかでは黒雲母片麻岩が最も広く分布している。

既往文献によれば、この地域には石英-長石片麻岩が卓越するとされているが、少なくとも計画される構造物周辺では岩石中に比較的多く黒雲母が認められるため、以下の報告にはこうした岩石を黒雲母片麻岩と呼称している。

崖錐堆積物と河床堆積物は、主として下部ダム地点より下流に分布しており、急崖の裾やキロンベロバレーに認められる。

(2) 地質構造および断層

片麻岩類の縞状構造は、全体としてNNE-SSW 方向そして西へ20° ~70° 傾斜している。この地域の航空写真判読によれば、N-S、NE-SW そしてWNW-ESE の方向に卓越してリニアメントパターンが認められる。特にそのうちN-S およびWNW-ESE 方向のリニアメントパターンは長く連続性のあるものが多い。地表露頭で確認された断層は上部ダム地点付近の2本のみで、断層崖と考えられるウズングワスカーブでも地表で断層が確認された地点はない。

(3) 風化

Fig. 7-4 およびFig. 7-5 には示されていないが、下部ダム地点付近より上流側では比較的厚い風化層が表面を覆っている。上部ダム地点でのボーリング調査によれば、30m 以上の厚さの風化層が確認されたところもある。この地域全体に河床部には比較的頻繁に岩盤露頭が認められることから、風化層はなだらかな尾根で厚く、河床付近で薄い傾向となっている。

(4) 地すべり地形および崩壊地

航空写真判読および地表踏査によれば、この地域に地すべり地形は認められない。

一方崩壊地は下部ダム地点より下流側の急傾斜地に多数分布している。いずれの崩壊地も小規模で表層の土砂あるいは風化部が滑落したものである。

(5) 岩盤評価

構造物の基礎としての岩盤を分類する上では、岩盤の「風化」「硬さ」および「割れ目の間隔」が地質工学的性質を支配する基本的要素と考えられる。このことから本地域のボーリング調査によって得られたコアは、Table 7-3 に示す岩盤分類基準に従って、分類がなされている。岩盤分類は、本来横坑坑壁面や岩盤の掘削面を対象として、上記3つの基本的要素に着目してそれぞれ5段階に区分し、その区分に基づいて構造物の基礎としての岩盤の地質工学的性状を総合的に評価するために実施されるものである。

しかしながら本調査では、横坑掘削や岩盤掘削は実施されていないため、岩盤を地質工学的に評価する手法として、ボーリングコア観察結果を指標として Table 7-4 に示す岩盤評価基準が仮定的に作成された。以下に述べる各地点の地質性状の説明には、これに基づいた岩盤評価（等級）が使用されている。

この岩盤評価と各地点で得られた岩盤強度に関するボーリングコア試験結果とを、Table 7-5 に示す。また試験結果を岩種別および岩盤評価別に整理すると以下のようになり、ここで使用する岩盤評価が地質工学的性質をある程度反映したものであることが示されている。

岩 種	岩盤評価	一軸圧縮強度(kgf/cm ²) ()は平均値	圧裂引っ張り強度(kgf/cm ²) ()は平均値
黒雲母片麻岩	ⓑ	559 (559)	—
”	ⓒ	80 ~ 543 (243)	10 ~ 32 (19)
”	ⓓ	108 (108)	22 (22)
石英片麻岩	ⓑ	784 ~ 1,109 (947)	40 ~ 68 (54)
”	ⓒ	701 ~ 799 (750)	—
角閃岩	ⓑ	1,844(1,844)	152 (152)
”	ⓒ	571 (571)	25 (25)
ランゴロファイター	ⓒ	2,335(2,335)	105 (105)

なお Table 7-4 に示した岩盤評価基準は、将来横坑掘削などの調査が実施された場合には、同一地点でのボーリングコアとの対比などによって修正すべき点があれば修正されるべき性格のものである。

Table 7-3 Standard of Rock Classification for Drilled Core

Weathering		Hardness		Interval of Cracks	
1	Very Fresh. No weathering of mineral component.	1	Very hard. Broken into knifeedged pieces by strong hammer blow.	1	Over 30 cm
2	Fresh. Some minerals are weathered slightly. Usually no brown crack.	2	Hard. Broken into pieces by strong hammer blow.	2	10 - 30 cm
3	Fairly fresh. Some minerals are weathered. Cracks are stained and with weathered mineral.	3	Brittle. Broken into pieces by medium hammer blow.	3	3 - 10 cm
4	Weathered. Fresh portions still remain partially.	4	Very brittle. Easy broken into pieces by medium hammer blow.	4	1 - 3 cm
5	Strongly weathered. Most minerals are weathered and altered to second minerals.	5	Soft. Able to dig with hammer.	5	Under 1 cm

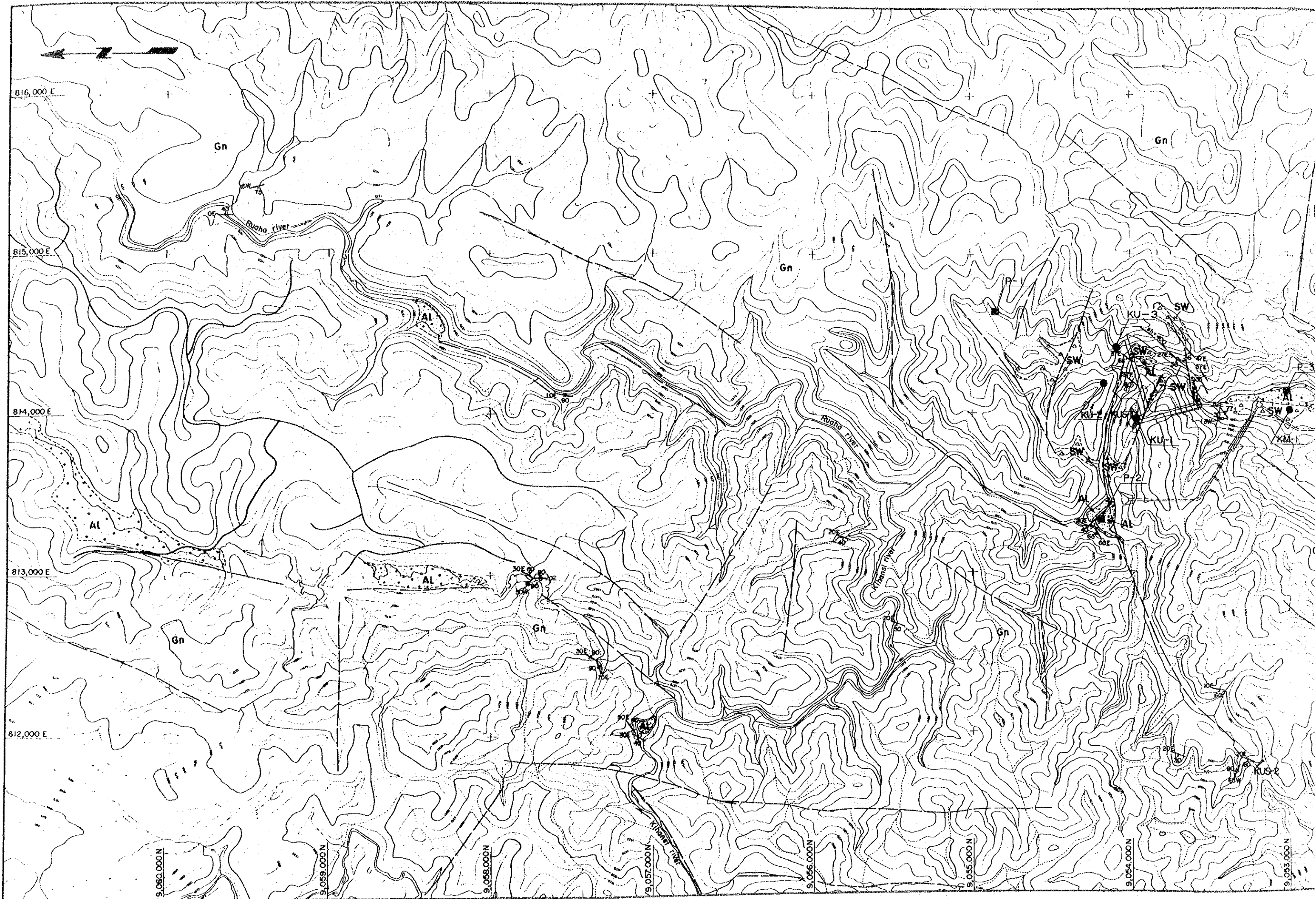
Table 7-4 Rock Evaluation

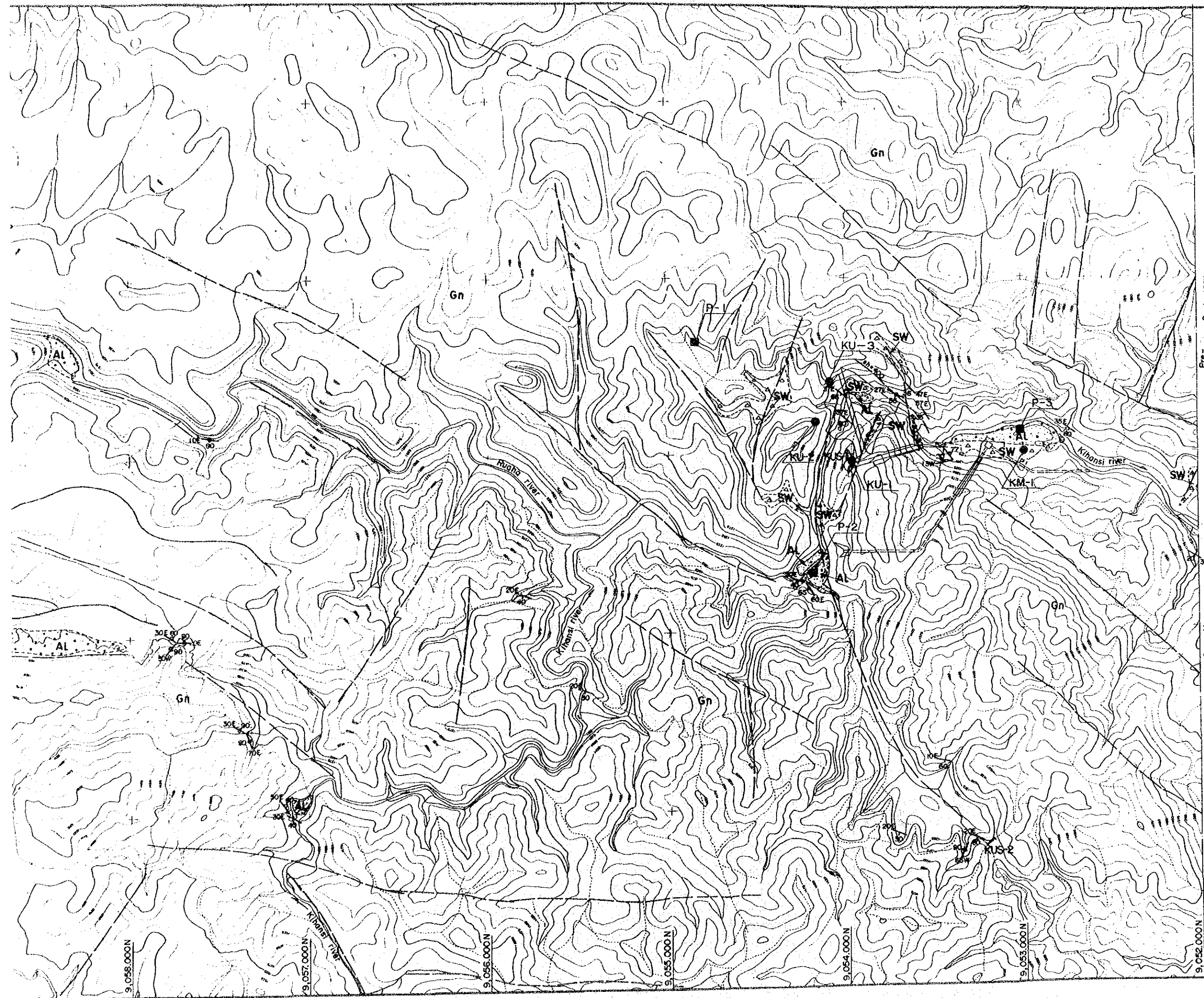
Grade	Field recognition	Standard of rock classification (Core) Weathering : Main rank Hardness Interval of cracks	Master plan report classification (Nov. 1984)
(a)	Very Fresh. No weathering of mineral component. Very hard.	① ~ 2 ① ~ 2 ① ~ 2	F/I
(b)	Fresh. Some minerals are weathered slightly. Hard.	1 ~ ② ~ 3 1 ~ ② ~ 3 1 ~ ② ~ 3	SW/II
(c)	Fairly fresh. Some minerals are weathered. Cracks are stained and with weathered mineral. Brittle.	2 ~ ③ ~ 4 2 ~ ③ ~ 4 2 ~ ③ ~ 4	MW/III
(d)	Weathered. Fresh portions still remain partially. Very brittle. Contained fractured zone.	3 ~ ④ ~ 5 3 ~ ④ ~ 5 3 ~ ④ ~ 5	HW/IV
(e)	Strongly weathered. Most minerals are weathered and altered to second minerals. Soft. Contained fault clay zone.	4 ~ ⑤ 4 ~ ⑤ 4 ~ ⑤	CW/V
Residual soil (e)	No recognisable rock texture. Surface layer contains humus and plant roots.	- - -	RS/VI

Table 7-5 Results of Drilled Core Test

Hole No. in Depth (m)	Rock Name	Rock Evalu- ation	Specific Gravity	Absorp- tion (%)	Unconfined Compression (kgf/cm ²)	Tensile Splitting (kgf/cm ²)
KU-1 33.2-33.5	B-Gn	c - (d)	2.1	2.8	110	10
" 35.4-35.6	Q-Gn	c	2.3	0.4	701	-
" 35.7-35.9	"	c	2.2	0.6	799	-
KU-3 30.5-30.8	Am	c - (d)	2.4	0.6	571	25
" 36.7-37.0	Q-Gn	b	2.1	0.5	784	40
KL-1 5.5-5.8	B-Gn	c - (d)	2.2	3.9	80	-
" 15.0-15.3	"	c - (b)	2.3	1.2	154	17
" 17.5-18.0	La	c - (b)	2.9	0.03	2,335	105
KL-2 9.7-10.0	B-Gn	c - (b)	2.1	2.6	138	15
" 15.5-16.0	Am	b - (a)	2.9	0.03	1,844	152
KL-5 6.8-7.0	B-Gn	c - (b)	2.3	0.6	424	32
" 7.5-7.8	"	c - (b)	2.3	0.5	543	23
" 11.5-11.8	"	d - (c)	3.0	1.3	108	22
" 18.5-19.0	"	b - (c)	2.3	0.5	559	-
KM-1 18.3-18.7	Q-Gn	b	2.3	0.3	1,109	68
KM-2 17.2-17.4	B-Gn	c	2.5	0.3	252	-
Site Q-2 Rock	-	-	2.4	0.3	807	31

Note: "B-Gn" Biotite Gneiss
 "Q-Gn" Quartz Gneiss
 "Am" Amphibolite
 "La" Lamprophyre





LEGEND

- AL Alluvium
- SW Slope Wash
- Gn Gneisses (Biotite-gneiss, Quartz-gneiss, Amphibolite, Lamprophyre)
- Geologic Boundary
- $\frac{sh}{400}$ Confirmed Fault (sh = Width of Sheared Zone, cm)
- Lineament Pattern by Photointerpretation
- $\frac{30}{30E}$ Strike and Dip of Foliation
- $\frac{60}{20E}$ Strike and Dip of Joint
- $\frac{40}{50E}$ Strike and Dip of Fault
- ⌒ Scar
- Drill Hole
- ⊠ Test Pit
- Seismic Prospecting Line

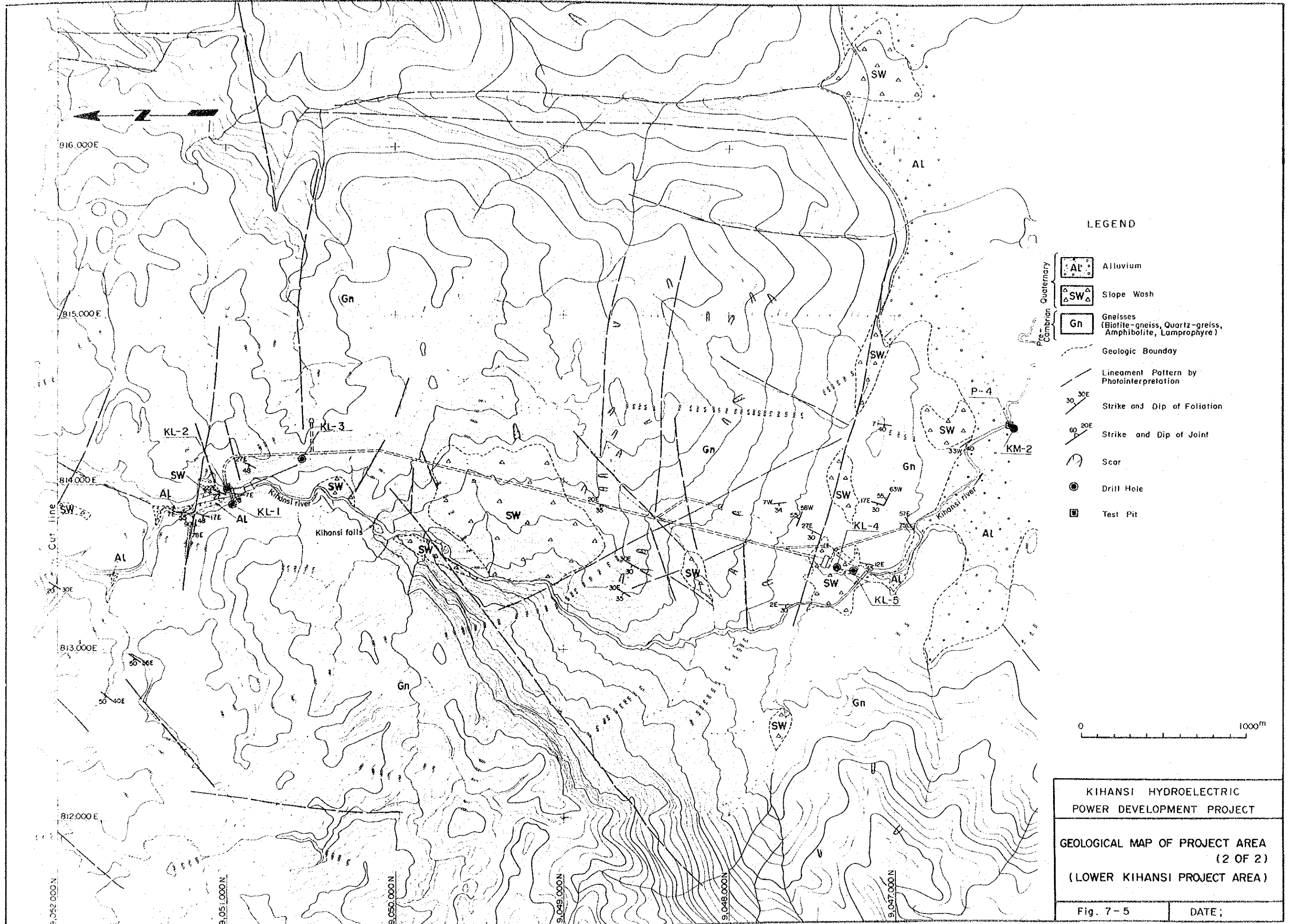


**KIHANSI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT**

**GEOLOGICAL MAP OF PROJECT AREA
(1 OF 2)**

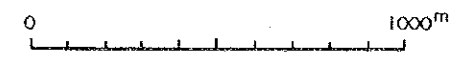
(UPPER KIHANSI PROJECT AREA)

Fig. 7-4 DATE:



LEGEND

- AL Alluvium
- SW Slope Wash
- Gn Gneisses (Biotite-gneiss, Quartz-gneiss, Amphibolite, Lamprophyre)
- Geologic Boundary
- Lineament Pattern by Photointerpretation
- 30° 30E Strike and Dip of Foliation
- 60° 20E Strike and Dip of Joint
- ⤵ Scar
- Drill Hole
- ⊠ Test Pit



KIHANSI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL MAP OF PROJECT AREA
(2 OF 2)
(LOWER KIHANSI PROJECT AREA)

Fig. 7-5 DATE;

7.4 上部計画地点の地質

7.4.1 貯水池

(1) 地形

計画満水位標高1,360mの上部貯水池は、周囲を標高1,400mから1,500mの比較的なだらかな山々に囲まれる。ダム地点から貯水池背水面までの延長は約8km、満水位標高での谷幅は最大個所で約400mである。

計画貯水池内にはキハンシ川とルアハ川の二つの大きな川があり、両者は計画ダム地点の約2km上流で合流している。計画貯水池内での平均河床勾配は、前者が約1/65、後者が約1/130を示し、二つの川とも所々に小さな滝を伴いながら流れている。ダム地点周辺で合流する比較的大きな支流としては、ダム地点直上流の左岸および約1.8km上流の左岸からのものとダム地点の約1.0km上流の右岸から流入するものがあげられる。

(2) 地質

貯水池地域は、ルアハ川の流れにほぼ平行する $N 0^{\circ} \sim 37^{\circ} E$ 、 $30^{\circ} \sim 60^{\circ} NW$ 方向の縞状構造のみられる片麻岩類と、崖錐堆積物ならびに河床堆積物からなる。比較的新鮮な片麻岩類は、小さな滝をなす河床で観察されるが、なだらかな山腹斜面では風化残留土が広く表面を覆っているために岩盤露頭は極端に少ない。崖錐堆積物および河床堆積物は、キハンシ川とルアハ川ならびにその支流に部分的にみられるにすぎず、いずれも細粒な砂を主体としている。

航空写真判読によれば、貯水池地域にはNE-SW系とWNW-ESE系のリニアメントパターンが卓越してみられる。NE-SW系のリニアメントパターンは基盤の片麻岩類の縞状構造の方向とほぼ一致している。WNW-ESE系のリニアメントパターンはそれにほぼ直交しており、連続する節理あるいは断層の可能性もある。

— 貯水池縁辺部の地質性状

ダム地点の西南西約2.5km地点は、Fig. 7-6に示す通り、薄い鞍部となっている。ここでの地質性状を探る目的で実施された弾性波探査の結果を、同じくFig. 7-6に示す。

ダム地点のボーリングKU-1地点で行われた弾性波探査の結果と比較すると、この薄い鞍部は厚さ15m前後の岩盤評価 e 級の風化残留土あるいは風化岩盤に覆われていると推定される。

(3) 土地質的評価

上部貯水池地域の土地質的評価は、以下のようにまとめられる。

i) 斜面の安定性

貯水池およびその周辺の斜面はなだらかで広く風化残留土が覆い、地すべり地形や大規模な崖錐堆積物の分布は認められない。貯水池斜面の安定性は、現状においてもまた将来の貯水によっても損なわれることはないと判断される。

ii) 保水性

本地域は片麻岩類とその風化物から主として構成されており、地質的には本地域の保水性は高いと考えられる。ただダム地点の西南西約2.5km地点の貯水池右岸側では薄い鞍部により他流域と接しており、その地質性状によっては他流域への溢水の可能性もある。この鞍部は弾性波探査によればかなり厚い風化残留土あるいは風化岩盤に覆われていると推定されるが、正確な地形測量とともに透水性の調査が今後必要であろう。

7.4.2 ダム

(1) 地形

ダム地点は、キハンシ川とルアハ川の合流点から約2km下流、キハンシ川が南へ向きをかえる河床標高約1,270m付近に位置している。ダム地点は兩岸斜面とも約40°の傾斜をもつ。右岸側の計画ダム軸直下流にはキハンシ川とほぼ平行なWNW-ESE方向の沢があり、右岸側はやせた尾根が突き出した形となっている。河床幅は20m～30mで、ゆるやかに流れてきたキハンシ川は、計画ダム軸下流から高さ5m～10mの連続した滝となって流れ落ちている。

ダム地点の植生はやや密で、草および灌木に覆われている。

(2) 地質

i) 構成地質

ダム地点は、Fig. 7-7 およびFig. 7-8 に示す通り、黒雲母片麻岩ならびに石英片麻岩と、それを覆う崖錐堆積物および河床堆積物から構成される。

基盤岩である黒雲母片麻岩と石英片麻岩は、地表ではキハンシ川の河床部に比較的新鮮、堅硬なものが認められる。一方崖錐堆積物と河床堆積物は、斜面の裾と沢あるいはキハンシ川沿いに部分的に分布している。崖錐堆積物は全体に細粒

で、河床堆積物はそれに大きな礫を含んでいる。

なお左岸斜面でのボーリング調査によれば、基盤岩として角閃岩質の片麻岩も認められている。

ii) 地質構造および断層

片麻岩の縞状構造は、局部的にその走向・傾斜に多少の変化はあるものの全体として計画されるダムの右岸側へ傾斜するかたちとなるN37°～47°E、36～70°NW方向を示す。節理はこの縞状構造と同方向とこれに直交する方向に認められる。断層は計画ダム軸の下流で縞状構造の方向に平行な2本が地表で確認されている。断層の破碎幅は200cm～400cmである。これらの断層は計画されるダム構造物の基礎部方向には延びていない。

一方航空写真判読によれば、キハンシ川沿いと計画ダム軸下流の沢沿いにはWNW-ESE方向のリニアメントパターンが認められる。これらは露頭では確認できていないが、断層の可能性もある。

iii) 風化

ボーリング調査によれば、(c)級ないし(d)級に評価される風化岩盤が、右岸斜面のボーリング地点で厚さ約24m、左岸斜面のボーリング地点で厚さ約16m、さらにダム地点直上流のキハンシ川と沢に挟まれた尾根のボーリング地点で厚さ30m以上が確認されている。なおキハンシ川河床には、(c)級以上に評価される比較的新鮮で堅硬な岩盤が広く分布している。

iv) 岩盤強度

ダム地点の左右岸斜面の風化岩盤を除けば、ダム地点は概ね岩盤評価 c 級以上の岩盤から構成されている。これらの岩盤の一軸圧縮強度と圧裂引っ張り強度は、ボーリングコア試験結果によれば、以下の通りである。

岩種	岩盤評価	一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	圧裂引っ張り強度 (kgf/cm ²)
黒雲母片麻岩	(c)	111～571	10～25
石英片麻岩	(c)	701～799	-
”	(d)	784	40

v) 地下水位および透水性

両岸斜面でのボーリング調査によれば、両岸の地下水位はあまり高くなく、河床標高からわずかに上がる程度と考えられる。

岩盤の透水性は、ボーリング孔内で実施された透水試験結果から、以下のよう
にまとめられる。

岩盤区分	透水係数 (k:cm/s)	ルジオン値	備考
e 級 (風化残留土)	3×10^{-2} $\sim 6 \times 10^{-1}$	—	k は孔内水位低下速度から求めた近似値。
e ~ d 級 (風化岩盤)	2×10^{-2} $\sim 5 \times 10^{-5}$	—	k は孔内水位低下速度から求めた近似値。
c 級以上 (新鮮岩盤)	5×10^{-3} $\sim 6 \times 10^{-7}$	1, 2	パッカー試験は1 箇所のみ。他のk は孔内水位低下速度から求めた近似値。

(3) 土木地質的評価

上部ダム地点の土木地質的評価は、以下のよう
にまとめられる。

- ダム地点は、キハンシ川が屈曲しさらに下流には滝が連続するなど、良好な地形とは言えないが、計画満水位標高1,360mを確保するには、地形的および地質的制約から現地点が最も適当と考えられる。
- 両岸斜面のボーリング地点を結ぶ線上よりも約80m 下流の方が、風化が薄く地質的条件は良くなると考えられる。従ってダム軸はここに選定されるべきであろう。
- ダム地点の両岸斜面に分布する ㊸ ないし ㊹ 級に評価される風化岩盤は、左岸のボーリング地点で厚さ約16m、右岸のボーリング地点で厚さ約24m分布しており、それらはダム基礎として不適當なため、掘削除去する必要があるであろう。
- 深部に分布する岩盤は、概ね ㊸ 級以上の岩盤と予想され、その強度は高さ約100mのダムの基礎岩盤として充分耐えられていると推定される。ただしボーリング調査で明らかのように、深部においても部分的に劣化岩盤が観察されることから、今後さらに深部まで到達するボーリングや調査横坑などによる詳細な調査が必要と考えられる。

- ダム基礎岩盤の透水性は、場所によりかなりのばらつきが認められる。今後透水試験の精度をあげてさらに詳細な調査が必要と考えられる。
- またダム地点に認められる WNW - ESE方向の2本のリニアメントパターンについても、断層の可能性や地下での性状を評価するための詳細な調査が必要であろう。

7.4.3 水路経過地および発電所

(1) 地形

上部ダム地点の右岸側約500mの地点を南北に通る水路とその下流にある発電所は、標高1,410mから1,150mへかけての比較的急斜面と標高1,150m前後の平坦地からなっている。急崖部を除いて、植生はほぼダム地点と同じように草および灌木に覆われている。

(2) 地質

水路経過地および発電所地点は、Fig. 7-9 に示す通り、片麻岩とそれを覆う崖錐堆積物と河床堆積物から構成される。基盤岩である片麻岩は、発電所の後背斜面の急崖部で比較的新鮮なものがみられるが、他の地域では風化層に覆われて岩盤露頭として確認できる所はない。崖錐堆積物と河床堆積物は、発電所地点に薄く分布しており、主として細粒物と礫からなる。

縞状構造、節理の方向は、上部ダム地点と同じと考えられる。また断層はこの地域で確認されたものはない。

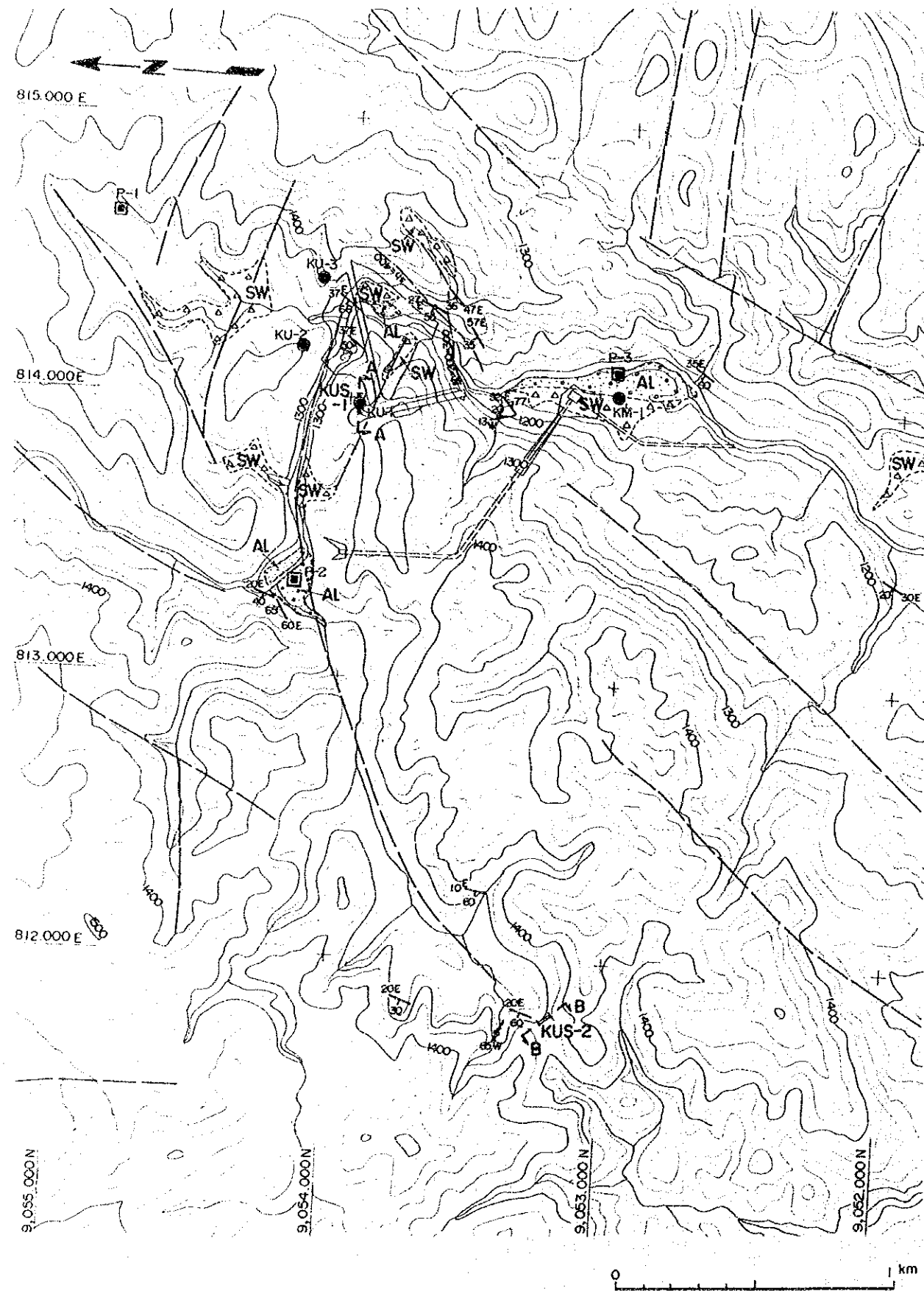
(3) 土地質的評価

水路経過地および発電所地点の土地質的評価は、以下のようにまとめられる。

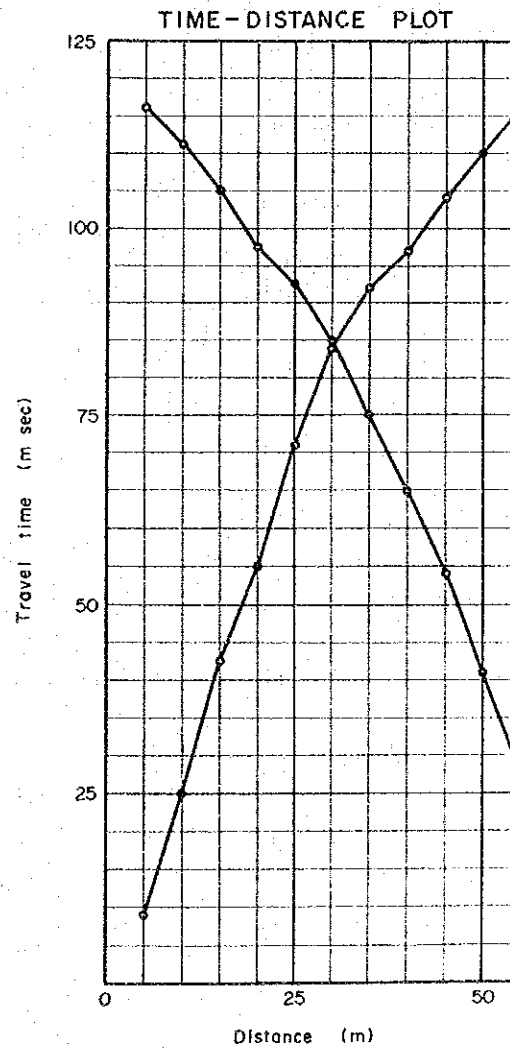
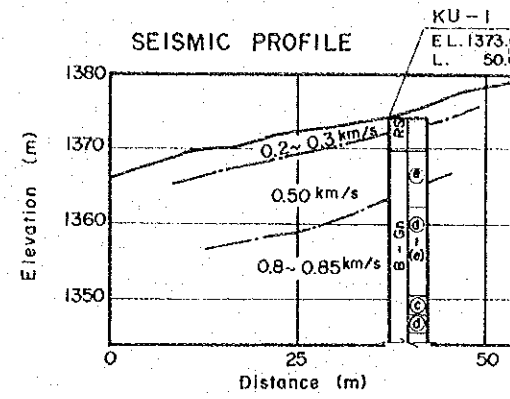
- 水路経過地の内、計画される取水口から導水路トンネル区間の地表には、やや厚い風化層が分布していることが予想される。ただし計画されるトンネル標高であればトンネルは比較的新鮮な岩盤部を通過することになるであろう。
- 発電所後背斜面は、約35°の傾斜で比較的新鮮な岩盤が露出しており、斜面の安定性に問題はないと考えられる。
- 発電所地点を覆う崖錐堆積物と河床堆積物は薄く、計画される発電所の基礎には堅硬な岩盤の露出が期待できる。

- 今後導水路トンネル区間の風化層厚さの確認、トンネル区間の水理地質的性状の把握などのためのボーリング調査が必要と考えられる。

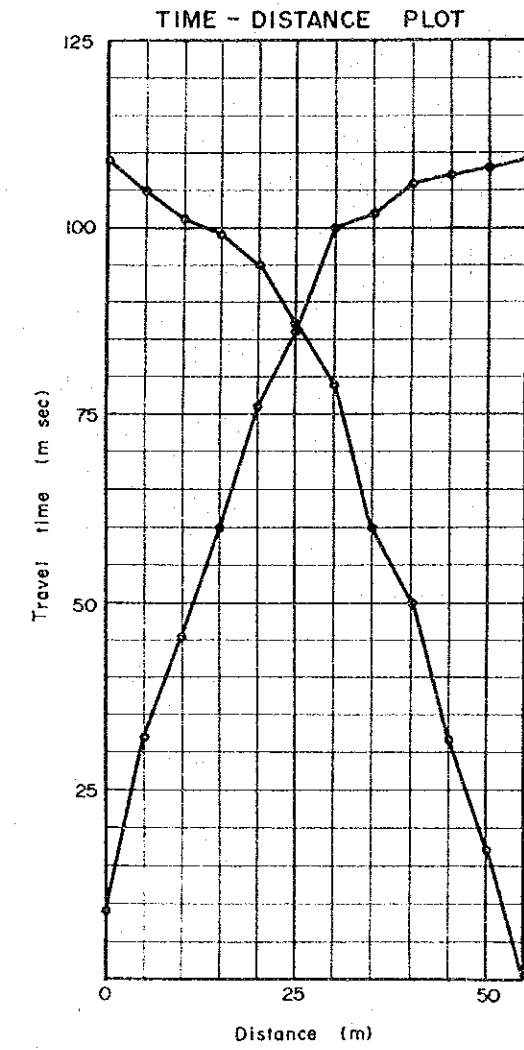
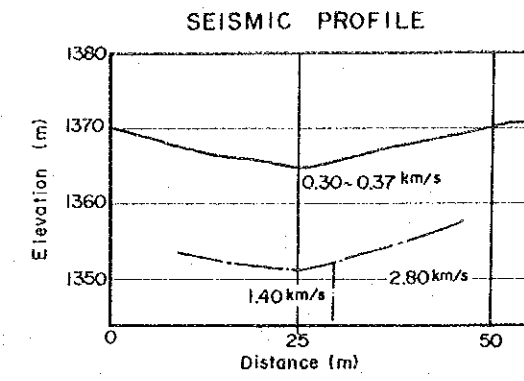
LOCATION MAP OF SEISMIC PROSPECTING



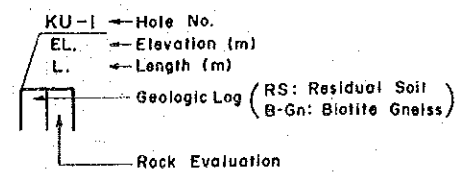
A - A
(KUS - 1)



B - B
(KUS - 2)



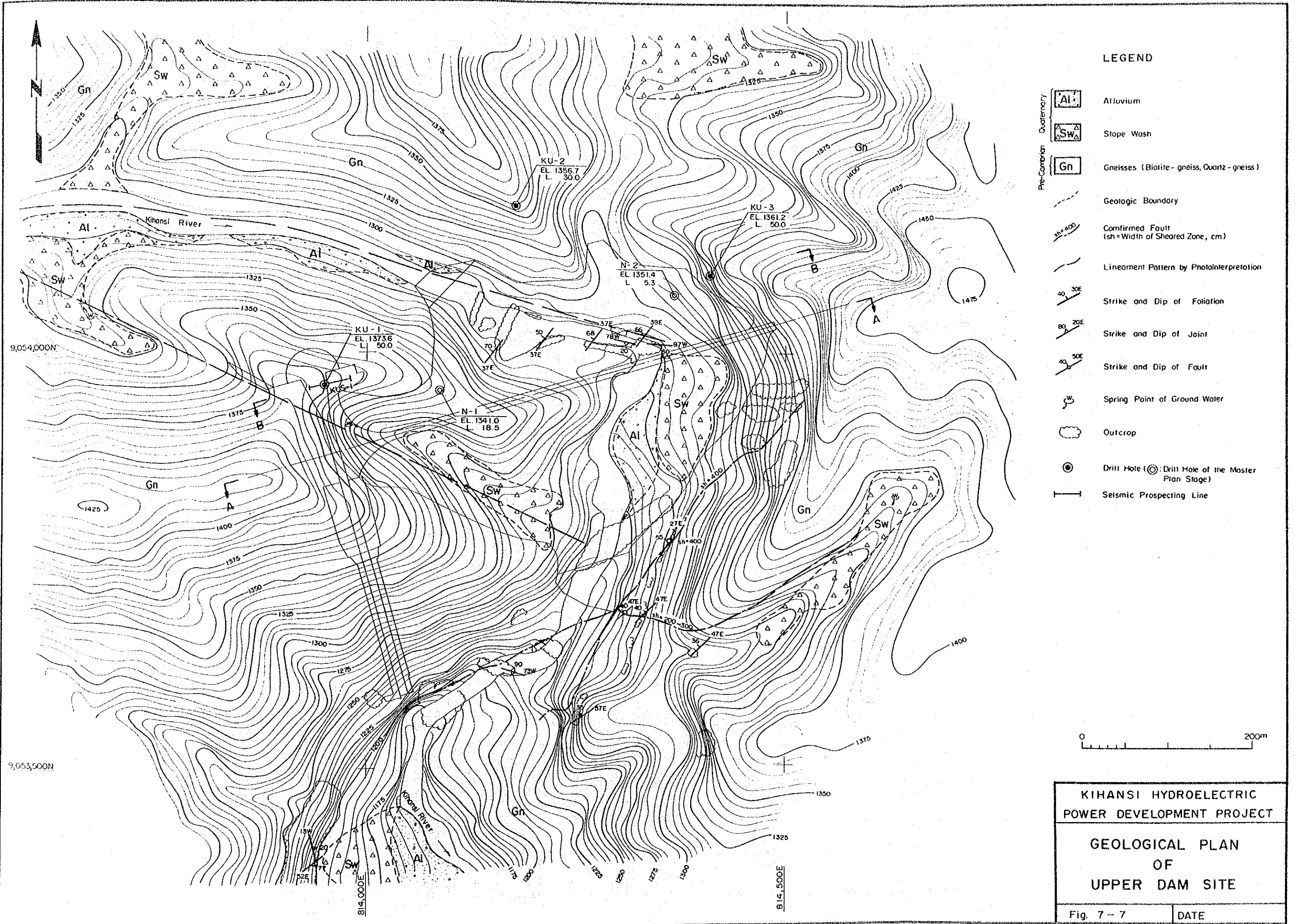
Drilling Log



KIHANSI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

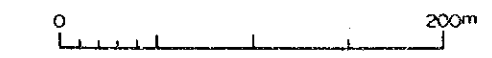
RESULT OF SEISMIC PROSPECTING
(UPPER KIHANSI RESERVOIR AREA)

Fig. 7-6 DATE:



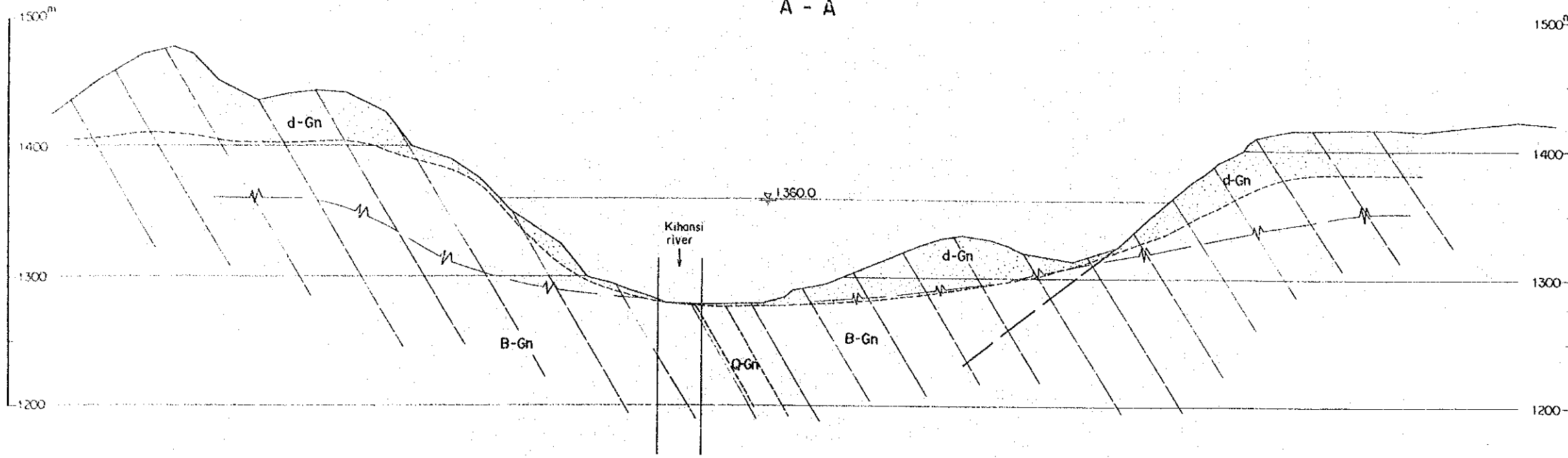
LEGEND

- Quaternary
 - [AI] Alluvium
 - [Sw] Slope Wash
- Pre-Cambrian
 - [Gn] Gneisses (Biotite - gneiss, Quartz - gneiss)
- Geologic Boundary
- Confirmed Fault (sh = Width of Sheared Zone, cm)
- Lineament Pattern by Photointerpretation
- 40° 30E Strike and Dip of Foliation
- 80° 20E Strike and Dip of Joint
- 60° 50E Strike and Dip of Fault
- Spring Point of Ground Water
- Outcrop
- Drill Hole (⊙: Drill Hole of the Master Plan Stage)
- Seismic Prospecting Line



**KIHANSI HYDROELECTRIC
 POWER DEVELOPMENT PROJECT**
**GEOLOGICAL PLAN
 OF
 UPPER DAM SITE**
 Fig. 7-7 DATE

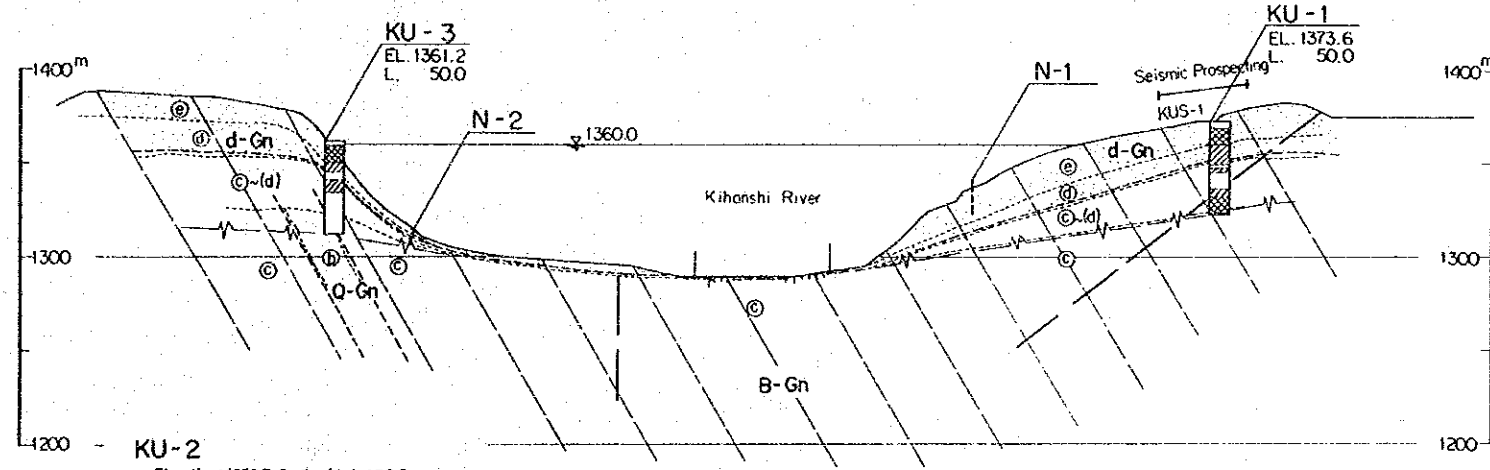
A - A



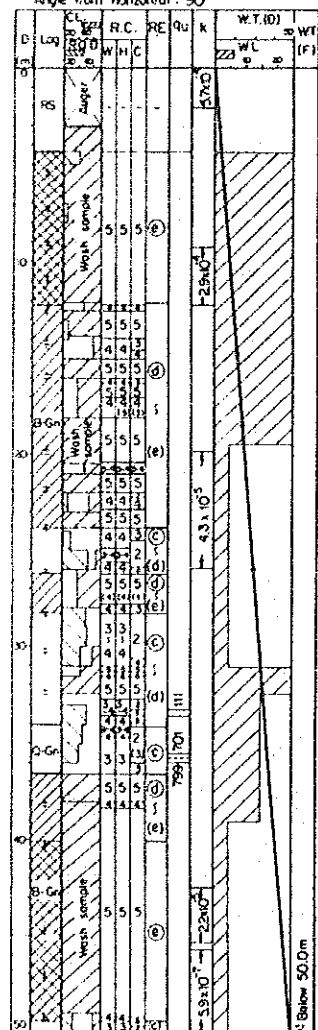
LEGEND

- Pre-Cambrian**
- d-Gn Decomposed Gneiss (Weathered)
- B-Gn Biotite Gneiss
- Q-Gn Quartz Gneiss
- Geologic Boundary
- Assumed Fault by Photointerpretation
- Trend of Foliation
- Ground Water Level
- Boundary of Rock Evaluation
- Drill Hole

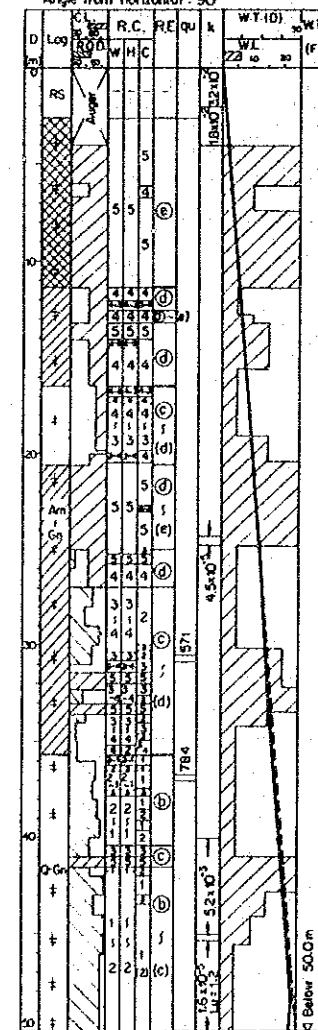
B - B



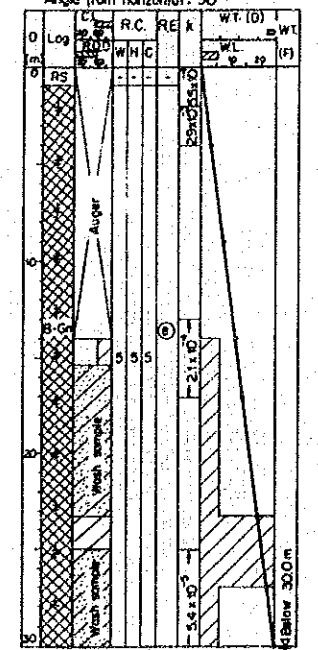
KU-1
Elevation: 1373.6, Depth of hole: 50.0m
Angle from horizontal: 90°



KU-3
Elevation: 1361.2, Depth of hole: 50.0m
Angle from horizontal: 90°



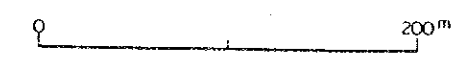
KU-2
Elevation: 1356.7, Depth of hole: 30.0m
Angle from horizontal: 90°



DRILLING LOGS

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
D	Log	R.C.	RE	qu	k	W.T.(D)	W.L.	W.T.(F)
(m)		W/H/C	W/H/C			(m)	(l/min)	(m)

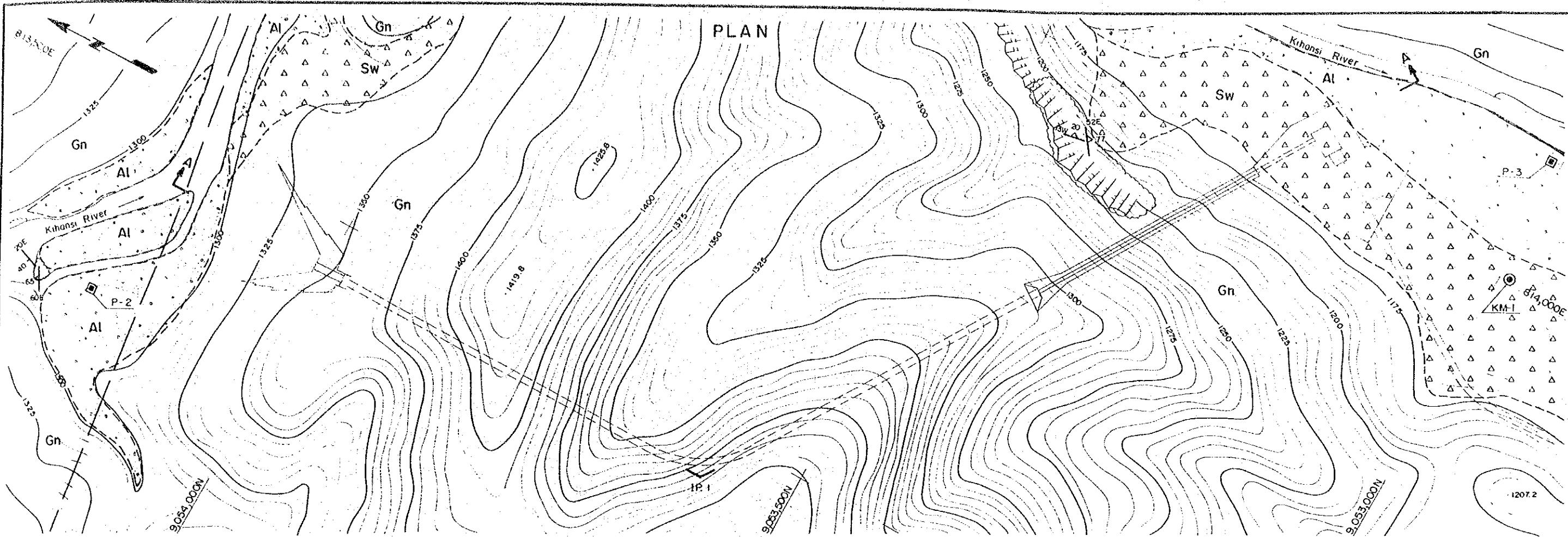
- ① Depth of Drillhole (m)
- ② Geological Log
- ③ R.Q.D = Rock Quality Designation (%)
C.L. = Core Loss (%)
- ④ R.C. = Rock Classification
W: Weathering 1 (Very Fresh)
5 (Strongly Weathered)
H: Hardness 1 (Very Hard)
5 (Soft)
C: Interval of Crocks 1 (Over 30cm)
5 (Under 1 cm)
- ⑤ RE = Rock Evaluation
⊕ Very Good
⊖ Very Bad
- ⑥ qu = Uncolined Compression Strength of Core (kgf/cm²)
- ⑦ k = Permeability Coefficient (cm/s)
(): Lugeon Value (l/min/10kgf/cm²)
- ⑧ W.T.(D) = Water Table in Drillhole during Drilling
W.L. = Water Leakage during Drilling (l/min)
- ⑨ W.T.(F) = Final Water Table (m)



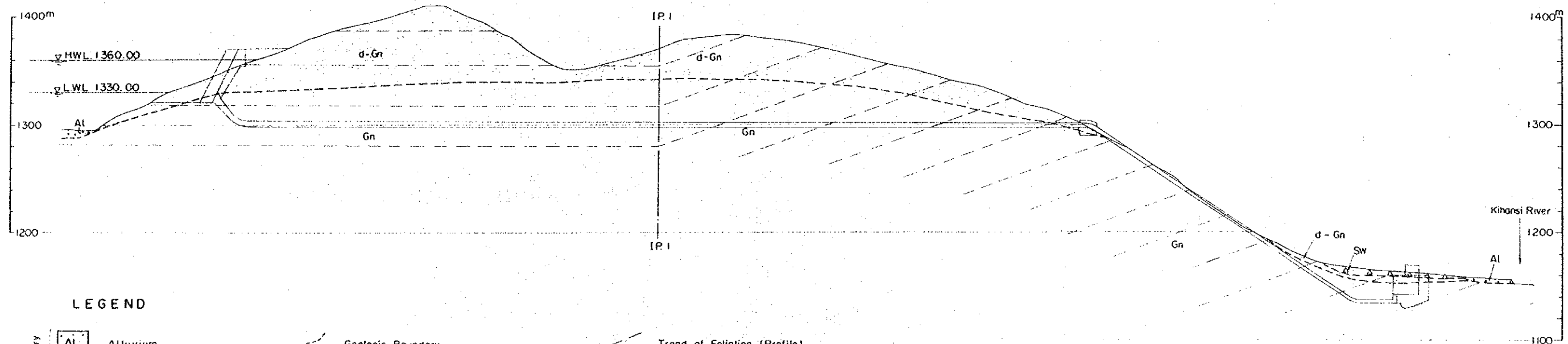
**KIHANSI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT**

GEOLOGICAL SECTION OF UPPER DAM SITE

Fig. 7 - 8 DATE: _____

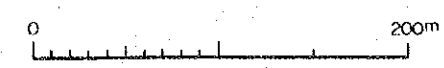


PROFILE (A - A)



LEGEND

- | | | | | | | |
|--------------|--|---|--|--|--|------------------------------|
| Quaternary | | Alluvium | | Geologic Boundary | | Trend of Foliation (Profile) |
| | | Slope Wash | | Lineament Pattern by Photointerpretation | | Drill Hole |
| Pre-Cambrian | | Decomposed Gneiss (Weathered) - Profile | | Strike and Dip of Foliation | | Test Pit |
| | | Gneiss | | Strike and Dip of Joint | | |



KIHANSI HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT
GEOLOGICAL PLAN AND PROFILE
OF UPPER WATERWAY
AND POWERHOUSE SITE

Fig. 7 - 9 DATE

7.5 下部計画地点の地質

7.5.1 調整池

(1) 地形

計画満水位標高1,140mの下部調整池は、周囲を標高1,200m～1,300mのなだらかな山々に囲まれている。ダム地点から調整池背水面までの延長は約1.4km、満水位標高での谷幅は平均約100mである。計画調整池内でのキハンシ川の平均河床勾配は約1/50で、途中大きな滝などによる河床勾配の急変部はない。また右岸から3本、左岸から1本の小さな支流がこの計画調整池内でキハンシ川に合流している。

(2) 地質

調整池地域は、キハンシ川の流れにはほぼ平行するN 10°～30° E、20°～50° NW方向の縞状構造のみられる黒雲母片麻岩と、キハンシ川沿いにわずかに分布する河床堆積物からなる。比較的新鮮、堅硬な黒雲母片麻岩の分布はキハンシ川の河床部に限られ、全体になだらかな山腹斜面では風化残留土が広く表面を覆っている。河床堆積物は薄く、主として巨礫からなり細粒分は少ない。

(3) 土木地質的評価

下部調整池地域の土木地質的評価は、以下のようにまとめられる。

i) 斜面の安定性

調整池およびその周辺の斜面は広く風化残留土が覆い、地すべり地形や大規模な崖錐堆積物の分布は認められない。従って貯水によって斜面の安定性が損なわれる可能性は小さいと判断される。

ii) 保水性

調整池自体が小規模であり、地質的要因による調整池基盤からの漏水の恐れはないと判断される。

7.5.2 ダム

(1) 地形

ダム地点は、キハンシ滝の上流約0.9kmのキハンシ川河床標高1,115m付近に位置する。ダム地点の兩岸斜面は平均傾斜30°で、河床に面した比高差5m～15mの斜面は45°～60°の急傾斜をなす。右岸側斜面に大きな沢はないが、左岸側斜面には計画ダム軸の上流100mおよび下流60mに沢があり、ダム地点の左岸側は尾根地形を呈する。

両岸斜面とも植生は密で小さな灌木に覆われている。

河床幅は約35mで、計画ダム軸周辺の河川勾配は1/40とやや急である。なお計画ダム軸の上流200mと下流140mには、それぞれ落差3mと15mの滝がみられる。

(2) 地質

i) 構成地質

ダム地点は、Fig. 7-10およびFig. 7-11に示す通り、脈状の角閃岩とランプロファイアーを挟在する黒雲母片麻岩と、それを覆う崖錐堆積物ならびに河床堆積物から構成される。基盤岩である黒雲母片麻岩は河床部で比較的新鮮、堅硬なものが認められる。一方表層堆積物である崖錐堆積物と河床堆積物は、計画ダム軸上にはほとんど分布していない。

ii) 地質構造および断層

黒雲母片麻岩の縞状構造は、キハンシ川の右岸側に傾斜するかたちとなる $N 7^{\circ} \sim 27^{\circ} E$ 、 $27^{\circ} \sim 48^{\circ} NW$ を示す。ボーリングで確認された角閃岩とランプロファイアーもこの縞状構造の方向に沿って分布していると考えられる。節理は縞状構造の方向とこれに直交する方向に認められる。計画ダム軸左岸の上流100mおよび下流60mには、航空写真判読によれば縞状構造に直交する方向のリニアメントパターンがみられる。断層は、地表踏査およびボーリング調査の限りでは認められていないが、黒雲母片麻岩と角閃岩の境界部には幅約2mの破碎帯がみられる。

iii) 風化

ボーリング調査によれば、ダム地点には岩盤評価で㊦級ないし㊤級に分類される風化岩盤が右岸斜面に厚さ4.5m、また左岸斜面に厚さ7.0m分布している。両斜面ともこれより深部では、河床に露出している岩盤と同じ岩盤評価㊣級のやや新鮮な岩盤となっている。

iv) 岩盤強度

ダム地点の左右岸斜面表層の風化岩盤を除けば、ダム地点は岩盤評価㊣級以上の岩盤から構成されている。ボーリングコア試験結果によれば、本地点の風化岩盤を除いた㊣級以上の岩盤の一軸圧縮強度と圧裂引っ張り強度は、以下の通りである。

岩種	岩盤評価	一軸圧縮強度	圧裂引っ張り強度
		(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)
黒雲母片麻岩	㉟ 級	80~154	15~17
角閃岩	㉞ 級	1,844	152
ランプロファイアー	㉟ 級	2,335	105

v) 地下水位および透水性

両岸斜面で実施されたボーリング調査によれば、両岸の地下水位はあまり高くなく、河床標高からわずかに上がる程度と考えられる。

岩盤の透水性は、ボーリング孔内で実施された透水試験結果から、以下のよう
にまとめられる。

岩盤区分	透水係数 (k:cm/s)	ルジオン値	備考
e ~ d 級 (風化岩盤)	$8.0 \times 10^{-5} \sim 1.8 \times 10^{-4}$	—	kは孔内水位低下速度から求めた近似値。
c ~ b 級 (新鮮岩盤)	$9.1 \times 10^{-5} \sim 3.6 \times 10^{-4}$	7~28	パッカー試験による。

(3) 土木地質的評価

下部ダム地点の土木地質的評価は、以下のよう
にまとめられる。

- 計画ダム軸の位置は、滝を避けていること、左岸の尾根の張出しにより川幅が狭くなっていること、表層堆積物がないこと、などから現位置が最も適当と考えられる。
- 計画ダム軸の両岸斜面表層に厚さ5m~10m分布すると予想される ㉟ ないし ㉞ 級に評価される風化岩盤は、ダム基礎として不適当なため、掘削除去の必要があろう。
- それより深部の ㉟ 級岩盤は、強度的にはやや弱いものの、計画される高さ30m程度のコンクリートダムの基礎岩盤としては十分な能力を有していると判断される。
- ダム基礎岩盤の透水性は、比較的低い。また本岩盤は、通常用いられるセメントグラウチングにより十分な止水処理が可能と考えられ、止水に関する問題点は小さいと判断される。

- ただし今後も主に計画されるダムアバット付近の兩岸斜面上部、および河床部付近深部の透水試験を含めた詳細な地質調査が必要であろう。

7.5.3 導水路および水圧管路トンネル

(1) 地 形

計画される導水路および水圧管路トンネルは、延長約4.2kmでキハンシ川の左岸側を通過する。トンネル経過地は、導水路トンネル部が標高約1,200mの比較的なだらかな丘陵地形、水圧管路トンネル部が急崖の連続する急峻地形を呈する。

トンネルから地表までの被り厚さは、最小で導水路トンネル中央部付近の50m、最大で水圧管路トンネル部の300mである。

(2) 地 質

i) 構成地質

導水路および水圧管路トンネル経過地は、Fig. 7-12に示す通り、基盤としての片麻岩と表層の崖錐堆積物から構成される。片麻岩は、キハンシ川沿いにはほぼ連続して新鮮岩盤の露頭が見られるほか、トンネル経過地では急崖部に露出している。また崖錐堆積物は、キハンシ滝下流の左岸斜面に広く分布するほか狭い範囲ではあるが急崖の裾や沢沿いに分布している。

ii) 地質構造および断層

片麻岩の縞状構造は、トンネル延長方向にほぼ平行する $N 2^{\circ} \sim 27^{\circ} E$ 、 $30^{\circ} \sim 48^{\circ} NW$ を示す。航空写真判読によれば、この縞状構造の方向と斜交あるいは直交するリニアメントパターンがトンネル経過地に認められる。これらのリニアメントパターンと計画されるトンネルとの交角は、 30° から 90° で、これらリニアメントパターンの実体は現地で確認できてはいないが、連続性のある節理あるいは断層の可能性が高い。

トンネル経過地では、断層露頭は確認されていない。

iii) 風 化

地形のなだらかな導水路トンネル部は、表層の風化が厚い。ボーリング調査によれば鞍部で地表から少なくとも厚さ20m は、 \textcircled{e} 級に評価される風化岩盤が分布している。一方水圧管路トンネル部は、急峻地形で各所に新鮮岩盤の露頭が確認されることから風化の厚さは薄いと予想される。

iv) 崩壊地

導水路トンネル経過地のなだらかな丘陵地には崩壊地は認められないものの、急峻な水圧管路トンネル経過地には多数の崩壊地が見られる。いずれの崩壊地も崩壊した面積は小さく、表層の土砂あるいは風化部が崩れた程度で厚さも薄い。

v) 岩盤強度

計画されるトンネルは、地表までの最小被り厚さが50mであることから、ほとんどの区間が新鮮岩盤内を通過することになると考えられる。本経過地での新鮮岩盤の強度に関するデータはないが、計画地域全体で得られたデータに基づけば、新鮮岩盤は一軸圧縮強度で560～1,100kgf/cm²、圧裂引っ張り強度で40～68kgf/cm²程度の強度を有するものと推定される。

vi) 地下水位

導水路トンネル部で実施されたボーリング調査によれば、地下水位は少なくとも地表から深さ20mより下方にしか存在せず、この付近の地下水位が低いことが確認された。一方水圧管路トンネル部は、新鮮岩盤が比較的浅く分布すること、地表の大抵の沢に水が見られることなどから、地下水位は高いと予想される。

(3) 土地地質的評価

導水路および水圧管路トンネル経過地の土地地質的評価は、以下のようにまとめられる。

- 導水路および水圧管路は、地形の急峻な所が多く崩壊地が多数見られることから地上案よりもトンネル案が有利と考えられる。
- 全体として、導水路および水圧管路トンネル経過地には、計画されるトンネルに対して地質上の致命的な欠陥はないと考えられるが、部分的には以下に述べるような問題点が予想される。
- 風化が厚くかつ地表からトンネルまでの被りの薄い区間が部分的に導水路トンネル部にあるが、計画される地表下50mであれば、トンネルは新鮮岩盤内を通過する可能性が高い。
- ただし、被りの薄い区間で断層等のいわゆる岩盤弱層部分をトンネルが通過する場合は、その区間に対して、内張管設置等の対策を講ずる必要がある。