

6.6.3 Göktasダム計画地点の可能最大洪水量(PMF)の算定

(1) 可能最大降雨による流出量の算定

(a) 有効雨量

Zamanti川流域での降雨量の損失は、降雨量と流出量の関係から 2mm/hrと推定される。Fig. 6-24に示した PMPの雨量-時間曲線からこの損失雨量を差し引くと、最大有効雨量は 48.5mm/24hrとなる。

(b) 単位図

Göktasダム計画地点下流の1806測水所には既往の洪水時のハイドログラフの記録がないため、Snyderの Synthetic Unit Hydrographの概念を用いて Göktas ダム計画地点の単位図を作成する。なお、この単位図は、降雨継続時間24時間、降雨強度10mmの単位図とする。これを Fig. 6-25 に示す。

(c) PMP による可能最大洪水

上の (a) 項に示した有効降雨強度 48.5mm/24hrの PMPによる可能最大洪水の流出波形は、(b) 項で求めた 24hr-10mm単位図を $48.5\text{mm}/10\text{mm} = 4.85$ 倍することにより求められる。これを Fig. 6-26 に示す。この結果、PMP による可能最大洪水のピーク流量は $2720\text{m}^3/\text{s}$ と算定される。

(2) 可能最大融雪 (PMSM) による流出量の算定

6.6.1 項(4)で述べたように、Göktas ダム計画地点流域では融雪は洪水の重要な要因である。可能最大融雪量 (PMSM) の算定には、累積気温 (degree-days)に融雪率を乗じる方法を用いる。

Zamanti 川流域における融雪による流出量と気温の関係から、最大融雪率は $0.1\text{cm}/\text{°C-day}$ と推定される。また、Zamanti 川流域では、融雪による流出のピークは3月から4月にかけて発生し、その継続日数は最大15日程度である。また、3月以降に積雪が見られるのは標高1500m以上の地域である。Göktasダム計画地点流域について標高1500m以上の地域の面積および平均標高を調べると、それぞれ約5900km²、1800mとなる。さらに、Pinarbasi気象観測所 (標高1470m) の気温を流域の代表気温として3月~4月の最大15日気温のモデルを作成し、このモデル気温を、気温変化率 $1\text{°C}/100\text{m}$ を用いて、積雪地帯の平均標高1800m地点での気温に換算する。こうして得られた積雪地帯での最大15日気温に、最大融雪率 $0.1\text{cm}/\text{°C-day}$ および積雪面積5900km²

を乗じて、Göktasダム計画地点における最大融雪洪水の洪水波形を求める。これをTable 6-31に示す。この結果、PMSMによる可能最大洪水のピーク流量は1080m³/sと算定される。

(3) Göktasダム計画地点の可能最大洪水量 (PMF)

Göktasダム計画地点における基底流量は、6.2.4項で算定した43ヶ年間の流量資料から、最大100m³/sと仮定する。

Göktasダム地点における可能最大洪水の波形は100m³/sの基底流量の上に、PMPおよびPMSMによる洪水波形を重ね合わせるにより求められる。これをFig. 6-27に示す。この結果、Göktasダム地点のPMFのピーク流量は下表に示すように、各々のピーク流量を合計して3900m³/sと算定される。

PMPによる洪水のピーク流量	2720 m ³ /s
PMSMによる洪水のピーク流量	1080 m ³ /s
最大基底流量	100 m ³ /s
PMFのピーク流量	3900 m ³ /s

(4) Göktas発電所計画地点の可能最大洪水量

6.5.2項(2)で求めた、ダム地点と1806測水所地点との洪水量の関係を適用すると次式が得られる。

$$FQPS = FQ1806 = \frac{1}{0.898} * FQDAM$$

ダム計画地点の可能最大洪水ピーク流量3900m³/sを上式に代入することにより、発電所計画地点の可能最大洪水ピーク流量は4400m³/sと算定される。

Fig 6-25 24hr - 10mm Unit Hydrograph for the Goktas Damsite

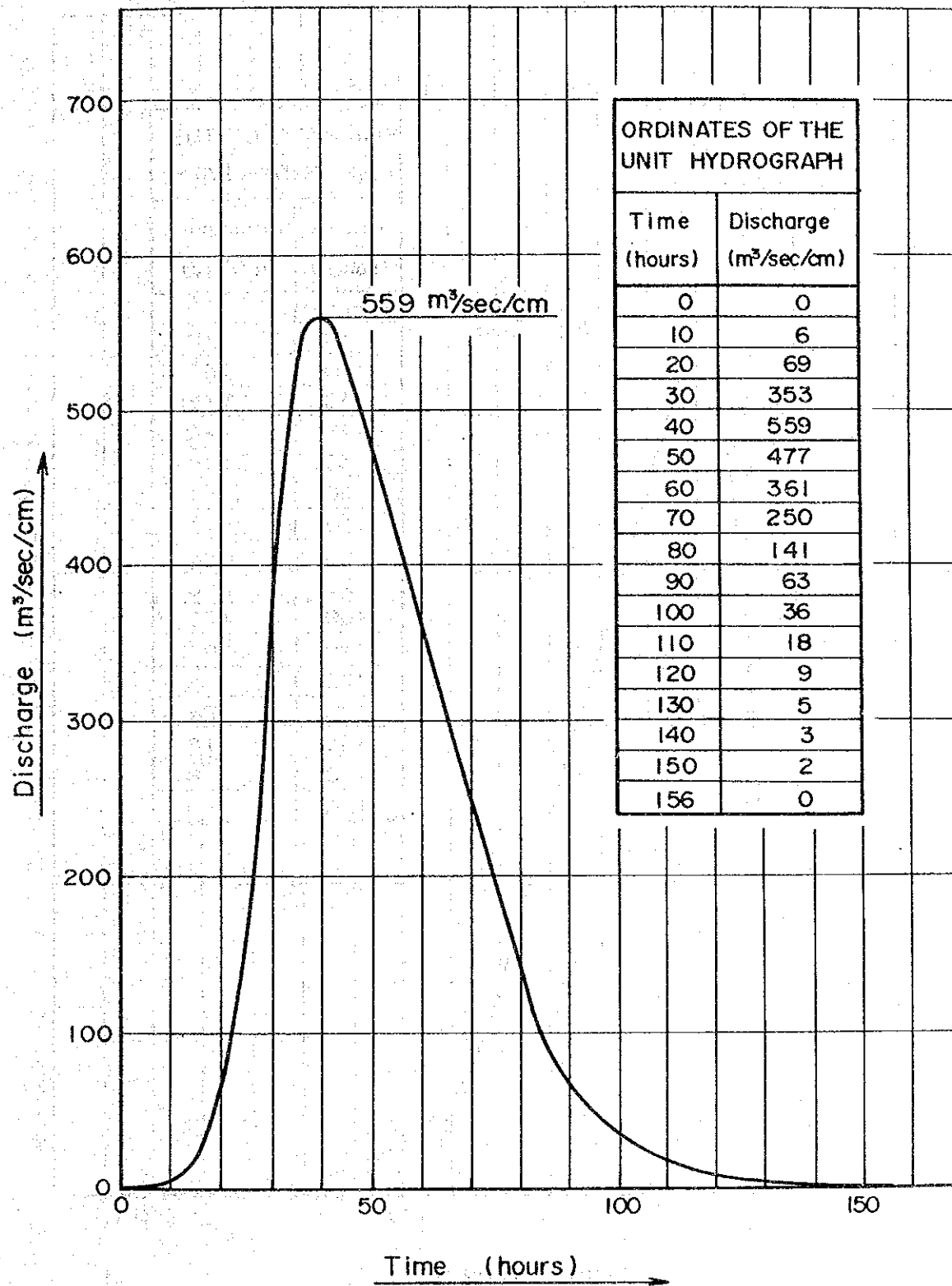


Fig. 6-26 Probable Maximum Precipitation Runoff Hydrograph for the Goktas Damsite

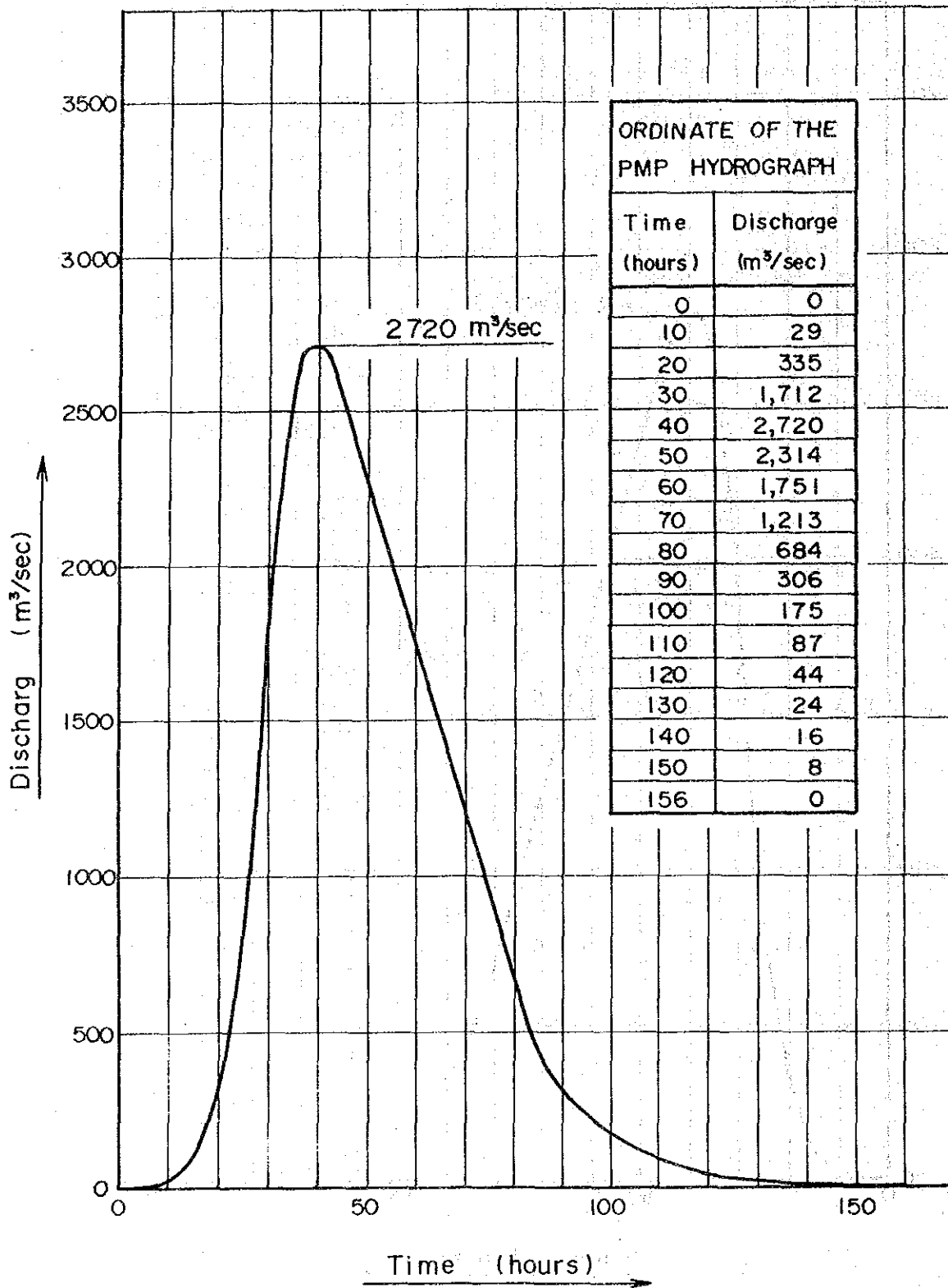
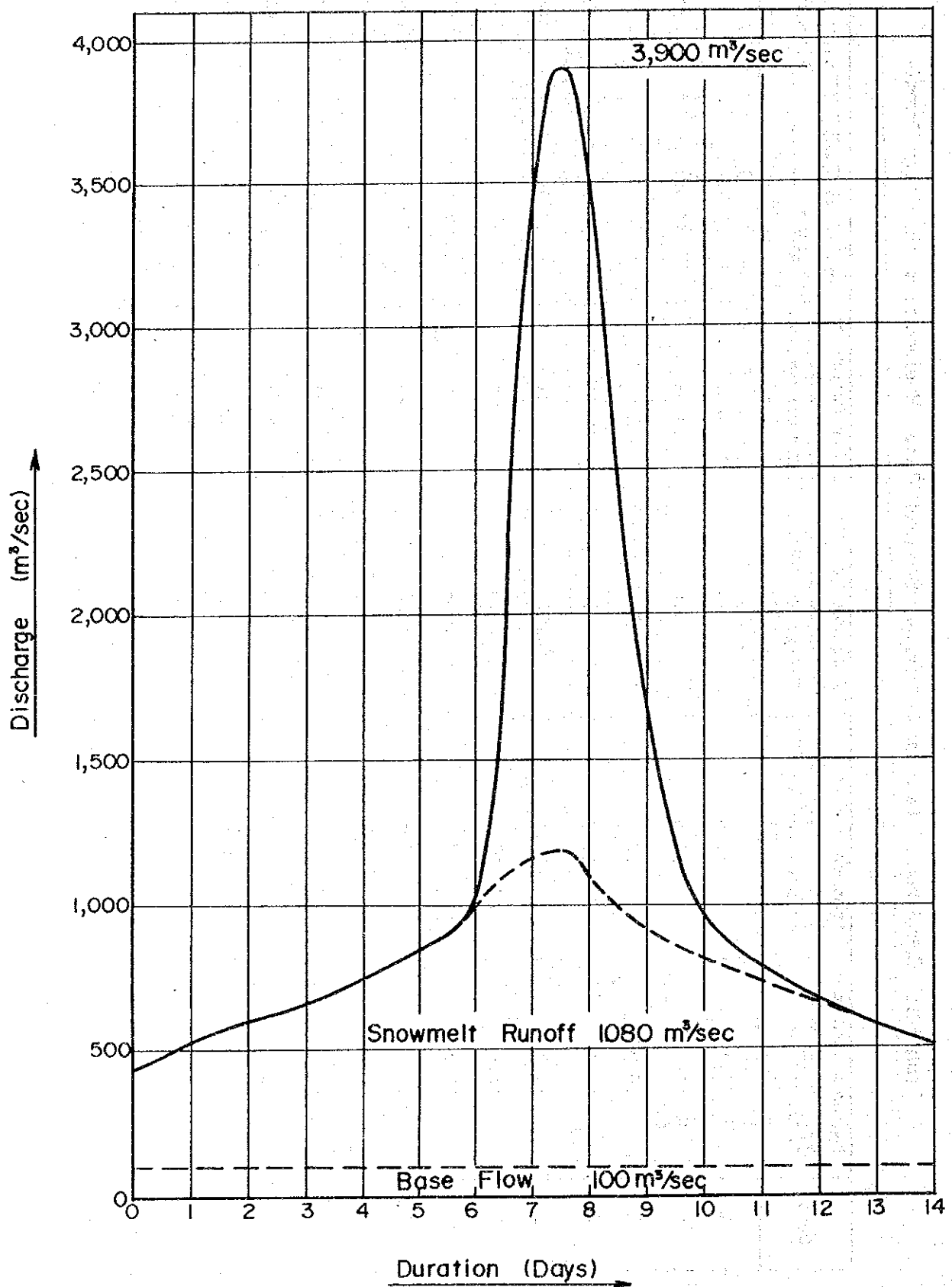


Table 6-31 Calculation of the Probable Maximum Snowmelt Runoff Hydrograph for the Goktas Damsite

Days	Maximum Continuous Daily Mean Temperature (°C)	Temperature at Average Elevation of Snow Cover (°C)	Temperature Arranged in Design Pattern (°C)	Daily Snowmelt with Maximum Snowmelt Ratio (cm)	Daily Snowmelt Volume (10 ⁶ m ³)	Daily Snowmelt Discharge (m ³ /s)
1	19.1	15.8	5.5	0.55	32.45	376
2	17.9	14.6	6.8	0.68	40.12	464
3	15.4	12.1	7.6	0.76	44.84	519
4	14.8	11.5	7.6	0.76	44.84	519
5	14.3	11.0	10.1	1.01	59.59	690
6	13.4	10.1	11.5	1.15	67.85	785
7	13.2	9.9	14.6	1.46	86.14	997
8	10.9	7.6	15.8	1.58	93.22	1,079
9	10.9	7.6	12.1	1.21	71.39	826
10	10.9	7.6	11.0	1.10	64.90	751
11	10.9	7.6	9.9	0.99	58.41	676
12	10.1	6.8	7.6	0.76	44.84	519
13	8.8	5.5	7.6	0.76	44.84	519
14	8.8	5.5	5.5	0.55	32.45	376
15	8.8	5.5	5.5	0.55	32.45	376

Fig.6-27 Probable Maximum Flood Hydrograph for the Goktas Damsite



第 7 章 地質および材料

第7章 地質および材料

	頁
7.1 諸 言	7-1
7.2 広域地質	7-1
7.2.1 地 形	7-1
7.2.2 地 質	7-2
7.3 調査概要	7-7
7.3.1 既存資料	7-7
7.3.2 現地調査	7-7
7.3.3 地質調査工事	7-7
7.4 貯水池の地質	7-11
7.4.1 地 形	7-11
7.4.2 地 質	7-12
7.4.3 水理地質	7-15
7.4.4 土木地質的考察	7-15
7.5 ダム地点の地質	7-21
7.5.1 地 形	7-21
7.5.2 地 質	7-21
7.5.3 土木地質的考察	7-23
7.6 他の構造物地点の地質	7-43
7.6.1 取水口地点	7-43
7.6.2 導水路トンネル経過地	7-44
7.6.3 水槽、水圧管路及び発電所地点	7-46
7.7 ダム地点の原位置岩盤試験	7-57
7.7.1 諸 言	7-57
7.7.2 平板載荷試験	7-57
7.7.3 ブロックせん断試験	7-60
7.7.4 試験の結果と評価	7-62

7.8 発電所地点の物理探査	7-69
7.8.1 諸言	7-69
7.8.2 調査位置の選定	7-69
7.8.3 調査方法	7-71
7.8.4 調査の結果と評価	7-73
7.9 建設材料	7-87
7.9.1 調査および試験	7-87
7.9.2 コンクリート骨材	7-87

List of Figures

- Fig. 7-1 Regional Geological Plan
- Fig. 7-2 Geological Map of Reservoir Area
- Fig. 7-3 Geological Plan of Dam Site
- Fig. 7-4 Geological Section of Dam Site
- Fig. 7-5 Point and Contour Diagrams of All Measured Cracks in Adits
- Fig. 7-6 Point and Contour Diagrams of Serpentinization Cracks in Adits
- Fig. 7-7 Rock Evaluation
- Fig. 7-8 Location Map of Proposed Dam Axes
- Fig. 7-9 Geological Plan and Profile of Headrace Tunnel Route
- Fig. 7-10 Geological Plan of Surge Tank, Penstock and Powerplant Sites
- Fig. 7-11 Geological Profile of Surge Tank, Penstock and Powerplant Sites
- Fig. 7-12 Relation Between Rock Classification and Deformation or Shear Strength
- Fig. 7-13 Results of Block Shear Test and Estimated Shear Strength
- Fig. 7-14 Location Map of Seismic Prospecting Line
- Fig. 7-15 Diagram of Seismic Prospecting Method
- Fig. 7-16 PS-1 Time-Distance Plot and Seismic Profile
- Fig. 7-17 PS-2 Time-Distance Plot and Seismic Profile
- Fig. 7-18 PS-3 Time-Distance Plot and Seismic Profile
- Fig. 7-19 PS-1, PS-2, PS-3, Reanalysis Profiles
- Fig. 7-20 Location Map of Quarry and Borrow Area

List of Tables

Table 7-1	General Stratigraphic Section of Surveying Area
Table 7-2	Reference Data
Table 7-3	List of Geological Investigations
Table 7-4	Stratigraphic Section of Reservoir Area
Table 7-5	Chemical Analysis of Limestone in Reservoir Area
Table 7-6	Laboratory Test Results of Drilled Cores at Dam Site
Table 7-7	Standard of Rock Classification
Table 7-8	Laboratory Test Results of Drilled Cores at Headrase Tunnel Route
Table 7-9	Laboratory Test Results of Drilled Cores at Power Plant Site
Table 7-10	Location of Plate Bearing Tests
Table 7-11	Equipment and Device for Plate Bearing Test
Table 7-12	Location of Block Shear Test
Table 7-13	Equipment and Device for Block Shear Test
Table 7-14	Results of Plate Bearing Test
Table 7-15	Results of Block Shear Test
Table 7-16	List of Location of Sismic Prospecting Line and Drillhole
Table 7-17	Quantity of Seismic Prospecting
Table 7-18	List of Seismic Prospecting Instrument
Table 7-19	Classification of Velocity Layer
Table 7-20	PS-1 Seismic Analysis and Drilling Data
Table 7-21	PS-2 Seismic Analysis and Drilling Data
Table 7-22	PS-3 Seismic Analysis and Drilling Data
Table 7-23	Quantity of Laboratory Tests for Construction Materials
Table 7-24	Laboratory Tests Results for Concete Aggregate (Quarry Site)
Table 7-25	Laboratory Tests Results for Concete Aggregate (RD Site)

第7章 地質および材料

7.1 諸 言

Göktas水力開発計画に関する地質調査工事は、1987年よりD S Iによって開始され、1988年11月までにTable7-3に示された項目ならびに数量の地質調査工事が終了している。この間、J I C A調査団は、二度にわたる現地地質調査（第1回：1987年11月14日～12月28日、第2回：1988年9月6日～11月4日）を実施した。

本章は、J I C A調査団による現地調査と、D S Iが実施した各種調査工事および諸試験の結果から明らかにされた本計画地域、ダム地点をはじめ主要な計画構造物地点および建設材料地点の地質、水理地質、土木地質的条件を述べている。

7.2 広域地質

7.2.1 地 形

Göktasプロジェクトの計画地点は、トルコ南部を流れるSeyhan河の二大支流の一つであるZamanti川の最下流部に位置している。Seyhan河は、中央Anatoliaの山岳地帯を源流として南流し地中海に注ぐ流路延長506km、流域面積20,730km²のトルコ有数の河川であり、上流部はZamanti川とGöksu川の二大支流からなっている。

Zamanti川およびSeyhan河の流域の地形を概観すれば、上流から下流に向けて概ね次のように区分される。すなわち、中央Anatolia高原に属する標高2,000m前後のなだらかな山々が広がる源流域（以下「源流域」という）、標高2,000mから3,000mの急峻な山々が南西～北東方向に連なるToros山脈地域（以下「Toros山脈地域」という）、およびAdanaを中心とする標高300m以下の丘陵ないしは平野地域（以下「丘陵～平野地域」という）である。

Göktasプロジェクトの計画地点は、Zamanti川がToros山脈を横切る地域に位置し、このため計画地点は標高2,000mの急峻な山々と深く切れ込んだ谷をもつ壮年期の地形で特徴づけられる。Zamanti川は、大半の部分で溪谷をなし、その河床勾配は平均1/100と急である。

7.2.2 地 質

トルコの地質構造は、基本的には北から Pontids区、Anatolids区、Taurids区およびBorder Folds区の4つの東西性帯状構造区に区分することができる。そしてZamanti川流域は、このうちの地中海沿岸からトルコ東部に延びるTaurids区に位置している。

(1) 流域の地質

Zamanti川およびSeyhan河の流域の地質は、Fig. 7-1に示す通り、主として古生代の堆積岩類（砂岩、頁岩、ドロマイト、石灰岩など）、中生代の石灰岩類、同じく中生代の超塩基性～塩基性岩類（オフィオライト）、古第三紀の火山岩類（玄武岩、安山岩、凝灰岩など）および新第三紀の堆積岩類（砂岩、泥岩、マールなど）よりなっている。

これらの岩石の分布は地形と密接に関係しており、上述した地形区分のうちの「源流域」は主として古第三紀の火山岩類、また「丘陵～平野地域」が新第三紀の堆積岩類よりなっている。そして「Toros山脈地域」を構成する地質が古生代の堆積岩類、中生代の石灰岩類およびオフィオライトである。

Toros山脈を構成するこれら先第三紀の岩石類は、概して南西～北東方向へ延び、地層の走向も南西～北東を示す。また流域内で比較的長く連続する断層、それは古生代の堆積岩類中に卓越して見られるが、その方向も南西～北東ないしは南南西～北北東を示している。

トルコ全体からみて地質構造を区切るような構造線あるいは主要断層は、流域内には分布していない。流域外では、Ecmis Fault（トルコ中央部のKayseri付近から地中海に面したMersinへ向けて南南西～北北東に延びる断層）、および東Anatolia断層（Van湖西方からSyria国境に近いAntakyaに向けて南西～北東に延びる断層）が比較的本流域に近い位置にある。前者はZamanti川の西方約50kmに位置し、後者は東方約150kmに位置している。

(2) 計画地点の地質

Göktasプロジェクトの計画地点周辺の地質は、主として古生代の石灰岩を含む砂岩、頁岩などの堆積岩類、中生代の石灰岩および同じく中生代のオフィオライトにより構成される。Table7-1に計画地点の地質層序表を示す。

概略古生代の堆積岩類は、計画地点の南東側すなわち Zamanti川の下流側に分布し、北東側すなわち上流側に中生代の石灰岩がオフィオライトとともに分布している。地層の走向は、南西-北東ないしは南南西-北北東を示し、断層も同方向を示す場合が多い。

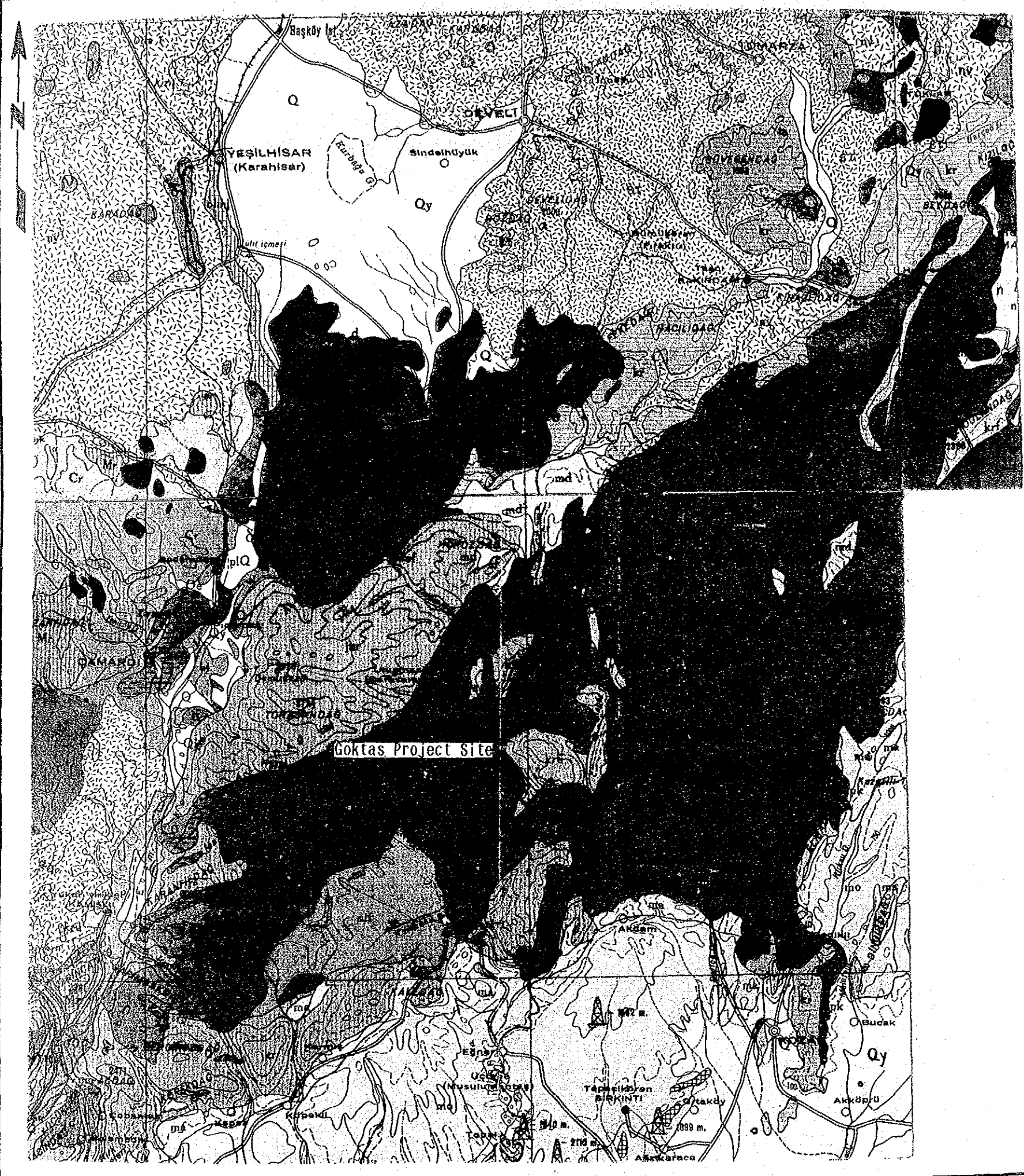
中生代の石灰岩とオフィオライトの関係は、オフィオライトが石灰岩の上ののり上げたデッキと考えられる。

各岩石の分布と計画構造物基礎岩盤の地質は、概ね以下の通りである。

貯水池最上流部付近	—————	中生代石灰岩
貯水池・ダム	—————	中生代オフィオライト
導水路トンネル	—————	中生代のオフィオライトおよび石灰岩、古生代の石灰岩、砂岩、頁岩など
発電所	—————	古生代の砂岩、頁岩、石灰岩など

Table 7-1 General Stratigraphic Section of Surveying Area

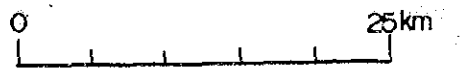
Upper Systems	System	Series	Symbol	Lithology	
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	al	ALLUVIUM Large blocky, main pieces is Peridotite with few Limestone and Quartzite.	
			ym	SLOPE MATERIAL Blocks are Limestone, Quartzite, and Ophiolite with fine material.	
			Ttv	TRAVERTINE Soft and porous	
		PLEISTOCENE	Tr	TERRACE CONGLOMERATE Polygenetic gravels, weak cemented, cement is CaCO ₃ UNCONFORMITY	
	MESOZOIC	JURASSIC/CRETACEOUS	UPPER CRETACEOUS	Of	OPHIOLITE It is Peridotite at damsite. Light-dark green coloured. OVERTHRUST
				Kp	SANDSTONE - SILTSTONE - SHALE Yellow-green coloured, thin and medium thick bedded. Weak strength. UNCONFORMITY
			Jkr	LIMESTONE Dirty white coloured, interbedded with dolomite. Medium thick bedded. Very high strength. UNCONFORMITY	
PALAEOZOIC	CARBONIFEROUS/PERMIAN		Pk	LIMESTONE - CLAYEY LIMESTONE - BITUMINOUS SHALE Dark gray, black coloured, with some dolomitic layers, medium thick bedded. UNCONFORMITY	
	DEVONIAN		D	LIMESTONE - DOLOMITIC LIMESTONE - SHALE - SANDSTONE - QUARTZITE These units are interbedded. Shale layers are thin bedded and weak strength. Other layers are medium thick bedded and good strength. UNCONFORMITY	
	ORDOVICIAN		O	SHALE - SILTSTONE Thin bedded, partly flaky. Siltstone is predominant at upper layers.	
	CAMBRIAN	UPPER		Eo	LIMESTONE Dark gray, black coloured sound and thick bedded. UNCONFORMITY
		LOWER/MIDDLE		Ed	SANDSTONE - SILTSTONE - CLAYSTONE - QUARTZITE - LIMESTONE Horizontal and vertical transition to each unit.



LEGEND

- Q KUATERNER, KARASAL, AYRILMAMIŞ
QUATERNARY, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED
- Qy HOLOSEN, YENİ ALDÜVYON
HOLOCENE, RECENT
- plQ PLİO - KUATERNER
PLIG - QUATERNARY
- n NEOJEN, KARASAL, AYRILMAMIŞ
NEOGENE, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED
- nv NEOJEN, VOLKANİK FASİES
NEOGENE, VOLCANIC FACIES
- msd MİOSEN, DENİZEL, AYRILMAMIŞ
MIOCENE, MARINE, UNDIFFERENTIATED
- mo ORTA MİOSEN
MIDDLE MIOCENE
- ml ALT MİOSEN
LOWER MIOCENE
- olms OLİGO - MİOSEN, DENİZEL
OLIGO - MIOCENE, MARINE
- ol OLİGOSEN, KARASAL
OLIGOCENE, CONTINENTAL
- of OLİGOSEN, FLİŞ
OLIGOCENE, FLYSCH
- eo Eosen, AYRILMAMIŞ
EOCENE, UNDIFFERENTIATED
- ef Eosen, FLİŞ
EOCENE, FLYSCH
- eol ORTA Eosen, LÜTESİYEN
MIDDLE EOCENE, LUTETIAN
- ms MESOZOİK (OFİOLİTLİ SERİ, EKSERİYİA KRETASE)
MESOZOIC (OFIOLITIC SERIES), MAINLY CRETACEOUS
- k KRETASE, AYRILMAMIŞ
CRETACEOUS, UNDIFFERENTIATED
- k1 ÜST KRETASE
UPPER CRETACEOUS
- kj JURA - KRETASE
JURASSIC - CRETACEOUS
- pk PERMO - KARBONİFER
PERMO - CARBONIFEROUS
- d DEVONİYEN
DEVONIAN
- s SİLURİYEN
SILURIAN
- m METAMORFİK SERİ, AYRILMAMIŞ
METAMORPHIC SERIES, UNDIFFERENTIATED
- mk MERMER, KRİSTALİZE KALKER VE DOLOMIT
MARBLE, CRYSTALLINE LIMESTONE AND DOLOMITE
- g GRANİT, GRANODİYORİT, KUARSLI DİYORİT
GRANITE, GRANODIORITE, QUARTZ - DIORITE
- di DİYORİT, GABBRO, DIABAZ
DIORITE, GABBRO, DIABASE
- p PERİDİYİT, PİROKSENİT, HARZBURGİT
PERIDOTITE, PYROXENITE, HARZBURGITE
- s1 SERPANTİN
SERPENTINE
- as ANDEZİT, SPİLİT, PÖRFİRİT
ANDESITE, SPILITE, PORPHYRITE
- ba BAZALT, DOLERİT
BASALT, DOLERITE
- vt VOLKANİK TÜF, AGLOMERATA, BRİS
VOLCANIC TUFF, AGGLOMERATE, BRECCIA
- tr TRAVERTİN
TRAVERTINE
- te SEKL (TARACA)
TERRACE
- K KRATER
CRATER
- F FORMASYON SINIRI
FORMATION BOUNDARY
- E MUHTEMEL FORMASYON SINIRI
ESTIMATED BOUNDARY
- S ŞARİYAJ, BİNDİRME, FAY
OVERTHRUST, UPTHRUST, FAULT
- P MUHTEMEL ŞARİYAJ, BİNDİRME, FAY
PROBABLE OVERTHRUST, UPTHRUST, FAULT
- A PETROL ARAMA KUYULARI
OIL EXPLORATION WELLS
- Cr KROM
CHROMITE
- Fe DEMİR
IRON

Note; This map is compiled from
GEOLOGICAL MAP OF
TURKEY "ADANA", "KAYSERİ"
and "SIVAS" (SCALE 1/500,000)
by MTA ANKARA - TURKEY



ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

REGIONAL GEOLOGICAL
PLAN

Fig. 7 - 1

7.3 調査概要

7.3.1 既存資料

本報告書をまとめるにあたって参考とした地質資料は、Table7-2に示す通りである。

7.3.2 現地調査

JICA調査団は、下記の二度の期間に、地質調査を実施した。

第1回：1987年11月14日～12月28日

第2回：1988年9月6日～11月4日

また、それぞれの現地調査期間におけるJICA調査団の調査内容は以下の通りである。

第1回：現地予察

資料収集およびその解析

第2回：地表地質調査

ボーリングコアおよび横坑調査

原位置岩盤試験調査とその解析

弾性波探査とその解析

資料収集

7.3.3 地質調査工事

Göktasプロジェクトの計画地点において実施された地質調査工事の総括は、下記の通りであり、その詳細はTable7-3に示されている。

ボーリング（含透水試験）	12孔	計 1,091m
調査横坑	2坑	計 131.5m
平板載荷試験		計 7点
ブロックせん断試験		計 8ブロック
弾性波探査	3測線	計 865m
ボーリングコア試験		計 20サンプル
材料試験	7ヶ所	計 95サンプル

Table 7-2 Reference Data

	Items	Notes
1	Lower Seyhan Basin Master Plan Report	DSI, Aug. 1980
2	Yukari Seyhan Projeleri Master Plan, Muhendislik Jeolojisi Raporu	DSI, 1983
3	Yukari Seyhan Havzasi Master Plan Raporu	DSI, Sep. 1984
4	Geological Map of Turkey (1/500,000) Adana	MTA, 1962
5	Geological Map of Turkey (1/500,000) Kayseri	MTA, 1961
6	Geological Map of Turkey (1/500,000) Sivas	MTA, 1961
7	Geological Map of the Kozan-J20 Quadrangle (1/100,000)	MTA, 1987
8	Geological Map of the Kozan-J21 Quadrangle (1/100,000)	MTA, 1988
9	Yukari Seyhan Projesi, Goktas Baraji Gol Alani Muhendislik Jeolojisi Planlama Raporu	DSI, Aug. 1988
10	Geological Map of Goktas Dam Site	DSI, Dec. 1988
11	Geological Map of Goktas Headrace Tunnel Route	DSI, Dec. 1988
12	Geological Map of Goktas Power Plant Site	DSI, Dec. 1988
13	Logs of Drillholes and Drilling Data	DSI, Nov. 1988
14	Permeability Test Data	DSI, Nov. 1988
15	Laboratory Test Data and Microscopic Observation Data of Drilling Cores	DSI, Nov. 1988
16	Laboratory Test Data for Construction Materials	DSI, 1988
17	Plate Bearing and Block Shear Test Data	DSI, 1988
18	Goktas Baraji Hes Yeri Ve Cebri Boru Guzergahi Sismik Refraksiyon Etudu	DSI, 1988

Table 7-3 List of Geological Investigations

[Drillhole]

Hole No.	Coordinate		Elevation(m)	Length(m)	Direction	Dip	Permeability Test(Stage)
	X	Y					
SK-1	-	-	510	100.0	-	90°	38
SK-2	452,695.19	4,178,050.45	510.834	70.0	-	90°	26
SK-3	452,559.74	4,177,956.03	607.609	100.0	-	90°	50
SK-4	452,560.15	4,177,955.30	607.222	80.0	S25E	45°	40
SK-5	452,534.29	4,178,057.82	517.561	100.0	S40E	55°	31
SK-6	452,510.97	4,178,097.07	542.365	90.0	-	90°	44
SK-7	452,439.67	4,178,108.32	603.687	80.0	N25W	60°	40
TB-1	455,751.98	4,172,232.91	631.375	90.0	-	90°	44
TB-2	460,825.80	4,168,653.59	740.076	190.0	-	90°	40
PB-1	462,758.59	4,166,135.85	391.912	71.0	-	90°	34
PB-2	462,565.39	4,166,145.90	521.353	70.0	-	90°	35
SSK-1	453,591.59	4,177,144.65	520.518	50.0	-	90°	7
Total 12 Holes				1091.0			429

[In-situ Rock Test]

Adit No.	Plate bearing test		Block shear test	
	Test No.	Location(m)	Test No.	Location(m)
DA-1	P-1	20.0	BS-1	15.4
DA-1	P-2	40.5	BS-2	17.4
DA-1	P-3	(B.)2.1	BS-3	18.6
DA-1	P-4	(B.)4.0	BS-4	19.9
DA-2	P-1	16.3	BS-1	10.8
DA-2	P-2	19.0	BS-2	12.0
DA-2	P-3	(B.)5.8	BS-3	13.5
			BS-4	15.7
Total	7 Tests		8 Tests	

[Adit]

Adit No.	Coordinate		Elevation(m)	Length(m)	Branch Length(m)	Direction
	X	Y				
DA-1	452,583.35	4,178,021.05	513.611	68.0	10.0	S20E
DA-2	-	-	545.382	63.5	10.0	N20W-N30W
Total 2 Adits				131.5	20.0	

[Seismic Prospecting]

Line No.	Coordinate		Length(m)
	Beginning point	Ending point	
PS-1	X. 462,556.3	X. 462,229.0	340m
	Y.4,166,116.2	Y.4,166,211.7	
PS-2	X. 462,395.2	X. 462,550.1	370m
	Y.4,166,410.5	Y.4,166,075.8	
PS-3	X. 462,767.0	X. 462,737.5	155m
	Y.4,166,163.6	Y.4,166,012.2	
Total 3 Lines			865m

[Laboratory test]

	Quantity	Item
Drilled core test	20 Samples	Unconfined compression test etc.
Construction material test	95 Samples (7 sites)	Specific gravity, Soundness etc.

7.4 貯水池の地質

7.4.1 地 形

計画貯水池は、その最上流部からダムへ向けて北東－南西、南－北、北西－南東そして東－西と向きを変化し、全体として弓状の形をなす。その長さは約11kmで、満水位標高（BL. 630m）における谷幅は、平均的にみて約 200mである。

貯水池を囲む山体は、1,500mから 2,500mの標高を示し、いずれも急峻な山容を呈する。貯水池に面する Zamanti川の両岸斜面の傾斜は、平均的にみて約45° と急であるが、貯水池最上流部の石灰岩分布域についてはさらに急な70° 前後の急崖をなしている。

貯水池内を流れる Zamanti川の平均河床勾配は約 1/100で、途中大きな滝などによる河床勾配の急変部はない。また貯水池内で Zamanti川に合流する主な支流としては、いずれも Zamanti川の右岸より合流しているTopaktas川と Samadan川が挙げられる。

7.4.2 地 質

(1) 層 序

貯水池周辺には、Fig. 7-2 およびTable7-4に示す通り、中生代の石灰岩、メランジェ (Complex Series) オフィオライトおよび崖錐堆積物、河床堆積物を主体とする第四紀堆積物が分布している。

(a) 石 灰 岩 (Jkr)

石灰岩は、計画貯水池の最上流部付近に分布する。

石灰岩は、灰色を呈し多少結晶質で堅硬・塊状であるが、部分的に暗灰色を呈する層状石灰岩も認められる。両者を化学分析した結果によれば、Table7-5に示す通り、灰色を呈する塊状石灰岩に比べて暗灰色を呈する層状石灰岩は、若干CaOが少なくSiO₂とAl₂O₃が多い。層状石灰岩は、地表地質調査の結果によれば、微褶曲を繰り返しさらに小断層によって切られており、連続性は悪い。

石灰岩には、小断層および節理が発達し、特に灰色の塊状石灰岩にはこれらの割れ目に沿った薄い溶食が認められる。

(b) メランジェ (Ks)

メランジェは、貯水池最上流部付近の石灰岩とオフィオライトの境界部に分布する。その厚さは、石灰岩とオフィオライトに比べて薄い。

メランジェは、緑色、赤色、紫色、褐色と様々な色を呈し、また様々な岩石ブロックより構成されている。基底部は、一般に層状をなし上部は不規則なブロック状をなす。構成する岩石はオフィオライトの岩片 (ブロック) 類、チャート、石灰岩等である。

メランジェの分布する地域は、概してなだらかな地形を呈す。

(c) オフィオライト (Of)

オフィオライトは、貯水池最上流部を除いて貯水池地域に広く分布する。

オフィオライトは、かんらん岩、斑れい岩、輝緑岩、玄武岩などの主として超塩基性～塩基性岩類およびチャートなどからなる複合岩体 (Composite rocks) の総称である。貯水池内およびダムサイト周辺の岩石は肉眼的に見て同質で、岩石サンプルの顕微鏡鑑定結果によれば、いずれもかんらん岩という結果を得ている (顕微鏡

鑑定結果はAppendixに掲載する)。またMTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ の最近の研究成果 (Geologic Map of the KOZAN-J 20 Quadrangle, 1987)によっても、この地域には広くかんらん岩が分布するとされることから、以下の説明にはオフィオライトは、かんらん岩と呼称する。

かんらん岩は、暗緑色～暗灰色を呈する緻密、堅硬な塊状岩である。岩盤表面は褐色に風化変色している場合が多いが、風化深度は概して浅い。かんらん岩には、格子状の節理とあまり連続性のない小規模な断層が発達している。そしてこれらの割れ目に沿って弱い蛇紋岩化作用が認められる。またかんらん岩には微量のクロム鉄鉱が認められる。

(d) 崖錐堆積物 (ym)

崖錐堆積物は、Zamanti川の河床標高近くの兩岸斜面に小規模に分布している。かんらん岩分布域および石灰岩分布域の崖錐堆積物は、それぞれの岩石礫を含み細粒物質は概して少ない。

(e) 河床堆積物 (al)

河床堆積物は、Zamanti川河床に分布し、そのうち Zamanti川と支流との合流点で分布域が広い。特に Zamanti川とTopaktas川との合流点が貯水池内で最も広い分布を示す。

河床堆積物は、主として粗い砂とCobbleサイズの石灰岩およびかんらん岩等の礫からなり、細粒分は概して少ない。

(f) 表土 (bt)

表土は Zamanti川沿いの緩傾斜部に認められる。その厚さは薄く赤褐色土壌からなる。

(2) 構造地質

(a) 構造運動

貯水池地域は、DSIの地質レポート (1988)によれば、Hersinian-Alpine造山運動に関連した激しい構造運動を受けている。

この激しい構造運動によってかんらん岩は、石灰岩およびその上に形成されつつあった堆積物を押しのけるように、これらの上に乗上げたと推定される。

(b) 断 層

前述の理由により、石灰岩とかんらん岩の境界は衝上断層で接している。こうした衝上断層は、貯水池最上流部付近に分布している。また石灰岩とメランジエの境界もほぼ垂直の断層で接している場合が多く、これらの断層も貯水池最上流部付近に認められる。

その他各岩相内には、あまり長く連続しない小規模な断層が多数認められる。

(c) 節 理

石灰岩とかんらん岩には節理が発達している。石灰岩の節理は、方解石で充填されたものもあるが、数mmの開口が認められるものが多い。かんらん岩の節理は、主として冷却節理と考えられる。地表では開口した節理も認められるが、それらは地下では、後述するダム地点の調査結果などから判断して密着していると推定される。

(d) 地すべりおよび崩壊地

航空写真判読および地表調査結果によれば、貯水池周辺のメランジエとかんらん岩分布域に円弧状の崖が所々に認められる。これらの円弧状の崖は、そこでの岩盤の崩落あるいは滑動の可能性を示すものであるが、いずれも小規模で Zamanti川河床に近い斜面および貯水池満水位標高よりかなり上方の標高 1,000m 付近に分布するのみである。

7.4.3 水理地質

貯水池末端より約 400m 上流の標高 650m の Zamanti 川右岸には、石灰岩中に発達した空洞から出る $2 \text{ m}^3/\text{s} \sim 4 \text{ m}^3/\text{s}$ の湧水 (Oruc Spring) が見られる。また Zamanti 川支流の Topaktas 川の標高 700m 付近にも多数の空洞があり、 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 前後の湧水 (Kapuz Spring) が認められる。これらの湧水が、これより下流の Zamanti 川の流量を安定したものになっている。

一方、貯水池の大部分を構成するかんらん岩には、特筆すべき湧水ヶ所はない。Zamanti 川の河床レベルに近い斜面の下部に湧水がみられるところもあるが、これは地表で浸透した水が岩盤内の割れ目を通して滲みでてきたもので、Zamanti 川両岸斜面の地下水位が高いことを示唆している。

概して、石灰岩分布域を流れる沢は枯れ沢で、降雨直後のみ流水が認められる。これに対して、かんらん岩分布域を流れる沢は、渇水期を除けば流水が認められる。

7.4.4 土木地質的考察

(1) 斜面の安定性

メランジェ分布域は、概して地形がなだらかで表面侵食されやすく、円弧状の崖も認められる。しかし、メランジェが分布する範囲そのものが狭く、円弧状の崖は貯水池の計画満水位よりはるかに上方の標高 1,000m 付近に小規模に分布するにすぎないため、貯水池の安定性を損なうものではないと判断される。またかんらん岩分布域にみられる円弧状の崖および崖錐堆積物は小規模で、貯水池斜面の安定性を損なうものではないと考えられる。

(2) 保水性

貯水池地域の大部分を占めるかんらん岩とメランジェは、不透水性で地下水位も高いことから、これらの岩石の分布域での保水性には問題はないと考えられる。

一方石灰岩の分布域は、スケール 1/5,000 地形図に示される等高線に基づけば、Zamanti 川の河床標高の 610m より上流側である。すなわち貯水池の満水位標高 630m に対し、水深にして最大 20m、また長さにして貯水池末端の約 600m が石灰岩分布域に入ることになる。

ここに分布する石灰岩は、貯水池およびダムサイトに広く分布するかんらん岩を挟んでその下流に分布する石灰岩（導水路トンネルルートに分布）と肉眼的には同質で、またかんらん岩が構造運動によって石灰岩体上に押し上げられた経緯を考えれば、両方の石灰岩が地下深部でつながっている可能性は否定できない。従って、これまでの地質的、水理地質的調査の結果では、下記するように計画貯水池地域から明らかに漏水が発生する徴候は発見されていないが、安全を期するため、この最上流部の保水性を確認するための追加調査の必要性が示唆される。

地表地質調査結果によれば、貯水池最上流の長さ 600m にわたる石灰岩分布域には、小断層および節理に沿った溶食クラックが観察される。しかし、大規模なカルスト空洞は、少なくとも Zamanti 川の現河床から満水位である標高 630m までの両岸斜面には認められない。

一方、標高 610m から 630m までの間の Zamanti 川の河床内には、小規模ながら湧水ヶ所が認められる。湧水の存在は、降雨後の現地調査で Zamanti 川の水が濁っている時に、河床から透明な地下水の湧出が観察できたことによって判明した。このことは、Zamanti 川の河床以下の石灰岩中に地下水が流動する空洞が存在することを示すと同時に、こうした空洞が Zamanti 川の水を漏水させるのではなく、逆に増量させる方向で機能していることを示している。

また、河床標高 610m から 630m までの間で、Zamanti 川の流量を急減させるような部分は認められない。

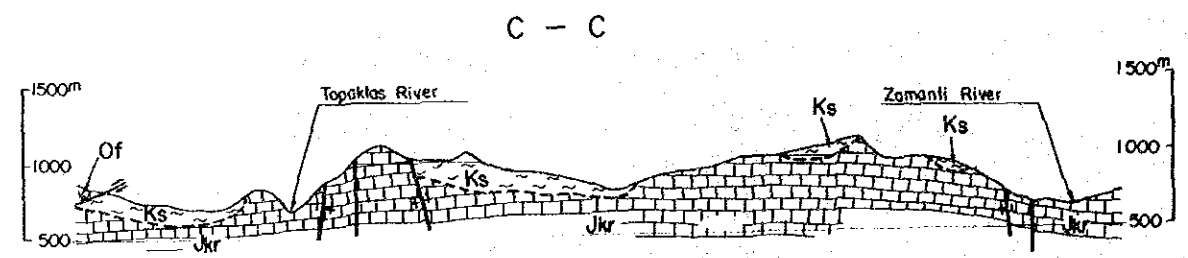
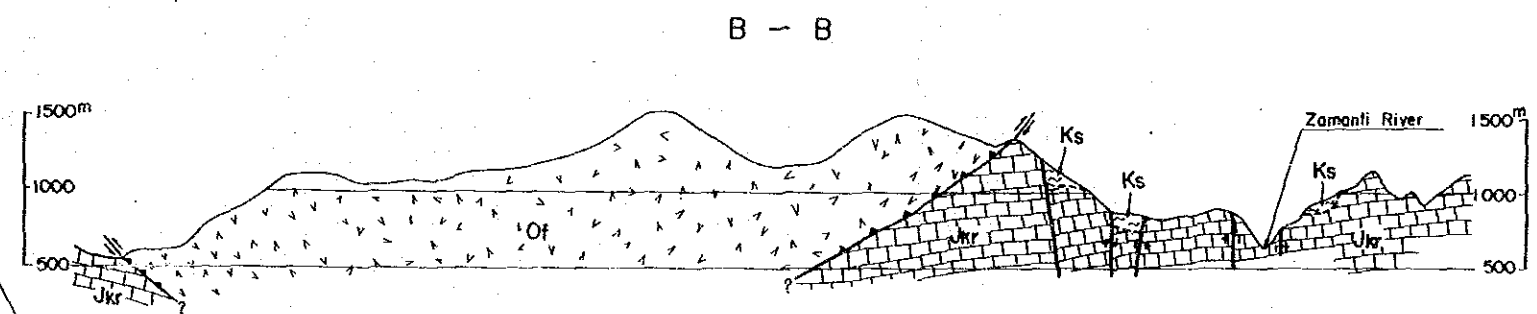
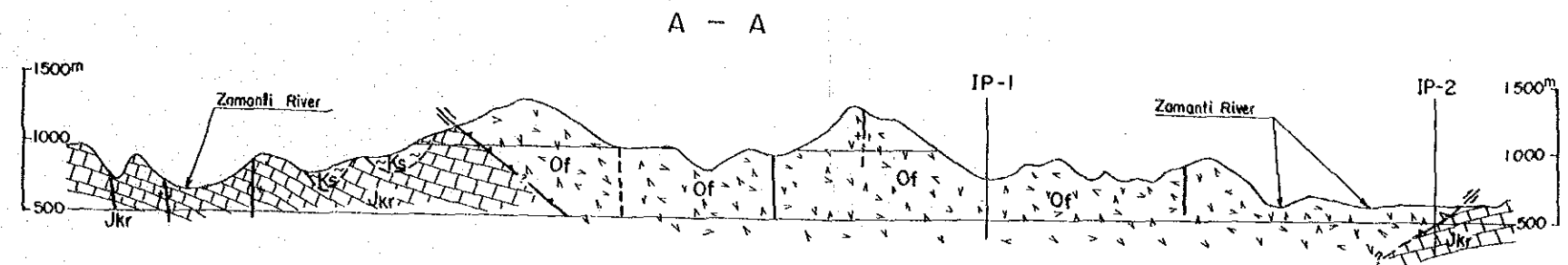
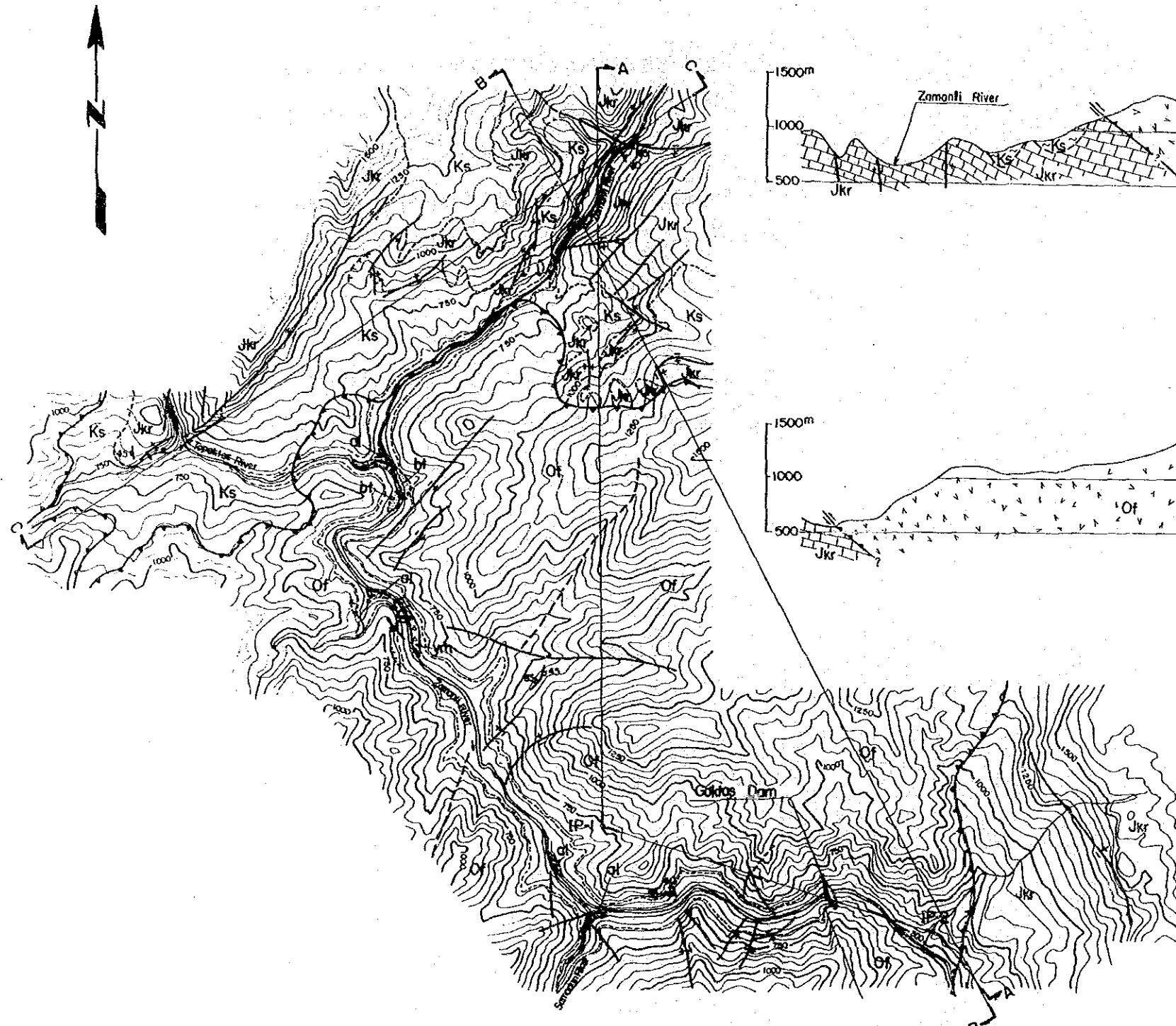
以上の調査結果の通り、現状では貯水池ができた場合の可能性も含めて、貯水池最上流の石灰岩分布域からの多量の漏水の発生を明らかに示す地質的、水理地質的データは得られていない。

Table 7-4 Stratigraphic Section of Reservoir Area

Upper Systems	System	Series	Symbol	Lithology
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	bt	TOP SOIL As a thin cover.
			ym	SLOPE WASH Gravelly
			al	ALLUVIUM Gravelly
MESOZOIC	JURASSIC ~ CRETACEOUS	UPPER CRETACEOUS	Of	OPHIOLITE Green, brown colored peridotite, dunite. Cracked, fissured at surface.
			Ks	OVER THRUST COMPLEX SERIES Green ophiolite, serpentinite, radiolarite and limestone, fragmented.
	TRIASSIC ~ CRETACEOUS	UPPER TRIASSIC ~ CRETACEOUS	Jkr	UNCONFORMITY? LIMESTONE Gray, dark gray colored limestone. Generally massive, bedding in some places. Joints are generally empty. Solusion cracks.

Table 7-5 Chemical Analysis of Limestone in Reservoir Area

Sample No.	Location	Rock Name	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	SO ₃
			(wt.%)					
G-3	Outcrop, left bank of Zamanti river at elevation 610 m.	Limestone	0.05	0.02	-	0.16	55.03	0.01
G-4	Outcrop, right bank of Zamanti river at elevation 630 m.	Limestone (biomicrite)	0.99	2.26	0.34	0.79	51.89	0.19
G-5	Outcrop, right bank of Zamanti river at elevation 630 m.	Limestone	0.08	0.42	0.15	1.67	53.20	none



LEGEND

- Quaternary
 - Top Soil
 - Alluvium
 - Slope Wash
- Cretaceous
 - Ophiolite (Peridotite)
 - Complex Series
 - Limestone
- Trassic-Cretaceous
 - Geologic Boundary
 - Strike and Dip of Strata
 - Strike and Dip of Joint
 - Fault and Direction of Movement
 - Overthrust
 - Fault (assumed)
 - Rock Slide Surface
 - Spring through Limestone Cove

Note: This map is compiled on the basis of data as follows:
 1. Geological Map of Reservoir Area (1/5,000) DSI, 1988
 2. Results of aerialphoto interpretation (1988) and geological mapping (1987, 1988) by JICA



ZAMANTI GÖKTAS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL MAP OF RESERVOIR AREA

Fig. 7-2

7.5 ダム地点の地質

7.5.1 地形

ダムサイトは、karsantiの北方約21km、Zamanti川と Goksu川の合流点から約22km上流の Zamanti川の河床標高 510m付近に位置する。蛇行しながら西から東へ向けて流れる Zamanti川は、このダムサイト付近で南東へ向きを変えている。

ダムサイトの兩岸斜面は、河床標高 510mから標高 1,000m付近までの比高差約 500 mの間で、平均約45°、部分的には90°に近い急崖をなし、かつ全体に植生は粗で基盤岩の露頭が多い。兩岸斜面とも、ダムサイト近傍では水平方向で平均50mに1本の割合で小規模ながら深く切れ込んだ沢が発達している。

ダムサイト付近での Zamanti川の川幅は約40m、そして計画満水位標高 630mで谷幅は約 200mである。ダムサイト近傍の Zamanti川の河床勾配は約1/80で、河床勾配の急変部はない。

7.5.2 地質

ダムサイトは、Fig. 7-3 およびFig. 7-4 に示す通り、中生代のかんらん岩とそれを部分的に覆う崖堆積物、河床堆積物といった第四紀堆積物から構成される。

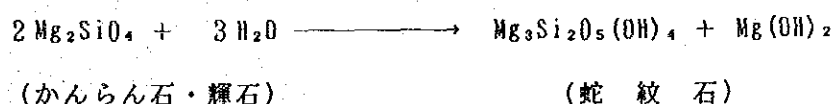
(1) 基礎岩盤

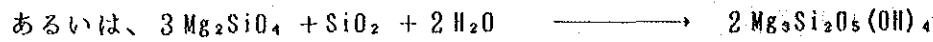
(a) 構成岩盤

ダムの基礎岩盤となるかんらん岩は、暗緑色～黒灰色を呈する緻密、堅硬な塊状岩である。

かんらん岩は、その造岩鉱物であるかんらん石と輝石の割合や輝石の種類によって、ダナイト、ウェールライト、ハルツバージャイトおよびレールズライトに分類される。JICA調査団が実施した顕微鏡鑑定結果によれば、本地点のかんらん岩は、造岩鉱物の大部分がかんらん石で構成されることから、ダナイトと分類される(顕微鏡鑑定結果はAppendixに掲載する)。

また、かんらん岩は、一般に、蛇紋岩化作用と呼ばれる比較的低温(500℃以下)での水との反応による変質作用を受けて蛇紋岩に変わることが知られている。この際の反応式は以下の通りである。





(かんらん石・輝石)

(蛇紋石)

本ダムサイトに於いても、かんらん岩は蛇紋岩化作用を受けているが、蛇紋岩化作用は割れ目に沿って薄く認められるのみで、全体的には軽微である（現地で採取された蛇紋岩試料のX線分析結果をAppendixに掲載する）。

(b) 断層

ダムサイト近傍には、幅広い破砕帯を伴い長く連続する大規模な断層は分布していない。ダムサイト近傍で認められる断層は、破砕物の挟在のほとんどない連続性の弱い小規模な断層が多い。こうした小規模な断層の大部分は、断層面に鏡肌が認められ、一部の断層には蛇紋岩化作用による薄い脈状の蛇紋岩が観察される。最も蛇紋岩化作用の著しい断層は、ダムサイト右岸の調査横坑“DA-1”内の水平深度60m地点に認められる。この断層は全体幅1mで、その中に多数の蛇紋岩の薄脈が集中している。その方向はZamanti川にほぼ平行するN67°E、75°NWを示すが、近傍の地表ならびにボーリング孔にはこの断層は検出されていない。従ってその連続性は少なくとも50m以下と判断される。

なお、ダムサイトの下流約1.5kmには、かんらん岩とその下流に分布する石灰岩との境界をなす衝上断層が、ほぼ南-北方向に分布している。この衝上断層に起因する著しい破砕もしくは変質は、ダムサイトに分布するかんらん岩には認められない。

(c) 節理

ダムサイトを構成するかんらん岩には、平均して約30cm間隔の節理が発達している。節理は、地表付近では開口しているものも見られるが、調査横坑内で観察するかぎり水平深度5m以深では密着している。また節理の一部には蛇紋岩化作用による蛇紋岩の薄脈が観察される。

(d) 風化

岩盤表面は褐色に風化変色している場合が多いが、その厚さは最大で数mm程度である。割れ目沿いの風化変色が認められる深度は、地表から5mないし10mまでで、概して浅い。

(2) 表層堆積物

(a) 崖錐堆積物

崖錐堆積物は、兩岸斜面の標高 550m 以下の急崖直下に分布している。その分布範囲は右岸側に比べて左岸側が広い。崖錐堆積物は地表での観察によると Cobble サイズもしくは Boulder サイズのかんらん岩の角礫を主体とし、細粒分は少ない。そしてその厚さは、最も分布の広い左岸で最大 10m 前後と予想される。

(b) 河床堆積物

河床堆積物は、Zamanti 川河床部に分布する。その厚さは、河床部でのボーリング結果によると最大で約 23m である。河床堆積物は、Cobble サイズのかんらん岩礫および少量の石灰岩礫を主体とし、細粒分は少ない。

(3) 地下水位

ダムサイトで実施されたボーリングの孔内水位は、Fig. 7-4 に示す通りである。この結果から地下水位は、河床から計画満水位標高へ向けて兩岸ともに斜面に沿って上昇していると推定される。

7.5.3 土木地質的考察

(1) 岩盤強度

ダムサイトを構成するかんらん岩は、DSI が実施したボーリングコアの室内試験結果によれば、Table 7-6 に示す通り、一軸圧縮強度が 264kgf/cm² ~ 1,015kgf/cm²、平均 576kgf/cm²、また引張圧裂強度が 63kgf/cm² ~ 280kgf/cm²、平均 125kgf/cm² の強度を示す。またこれらのサンプルを採取した地点の岩盤評価（後述の(4) “岩盤分類” の項を参照）に従って試験結果を整理すると以下の通りとなる。

	岩盤評価	試験値 (kgf/cm ²)	平均値 (kgf/cm ²)
一軸圧縮強度	Ⓐ	311 ~ 1015	625
	Ⓑ	264 ~ 490	377
引張圧裂強度	Ⓐ	63 ~ 280	122
	Ⓑ	101 ~ 168	135

変形特性については、調査横坑内での平板載荷試験結果によれば、変形係数 $D = 19,200 \text{ kgf/cm}^2 \sim 132,100 \text{ kgf/cm}^2$ 、平均 $88,200 \text{ kgf/cm}^2$ 、接線弾性係数 $B_t = 57,500 \text{ kgf/cm}^2 \sim 239,600 \text{ kgf/cm}^2$ 、平均 $161,700 \text{ kgf/cm}^2$ を示す。またこれを試験位置の岩盤評価に従って整理すると以下の通りである。

	岩盤評価	試験値	平均値
		(kgf/cm^2)	(kgf/cm^2)
変形係数	Ⓐ	107,700 ~ 132,100	120,000
	○	19,200 ~ 103,100	60,000
接線弾性係数	Ⓐ	189,200 ~ 239,600	210,000
	○	57,500 ~ 167,700	120,000

さらにせん断強度については、調査横坑内でのせん断試験結果によれば、右岸側 DA-1 の Ⓐ 岩盤で $C = 50 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\phi = 60^\circ$ 、左岸側 DA-2 の Ⓐ 岩盤で $C = 40 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\phi = 55^\circ$ が推定されている。

なお、上記平板載荷試験結果とせん断試験結果については、7.7 節に詳述されている。

(2) 不連続面

岩盤内に存在する不連続面としては、前述の 7.5.2 項で述べた通り、断層と節理がある。これらの不連続面の挟在物は概して薄く、また挟在物質は蛇紋岩化作用による薄脈状の蛇紋岩であることが多い。

ダムサイトにおける不連続面の方向性は、Fig. 7-5 のシュミットネットに示す。本図は両岸の調査横坑内で観察された計 111本の不連続面の測定結果に基づいて作成されたものである。本図から明らかなように、ある特定方向への集中度が弱いことから、様々な方向の不連続面が本地点には分布していることが理解できる。また厚さ 1mm 以上（概ね 10mm 以下）の蛇紋岩を挟在した不連続面のみをピックアップし、その方向性を表現したシュミットネットを、Fig. 7-6 に示す。この図からも、しいて挙げれば東-西方向と北東-南西方向の不連続面が多いが、全体的にはある特定方向への集中度は顕著でないことが分る。

Fig. 7-6 に示した蛇紋岩を挟在する不連続面の傾度は、左右岸ともほぼ同様で3～4 mに1本の割合である（調査横坑展開図および不連続面一覧表はAppendixに掲載する）。

(3) 透水性

ダムサイトに於いて、ボーリング孔を利用したルジオンテストが、合計7孔、269ステージ、538mの区間で実施された。ルジオンテストは、表層の堆積物を除いた岩盤部を対象とし、1ステージ2mの間隔で実施された。試験結果は、Fig. 7-4 のボーリング柱状図内に示されている。

ルジオン値 (Lu) は、通常10kgf/cm²の圧力での注入量から算出される。ただし何らかの理由により注入圧が10kgf/cm²まで上げられなかった試験については、次式により換算した値を使用した。

$$\text{換算ルジオン値 } Lu' = 10Q / P \cdot L$$

ここで Q : 注入量 (ℓ/min)

L : 試験区間長 (m)

P : 注入圧 (kgf/cm²)

Fig. 7-4 に示す通り、ダムサイトは岩盤表層部に10ルジオン以上の値が見られるのみで、全体として透水性は非常に小さいと判断される。

また本地点は、堅硬なかんらん岩から構成されており、岩石の鉱物間を透過する水はなく透水性は割れ目に依存していることから、一般的に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る。

(4) 岩盤分類

ダム基礎岩盤は、一様なかんらん岩より構成されている。このような一様な岩盤を分類する上では、岩盤の風化程度、硬さおよび不連続面（割れ目）の分布が、地質工学的性質を支配する基本的要素と考えられる。

こうした考えに基づいて、本地点の岩盤はTable 7-7に示す岩盤分類基準に従って分類がなされた。またこのような要素毎の分類を行うことによってさらにそれらを組み合わせ客観的で総合的な岩盤評価を行うことが可能と考えられる。そして岩盤評価

は、地質工学的性質を表現し得る岩盤の等級（グレード）分けがなされたものと理解される。岩盤分類要素の組合せと総合的な岩盤評価（5段階からなり、それらは㉔～㉚と表示される）の基準をFig. 7-7 に示す。

ダムサイト近傍で実施されたすべての調査横坑およびボーリングコアの調査結果によれば、ダムサイトを構成するかんらん岩は分類基準で2 B III、すなわち新鮮、堅硬で割れ目間隔が20cm～40cmの岩盤が最も卓越していることが判明した。そしてこれは岩盤評価で㉚と等級づけられる。

㉚級岩盤も分布するものの㉚級岩盤が最も卓越する本ダムサイトは、既述の力学的、水理地質的性状からみて、高さ 150m級のコンクリートダム築造に対して充分適性を有していると判断される。

(5) ダム軸の選定

Goktasプロジェクトのダム軸については、Fig. 7-8 に示す通り、マスタープランステージに於いてダム軸 I、その上流約 1.3km地点にダム軸 II の 2つのダム軸が、またその後 D S I によってこの 2つのダム軸の間にさらにダム軸 A（下流側）およびダム軸 B（上流側）が選定された。

J I C A 調査団は、これらの選定されたダム軸について、1/5,000 および 1/1,000 地形図に基づく地表調査、ならびに航空写真判読を実施した。その結果、以下の理由によりダム軸 A 近傍（ダム軸 A のやや上流）が選定された。

- 上流側のダム軸 II および B の左岸側には、岩盤の変質部が認められること。
- ダム軸 B の近傍には深く切れ込んだ谷が存在すること。
- 下流側のダム軸 I 周辺は他に比べて谷幅が広く、さらに岩盤の変質部が認められること。
- ダム軸 A 近傍は、他のダム軸地点に比べて、岩盤の変質部が少ないこと。
- ダム軸 A 近傍は、前項まで述べてきた通り各種地質調査より、ダムサイトとして充分適性を有していると判断されること。

(6) ダムタイプ

本地点は、ロックフィルダムの基礎岩盤として力学的、水理地質的性状に問題はないが、ダムサイト近傍に適当なコア材料が分布せず、また谷幅が狭いため洪水吐設置が地形的に困難であることから、本地点でのロックフィルタイプの採用はあまり得策ではないと考えられる。

コンクリートタイプのダムを考えた場合、力学的、水理地質的に問題はないと判断される。なおこのうち薄いアーチダムが選定される場合は、岩盤に軽微ではあるが蛇紋岩化作用が認められる点、地形が非常に複雑な点、等を考慮の上、十分な調査検討が必要と考えられる。

Table 7-6 Laboratory Test Results of Drilled Cores at Dam Site

Drillhole No.	Depth (m)	Rock Name	* (1) Specific Gravity	* (1) Absorption (%)	* (2) Unconfined Compression Strength (kgf/cm ²)	* (3) Tensile Strength (kgf/cm ²)
SK-3	33.6 - 34.0	Peridotite	3.15	0.2	948.1	82.3
SK-3	88.6 - 89.1	"	3.31	0.3	730.9	139.9
SK-4	16.0 - 16.3	"	3.27	0.1	365.6	62.9
SK-4	51.7 - 52.0	"	3.10	0.6	311.1	70.0
SK-4	75.5 - 76.0	"	3.24	0.2	264.4	101.2
SK-5	61.2 - 61.4	"	3.29	0.2	489.7	168.0
SK-5	76.0 - 76.4	"	3.22	0.2	629.6	139.9
SK-5	95.6 - 96.0	"	3.30	0.1	454.9	62.9
SK-6	36.0 - 36.5	"	3.30	0.1	548.4	138.2
SK-6	89.4 - 89.8	"	3.31	0.1	1,014.5	279.8

Note: *(1) ASTM C97-83
 *(2) ASTM D2938-79
 *(3) ASTM D3967-81

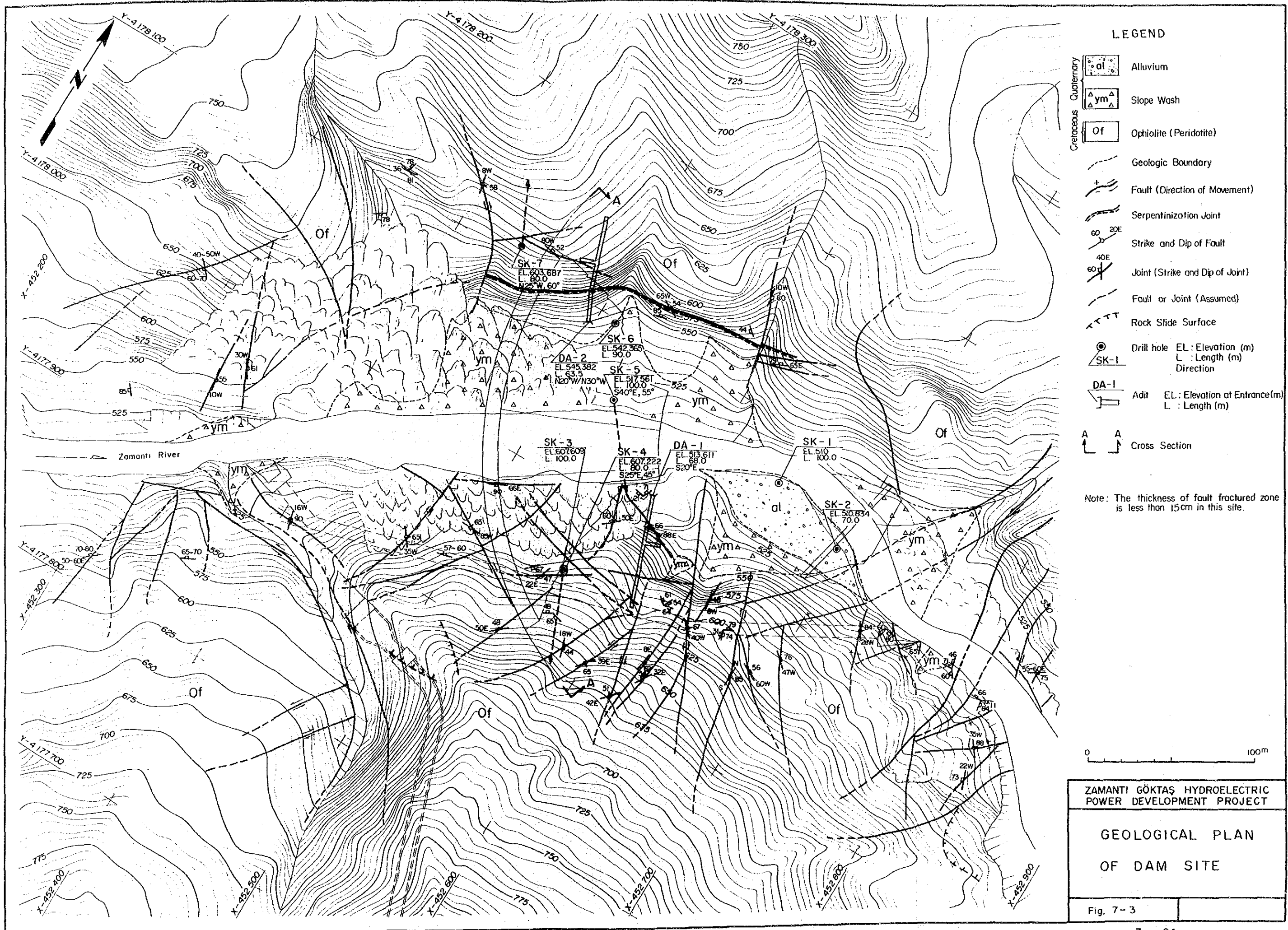
Table 7-7 Standard of Rock Classification

for Adit

Weathering		Hardness		Interval of Cracks	
1	Very fresh. No weathering of mineral component.	A	Very hard. Broken into knifeedged pieces by strong hammer blow.	I	Over 100 cm
2	Fresh. Some minerals are weathered slightly. Usually no brown crack.	B	Hard. Broken into pieces by strong hammer blow.	II	40 - 100 cm
3	Fairly fresh. Some minerals are weathered. Cracks are stained and with weathered material.	C	Brittle. Broken into pieces by medium hammer blow.	III	20 - 40 cm
4	Weathered. Fresh portions still remain partially.	D	Very brittle. Easy broken into pieces by medium hammer blow.	IV	5 - 20 cm
5	Strongly weathered. Most minerals are weathered and altered to second minerals.	E	Soft. Able to dig with hammer.	V	Under 5 cm

for Drilled Core

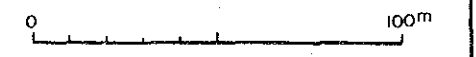
Weathering		Hardness		Interval of Cracks	
1	Very fresh. No weathering of mineral component.	1	Very hard. Broken into knifeedged pieces by strong hammer blow.	1	Over 30 cm
2	Fresh. Some minerals are weathered slightly. Usually no brown crack.	2	Hard. Broken into pieces by strong hammer blow.	2	10 - 30 cm
3	Fairly fresh. Some minerals are weathered. Cracks are stained and with weathered material.	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



LEGEND

- Quaternary
 - al Alluvium
 - ym Slope Wash
- Creaceous
 - Of Ophiolite (Peridotite)
- Geologic Boundary
- Fault (Direction of Movement)
- Serpentinization Joint
- Strike and Dip of Fault
- Joint (Strike and Dip of Joint)
- Fault or Joint (Assumed)
- Rock Slide Surface
- Drill hole EL: Elevation (m)
L: Length (m)
Direction
- Adit EL: Elevation at Entrance (m)
L: Length (m)
- Cross Section

Note: The thickness of fault fractured zone is less than 15cm in this site.



ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

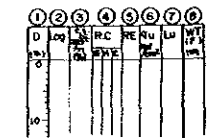
GEOLOGICAL PLAN OF DAM SITE

Fig. 7-3

LEGEND

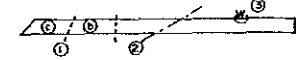
- Quaternary
- al Alluvium
 - ym Slope Wash
- Cretaceous
- Of Ophiolite (Peridotite)
- Geologic Boundary
 - Fault or Joint (---: Assumed)
 - Boundary of Rock Evaluation
 - Ground Water Level

DRILLING LOGS

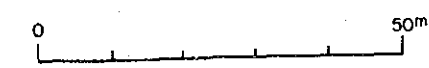
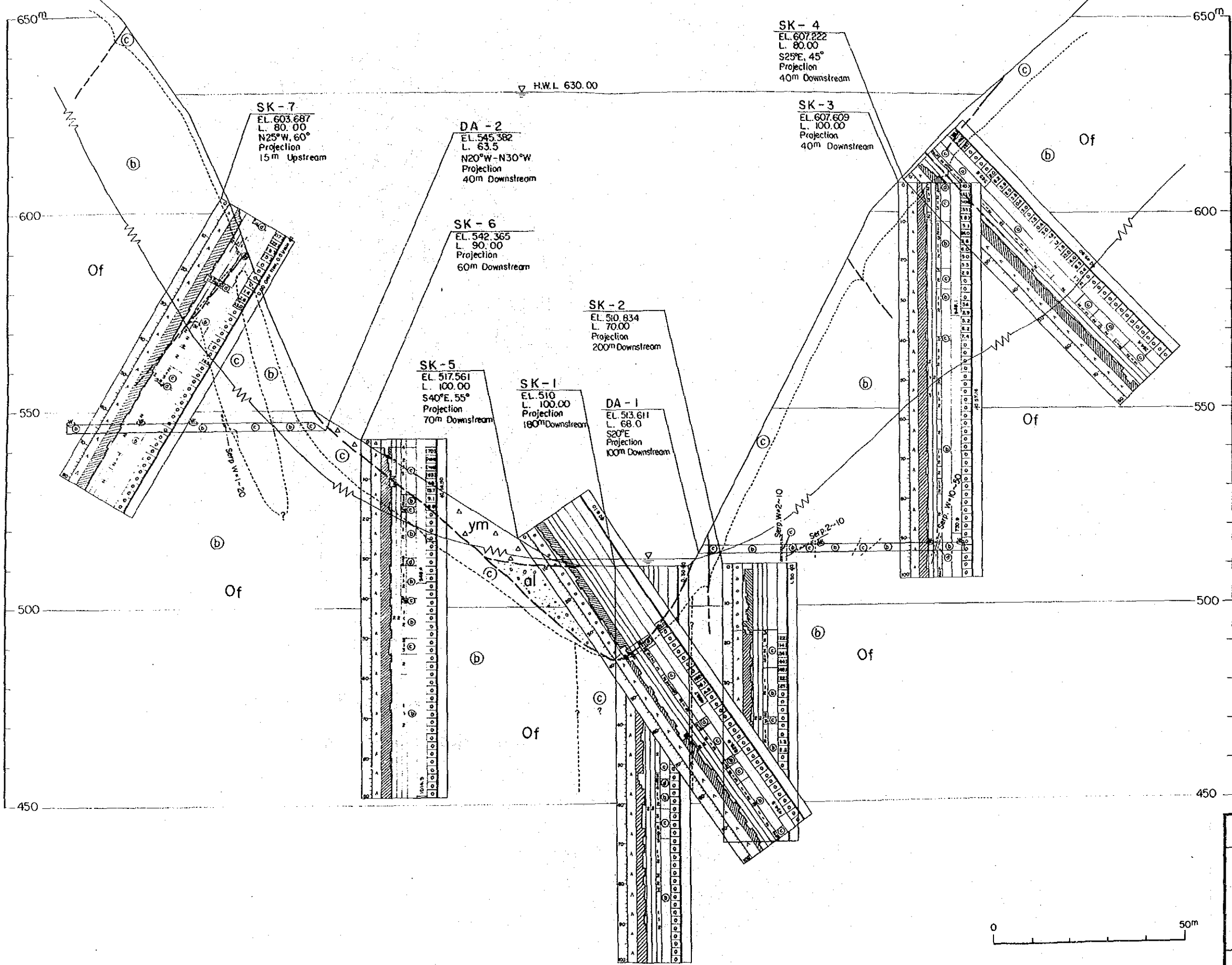


- ① Depth of Drillhole (m)
- ② Geological Log
- ③ R.Q.D. = Rock Quality Designation (%)
C.L. = Core Loss (%)
- ④ R.C. = Rock Classification
W: Weathering 1 (Very Fresh) 5 (Strongly Weathered)
H: Hardness 1 (Very Hard) 5 (Soft)
C: Interval of Cracks 1 (Over 30cm) 5 (Under 1cm)
- ⑤ R.E. = Rock Evaluation
⊙ Very Good
⊙ Very Bad
- ⑥ q_u = Unconfined Compression Strength of Core (kgf/cm²)
- ⑦ Lu = Lugeon Value (l/m/min/10kgf/cm²)
(): Converted Lugeon Value
- ⑧ W.T.(F) = Final Water Table (m)

ADIT LOGS



- ① Boundary of Rock Evaluation
- ② Crack (More than 10mm in width)
Serp.: Serpentine
W: Width (mm)
- ③ Water Seepage Point

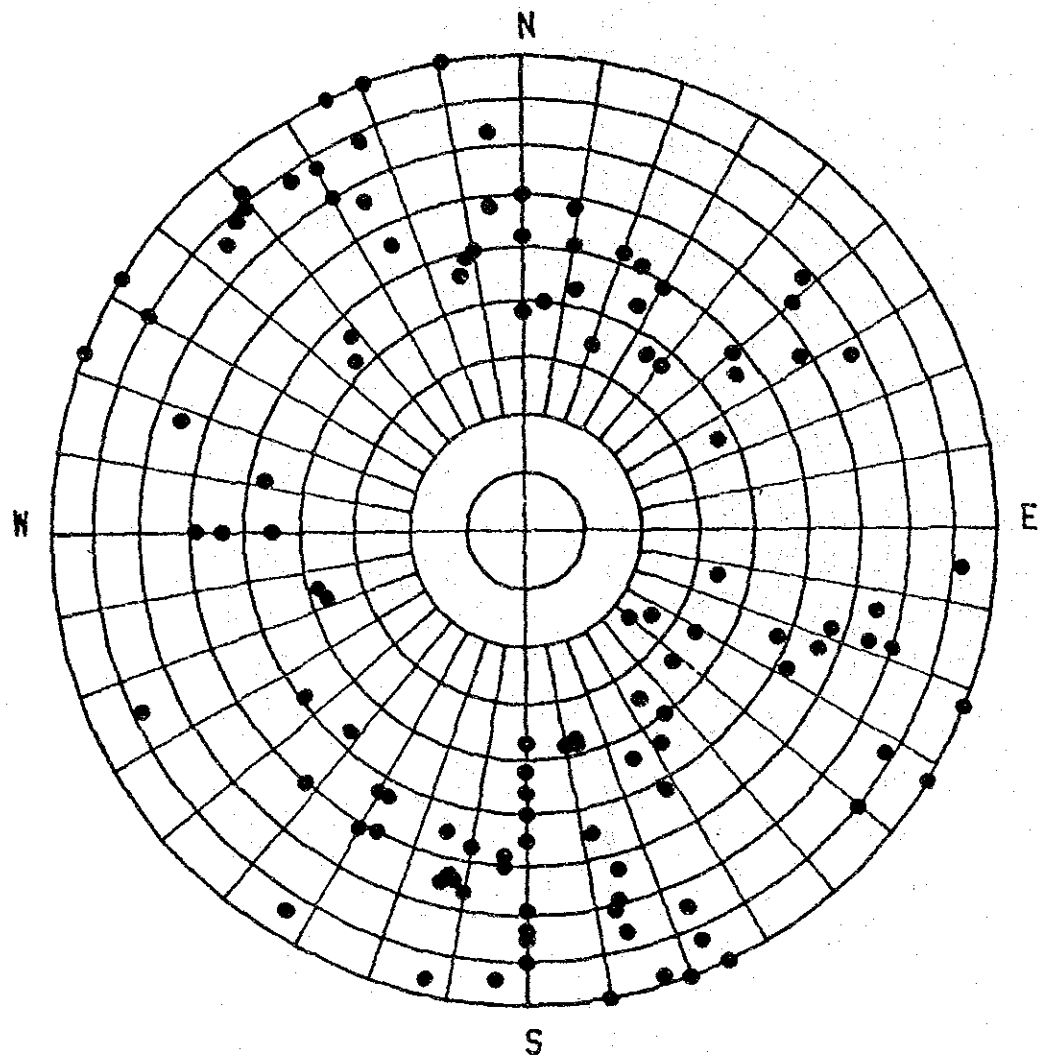


ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL SECTION OF

DAM SITE

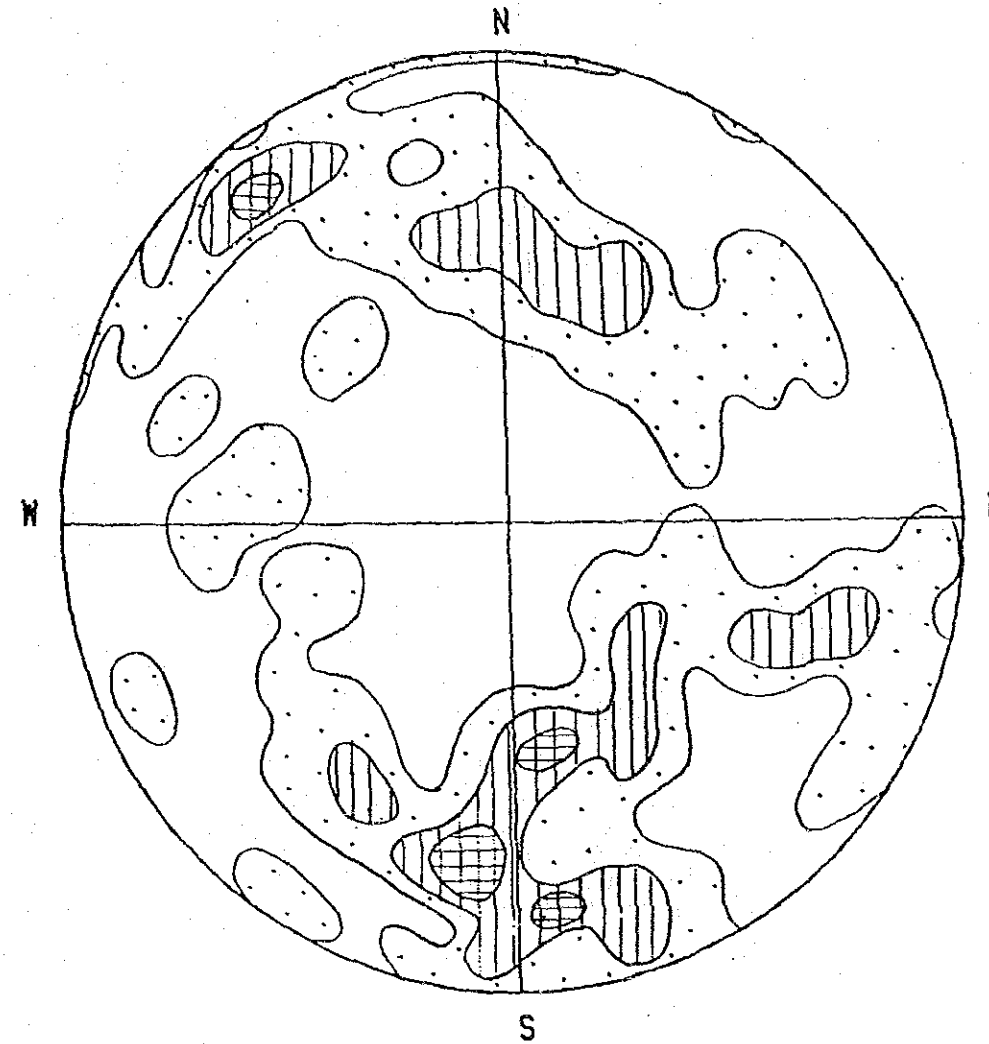
Fig. 7 - 4



Point Diagram

Schmidt's Polar Net
Lower Hemisphere Projection

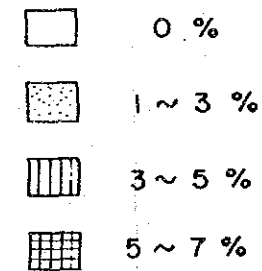
Number of Sample : III



Contour Diagram

Schmidt's Polar Net
Lower Hemisphere Projection

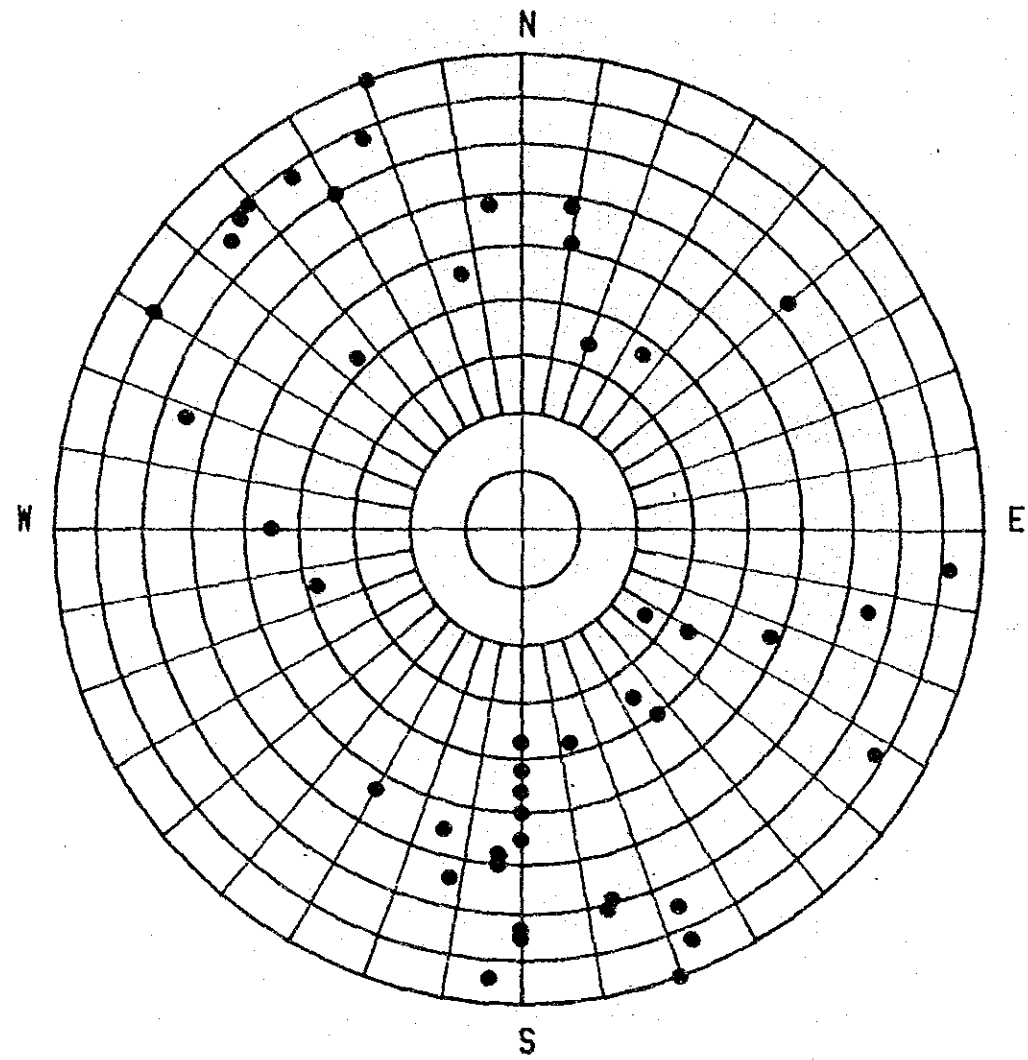
Concentration Percentages



ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

POINT AND CONTOUR
DIAGRAMS OF ALL MEASURED
CRACKS IN ADITS

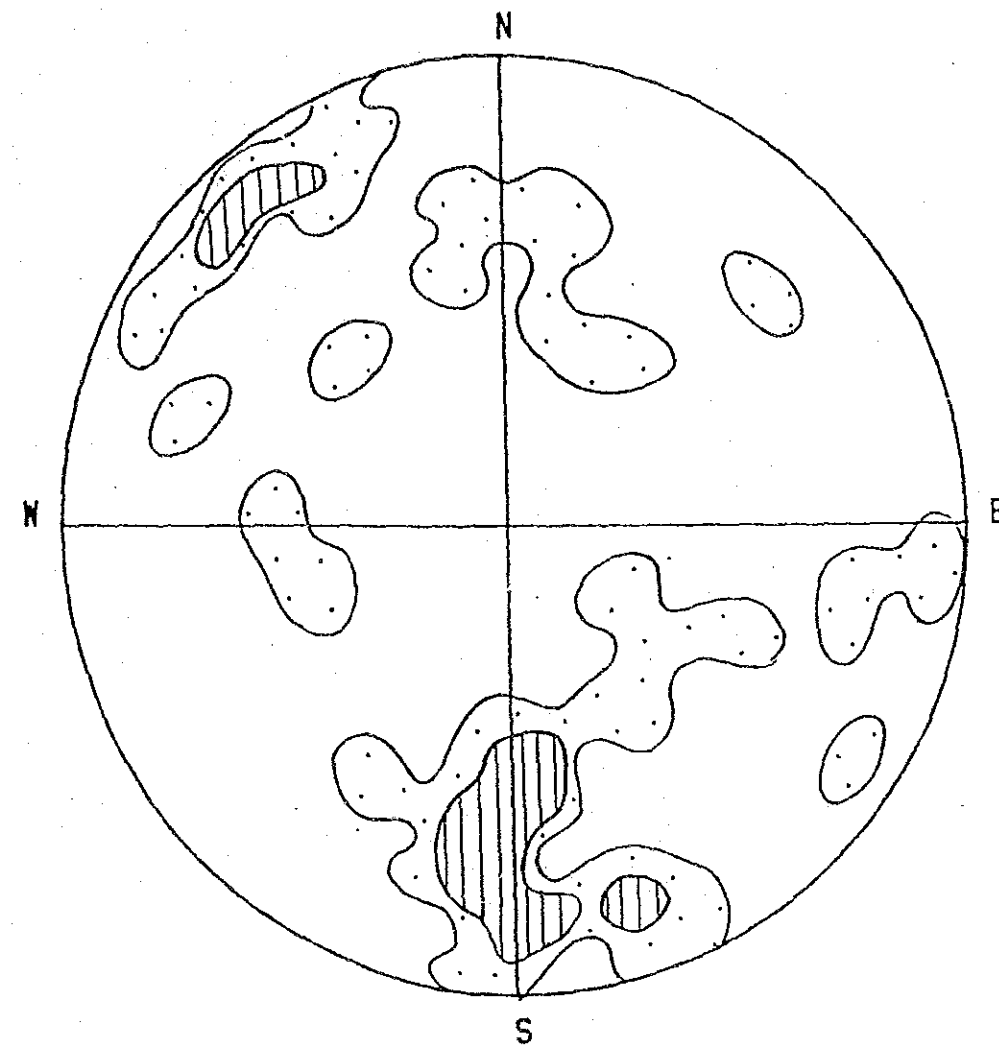
Fig. 7-5



Point Diagram

Schmidt's Polar Net
Lower Hemisphere Projection




Number of Sample : 45



Contour Diagram

Schmidt's Polar Net
Lower Hemisphere Projection

Concentration Percentages

-  0 %
-  2 ~ 5 %
-  5 ~ 10 %

ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

POINT AND CONTOUR
DIAGRAMS OF SERPENTINIZATION
CRACKS IN ADITS

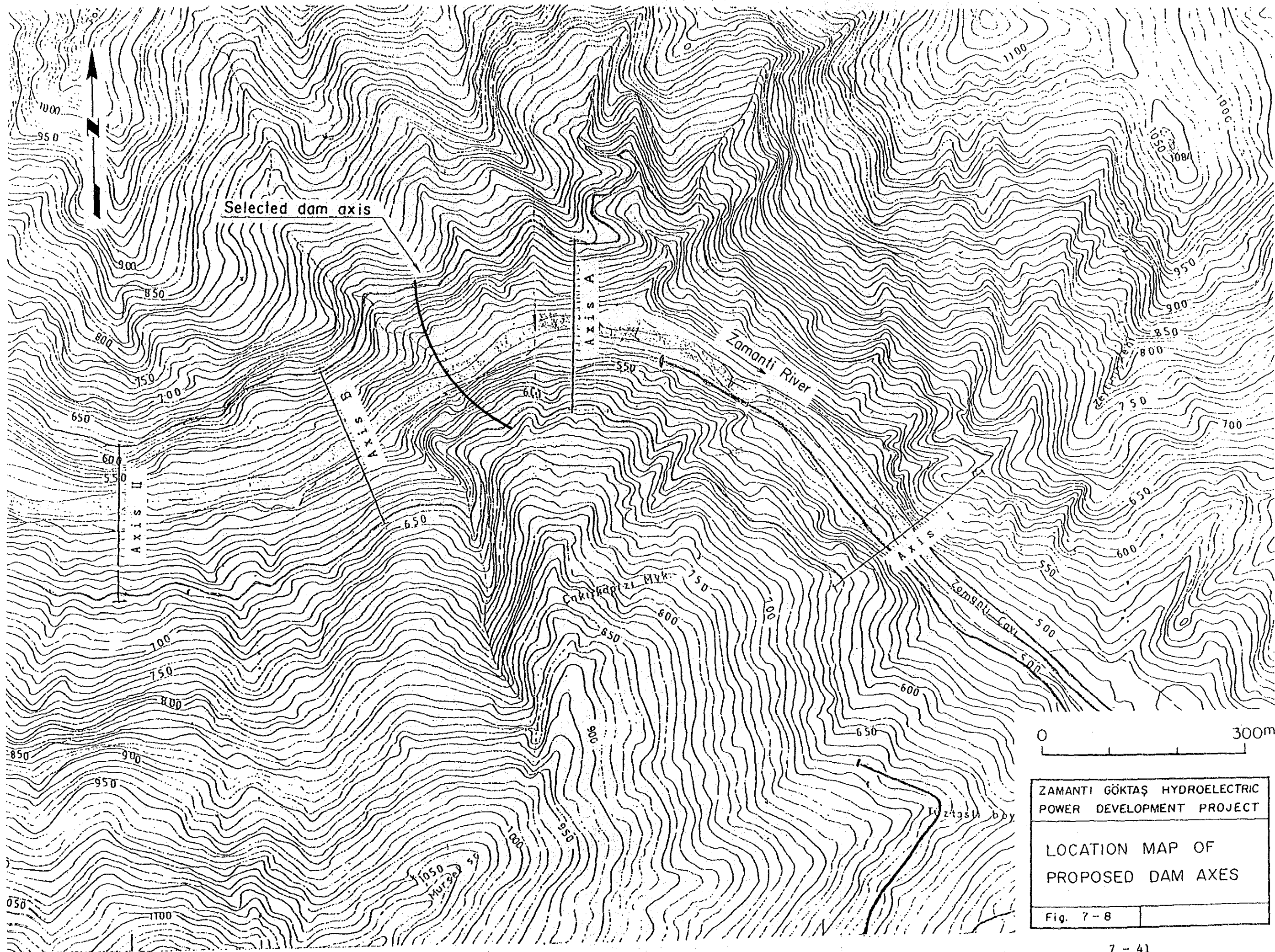
Fig. 7-6

Fig. 7-7 ROCK EVALUATION

		Hardness * (1)				
		A	B	C	D	E
Interval of Cracks * (1)	I	(a)	(a)	*(2)	*(2)	*(2)
	II	(a)	(a)	*(2)	*(2)	*(2)
	III	(b)	(b)	(c)	*(2)	*(2)
	IV	(c)	(c)	(d)	(e)	*(2)
	V	*(2)	(d)	(d)	(e)	(e)

Notes: *(1) See Table 7-7 "Standard of Rock Classification".
 "Weathering" grade is "2"
 In case of the low grade "Weathering", shift
 to the low grade "Rock Evaluation".

*(2) Rare cases.



7.6 他の構造物地点の地質

7.6.1 取水口地点

(1) 地形

取水口は、ダム軸の上流約 100m の Zamanti 川右岸側に計画される。

本地点は、Zamanti 川の右岸へ注ぐ小さい V 字谷を形成する沢に面しており、取水口が計画される斜面は約 65° の急斜面をなす。

(2) 地質

取水口地点は、ダムサイトと同様堅硬・塊状なかんらん岩からなる。表層の堆積物はなく岩盤が露出し、南-北方向および南東-北西方向の小規模な断層が交叉し、また節理も発達している。これらの不連続面の一部は表層部で開口している。

(3) 土木地質的考察

岩盤の露出した約 65° という急斜面である本地点は、斜面全体としては安定している。表層部に見られる開口割れ目も、ダムサイトの調査結果から判断して、地下では密着していることが予想される。従って表層岩盤の剝離および崩落の可能性はあるものの、地質構造上、大規模崩壊が起こる可能性は小さいと判断される。

7.6.2 導水路トンネル経過地

(1) 地形

延長約16kmの導水路トンネルは、Zamanti川流路から最大2.5km離れたZamanti川右岸側を通過する計画である。

経過地は一般に標高800m～1,200mの山地からなる。ここを流れる主要な川としては、ダムサイト側から順に、Büyükboz川、Kuzlu kara川、Kapiz川およびSögüt川がある。これらの川は一般に北西向き、すなわち導水路トンネル方向に対して直角に流下してZamanti川に合流する。

標高540mに計画される導水路トンネルの地表までの土被りは、最大で経過地中央部付近での700m、最小で上述した支流のうちのkuzlu kara川、Kapiz川およびSögüt川直下での90m、平均的には400m前後となる。

(2) 地質

導水路トンネル経過地の地質をFig. 7-9に示す。

導水路トンネル経過地の地質は、巨視的に見れば、発電所サイト側に分布する古生代の石灰岩、砂岩、頁岩などと、ダムサイト側に分布する中生代の石灰岩とかんらん岩（貯水池およびダム地点の地質の節で述べた理由により、オフィオライトはかんらん岩と呼称する）から構成され、両者の境界部で複雑な地質構造をなしていることが理解される。

概略 Kapiz川より発電所サイト側に分布する古生代の地層は、その堆積時代により、デボン紀の石灰岩、ドロマイト質石灰岩、頁岩、砂岩、珪岩（あるいは珪質砂岩）からなる地層（D）と、石炭紀～二畳紀の石灰岩を主体として泥質石灰岩（あるいは砂質石灰岩）、ドロマイト質石灰岩、頁岩からなる地層（PK）に分けられる。これらは微褶曲をくり返し、主として南-北方向と南西-北東方向に延びる高角の断層あるいは低角の衝上断層によって分断されている。

一方 kapiz川よりダムサイト側に分布する中生代の石灰岩とかんらん岩は、前項「貯水池の地質」で述べた通り、かんらん岩が石灰岩体上に押し上げられた際に形成された衝上断層によって接している。この衝上断層は、巨視的に石灰岩とかんらん岩の分布から見れば低角をなすと予想されるが、少なくともKuzlu kara川からkapiz川にかけての区間では、ほぼ垂直に近い角度を示す。

(3) 土木地質的考察

(a) 土被りの薄い区間

計画される導水路トンネル経過地のうち最も地表までの土被りの薄い箇所は、前述の通り、Kuzlu kara川、kapiz川および Sögüt川の直下である。

このうち kapiz川と Sögüt川 地点については、地表から導水路トンネル計画標高付近までのボーリング調査が実施された。その結果によれば、どちらの地点も表層の堆積物は薄く、堅硬な石灰岩などが地表近くからトンネル標高まで分布している。また Kuzlu kara川地点については地表踏査の結果により、崖錐堆積物の厚さは薄く堅硬なかんらん岩が分布することが明らかにされた。

従って土被りが薄いことによる上記3地点のトンネル掘削に関する問題点はないと判断される。

(b) 岩盤強度

導水路トンネル経過地で実施されたボーリングのコア試験結果を、Table7-8に示す。試験されたコアサンプルの一軸圧縮強度は、石灰岩が 223kgf/cm²～ 686kgf/cm²、砂質石灰岩が 537kgf/cm²、石英砂岩が 389kgf/cm²を示している。またかんらん岩の一軸圧縮強度は、前節「ダム地点の地質」で述べた通り、平均して 576kgf/cm²を示す。

導水路トンネルは、主としてこれらの岩石内を通過することになるが、岩石自身が有する岩盤強度上の問題点はないと判断される。

(c) 断層

導水路トンネル経過地には多数の断層が分布している。

このうちダムサイト側の石灰岩とかんらん岩の境界をなす衝上断層については、Kuzlu kara川付近の地表地質踏査によって次のような結果が得られた。

- この付近では石灰岩とかんらん岩は、垂直に近い角度で接していること。
- 断層周辺は、石灰岩はもちろんのこと、かんらん岩にも幅広い変質帯や劣化帯は認められないこと。

このことから、衝上断層部については長区間にわたってトンネル掘削を著しく困難にする可能性は小さいと判断される。

一方発電所サイト側の古生代の地層に発達する断層については、以下のように考えられる。

- これらの断層は航空写真判読によって比較的長く続く線状模様として認められるものが多い。
- しかしながら2～3の長く連続する線状模様について現地確認したところ、断層の破碎幅は概して1 m程度以下と薄いことが確認された。
- 古生代の地層に発達する断層の方向は、概ね南―北ないしは南西―北東であることから北西―南東方向の導水路トンネルとは直角に近い角度で交叉することになる。このことからたとえ薄い破碎幅の断層に遭遇しても最短距離でそれを突破できる。

以上の点から、これらの断層が長区間にわたって、トンネル掘削を困難にする可能性は小さいと判断される。

(d) 地下水

ダムサイト側に分布するかんらん岩は、前節「ダム地点の地質」で述べた通り、地下水位が高く難透水性であることから、トンネル内への湧水は岩盤内の微細な割れ目を通じてわずかに現れるのみと予想される。

一方かんらん岩以外の地層は、石灰岩が卓越しており、地表の沢にも流水がほとんど見られないことから、一般的に地下水位が低く、岩盤内に溶食クラックが発達していることが推定される。しかしボーリングが実施された kapiz川および Sögüt川地点で、地下水位は導水路トンネル標高とほぼ同じかそれよりやや上方に存在している。ボーリングコアの観察によれば、溶食クラックの幅は薄く、こうしたクラックを通じてトンネル内へ湧出する地下水の量は少ないと考えられる。

しかし今後さらに水理地質的調査を進める必要がある。

7.6.3 水槽、水圧管路及び発電所地点

(1) 地形

水槽、水圧管路および発電所地点は、Zamanti川と Goksu川の合流点の上流約2 kmの Zamanti川右岸側に位置する。

これらの構造物が計画される斜面は、両側を小さな沢に挟まれた尾根状をなす。この斜面は、標高520 m付近に斜面傾斜の交換点が認められ、標高520 m以上では約20°の緩斜面、そして標高520 m以下では平均40°、最大70°前後の急斜面をなす。

本地点での Zamanti川の河床標高は約320 mで、河床勾配は平均1/140である。

(2) 地質

水槽、水圧管路および発電所地点の地質は、Fig. 7-10およびFig. 7-11に示す通り、古生代の砂岩、頁岩、石灰岩などと中生代の砂岩、頁岩からなる基盤岩石と崖錐堆積物、河床堆積物といった第四紀堆積物よりなる。

Goktasプロジェクトの計画地域で認められる最も古い地層である砂岩、頁岩を主体とするカンブリア紀の地層(Ea)が発電所地点に、その上に石灰岩、ドロマイト質石灰岩を主体としたデボン紀の地層(B)が、さらにその上に石灰岩を主体とする石炭紀～二畳紀の地層(Pk)が水圧管路ルート上に分布している。そしてこれらの地層分布域の斜面は、平均40°の急勾配を示す。また石炭紀～二畳紀の地層(Pk)の上には、水槽計画地点を構成する白亜紀の砂岩、頁岩層(Kp)が薄く分布しており、この分布域の斜面は約20°と緩傾斜を示す。

地層の走向・傾斜は、塊状な石灰岩分布域では測定できないが、少なくとも発電所地点に分布するカンブリア紀の砂岩、頁岩は、Zamanti川にほぼ平行する南-北もしくは南西-北東の走向を示し、西側すなわちZamanti川の右岸側に緩く傾斜している。また計画構造物周辺には、大規模な断層は認められない。

第四紀の堆積物である崖錐堆積物は、概して薄い。またZamanti川河床に分布する河床堆積物は、今後確認の必要があるが、最大20m前後の厚さと推定される。

(3) 土地地質的考察

(a) 発電所地点の選定

マスタープランステージにおいて、発電所地点はZamanti川とGoksu川の合流点より約1.5km上流のZamanti川右岸側に選定された。JICA調査団は、この地点も含めてZamanti川の上下流の地表調査、航空写真判読を実施し、その結果次のような所見を得た。

- マスタープランステージで計画された発電所地点には、明瞭な円弧状の崖および崩壊地が分布し、ここは地すべり地と推定されることから発電所地点として適当ではない。
- これより下流のGoksu川との合流点までの区間は、石灰岩からなる急崖が標高1,000m付近からZamanti川河床まで続き、水槽、水圧管路および発電所地点としては地形的条件が悪い。

○ マスタープランステージで計画された発電所地点の約 500m 上流には、岩盤露出部の多い尾根状の斜面が分布している。

○ これよりさらに上流側は、発電計画上有効落差を減らすことになる上に、石灰岩からなる急崖が連続するため、地形的条件が悪くなる。

以上の所見から、Fig. 7-10 に示す通り、マスタープランステージで計画された発電所地点より約 500m 上流に位置する発電所地点が選定された。

(b) 斜面の安定性

地表地質調査、ボーリング調査および弾性波探査によれば、水圧管路および発電所が計画される斜面に分布する表層堆積物の厚さは概して薄い。標高 520m ~ 700m 間の緩斜面部においても白亜紀の砂岩、頁岩が分布しており、表層の堆積物は薄い。

斜面内に崩壊地は認められず、崩壊を誘発すると懸念される断層の分布もなく、またボーリング調査結果から斜面を構成する岩盤に著しい風化やゆるみも認められないことから、本地点は安定した斜面であると判断される。

(c) 岩盤強度

水圧管路および発電所計画地点で実施されたボーリングのコア試験結果を Table 7-9 に示す。計画される水圧管路の基礎を構成する石灰岩の一軸圧縮強度は $273 \text{ kgf/cm}^2 \sim 409 \text{ kgf/cm}^2$ 、平均 341 kgf/cm^2 、また計画される発電所の基礎を構成する砂岩および頁岩のそれは $78 \text{ kgf/cm}^2 \sim 529 \text{ kgf/cm}^2$ 、平均 272 kgf/cm^2 を示す。

また弾性波探査結果によれば、弾性波速度 (P 波) は古生層の岩盤として一般的な 3.7 km/s が得られている。

これらのデータから、計画される構造物の基礎として、本地点の岩盤強度上の問題点はないと判断される。

なお本斜面で実施された弾性波探査結果については、7.8 節に詳述されている。

Table 7-8 Laboratory Test Results of Drilled Cores at Headrace Tunnel Route

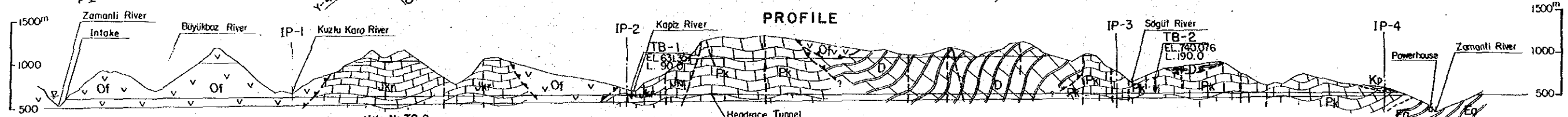
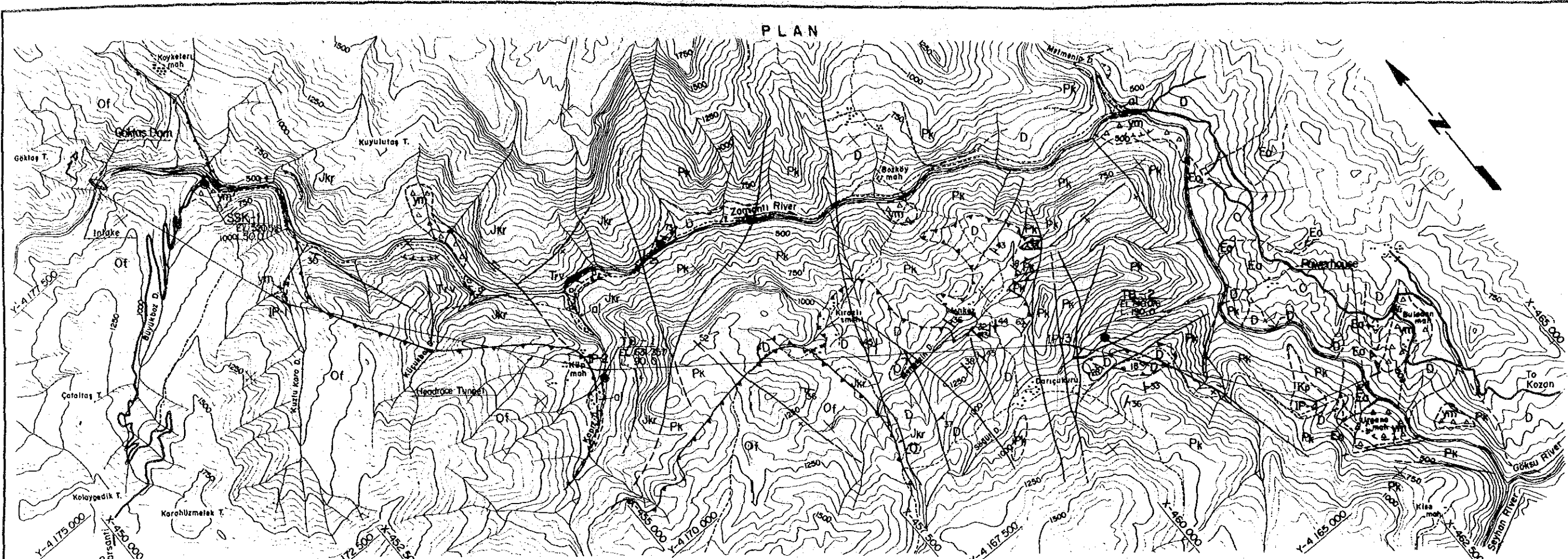
Drillhole No.	Depth (m)	Rock Name	* (1) Specific Gravity	* (1) Absorption (%)	* (2) Unconfined Compression Strength (kgf/cm ²)	* (3) Tensile Strength (kgf/cm ²)
TB-1	15.5 - 16.0	Limestone	2.72	0.1	559.7	102.6
TB-1	83.9 - 84.4	Limestone (biomicrite)	2.70	0.3	222.9	49.2
TB-2	112.6 - 113.1	Limestone	2.74	0.4	685.5	74.2
TB-2	144.6 - 145.1	Quartz sandstone	2.59	1.5	388.8	77.7
TB-2	154.5 - 155.0	Sandy limestone	2.77	0.5	536.5	54.5

Note: * (1) ASTM C97-83
 * (2) ASTM D2938-79
 * (3) ASTM D3967-81

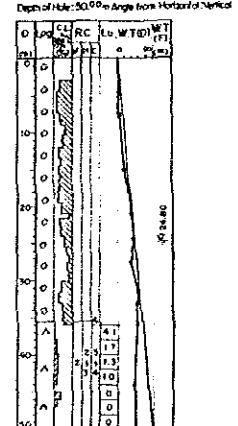
Table 7-9 Laboratory Test Results of Drilled Cores at Power Plant Site

Drillhole No.	Depth (m)	Rock Name	* (1) Specific Gravity	* (1) Absorption (%)	* (2) Unconfined Compression Strength (kgf/cm ²)	* (3) Tensile Strength (kgf/cm ²)
PB-1	24.6 - 25.0	Shale	2.71	0.2	77.7	34.1
PB-1	42.0 - 42.5	Shale	2.77	0.8	208.5	74.5
PB-1	55.3 - 55.9	Sandstone	2.73	0.2	528.7	116.7
PB-2	45.4 - 45.8	Limestone	2.72	0.2	408.8	46.8
PB-2	68.8 - 69.2	Limestone	2.73	0.1	273.1	53.8

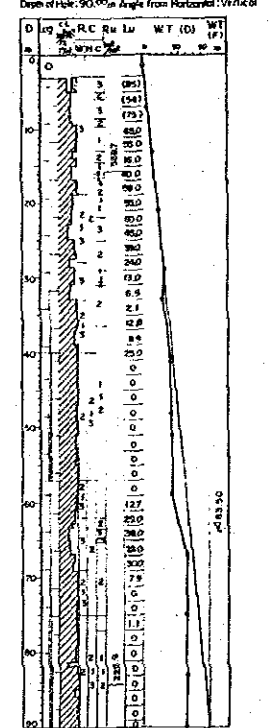
Note: *(1) ASTM C97-83
 *(2) ASTM D2938-79
 *(3) ASTM D3967-81



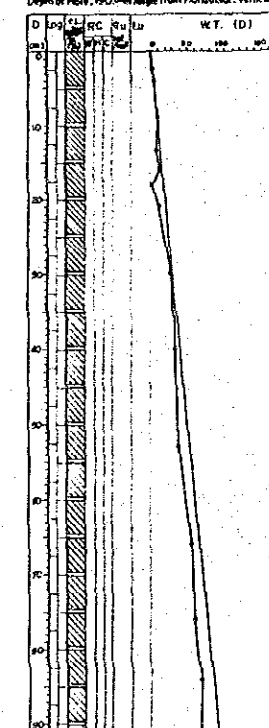
Hole No. SSK-1
Elevation: 520.34m
Depth of Hole: 50.00m Angle from Horizontal: Vertical



Hole No. TB-1
Elevation: 631.37m
Depth of Hole: 90.00m Angle from Horizontal: Vertical



Hole No. TB-2
Elevation: 740.07m
Depth of Hole: 150.00m Angle from Horizontal: Vertical



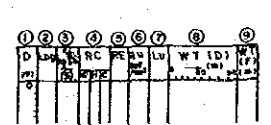
Legend of Geological Log

- Alkzivium
- △ Peridotite
- Limestone
- ▨ Limestone (Biluminous)
- ▩ Sandy limestone
- ▧ Dolomitic limestone
- ▦ Sandstone

LEGEND

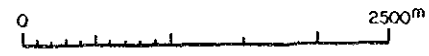
	Alkzivium		Geologic Boundary
	Slope Wash		Strike and Dip of Strata
	Travertine		Strike and Dip of Joint
	Ophiolite (Peridotite)		Fault and Direction of Movement
	Sandstone, Siltstone, Shale		Overthrust
	Limestone		Fault (assumed)
	Limestone, Sandstone		Rock Slide Surface
	Limestone, Dolomitic limestone, Shale, Sandstone		Spring through Limestone Cave
	Shale, Siltstone		Drillhole
	Limestone		
	Sandstone, Shale, Quartzite, Limestone		

DRILLING LOGS



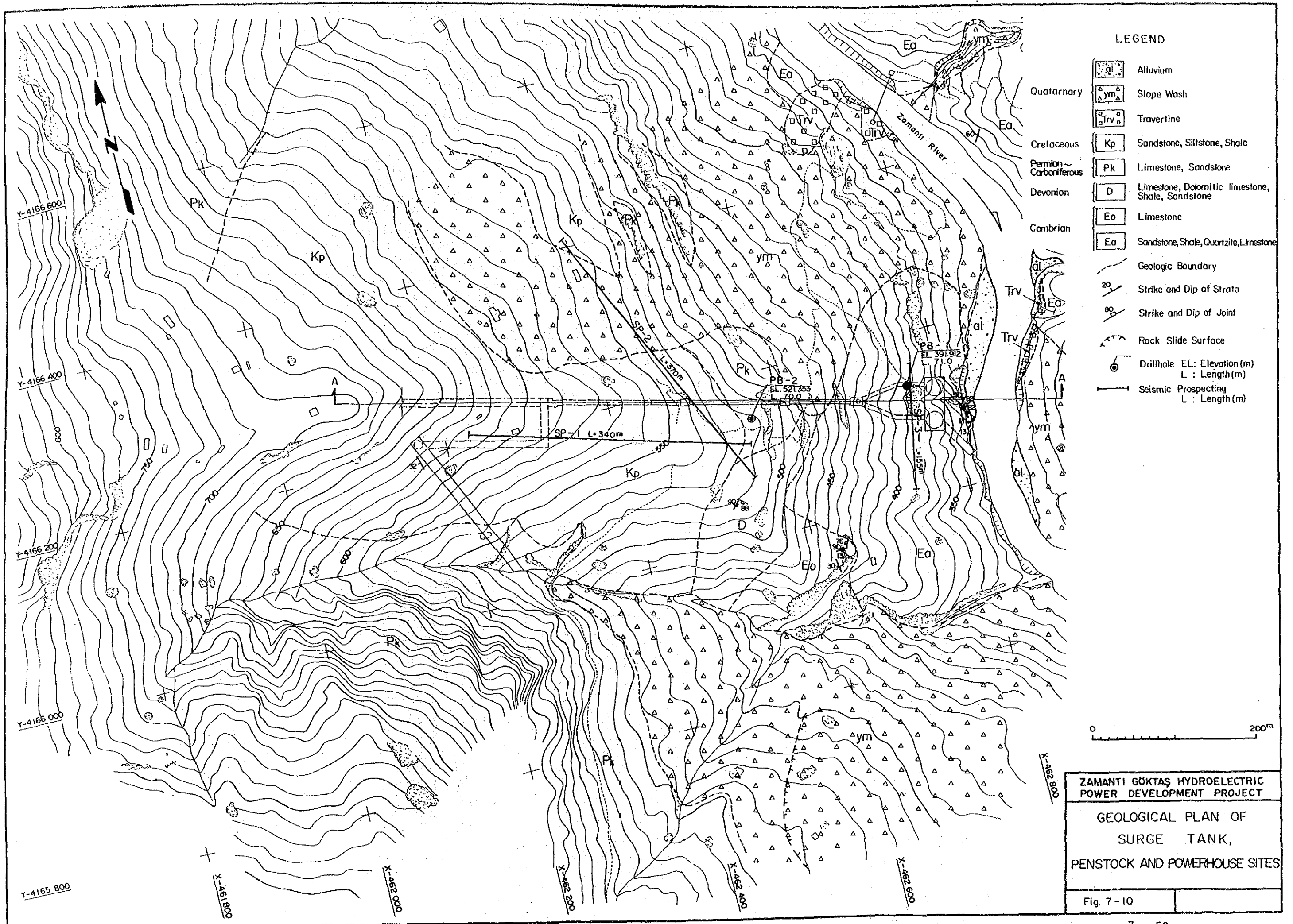
- ① Depth of Drillhole (m)
- ② Geological Log
- ③ R.Q.D.=Rock Quality Designation (%)
C.L. = Core Loss (%)
- ④ R.C. =Rock Classification
W: Weathering 1 (Very Fresh)
5 (Strongly Weathered)
H: Hardness 1 (Very Hard)
5 (Soft)
- C: Interval of Cracks
1 (Over 30cm)
5 (Under 1 cm)
- ⑤ R.E. =Rock Evaluation
⑥ Very Good
⑦ Very Bad
- ⑧ q_u = Unconfined Compression Strength of Core (kgf/cm²)
() : Converted Lugeon Value
- ⑨ Lu = Lugeon Value (l/m/min/10kgf/cm²)
() : Converted Lugeon Value
- ⑩ W.T.(D) = Water Table in Drillhole during Drilling
- ⑪ W.T.(F) = Final Water Table (m)

Note: This map is compiled on the basis of data as follows:
1. Geological Map of Dam, Tunnel Route and Powerplant sites (Scale: 1/25,000) DSI, 1988
2. Results of aerialphoto interpretation (1988) and geological mapping (1987, 1988) by JICA



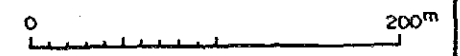
ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT
GEOLOGICAL PLAN AND PROFILE OF HEADRACE TUNNEL ROUTE

Fig. 7-9



LEGEND

- al Alluvium
- Quaternary ym Slope Wash
- Trv Travertine
- Cretaceous Kp Sandstone, Siltstone, Shale
- Permian-Carboniferous Pk Limestone, Sandstone
- Devonian D Limestone, Dolomitic limestone, Shale, Sandstone
- Cambrian Eo Limestone
- Ea Sandstone, Shale, Quartzite, Limestone
- Geologic Boundary
- $\frac{20}{\text{---}}$ Strike and Dip of Strata
- $\frac{80}{\text{---}}$ Strike and Dip of Joint
- $\frac{1}{\text{---}}$ Rock Slide Surface
- \odot Drillhole EL: Elevation (m)
L: Length (m)
- --- Seismic Prospecting
L: Length (m)

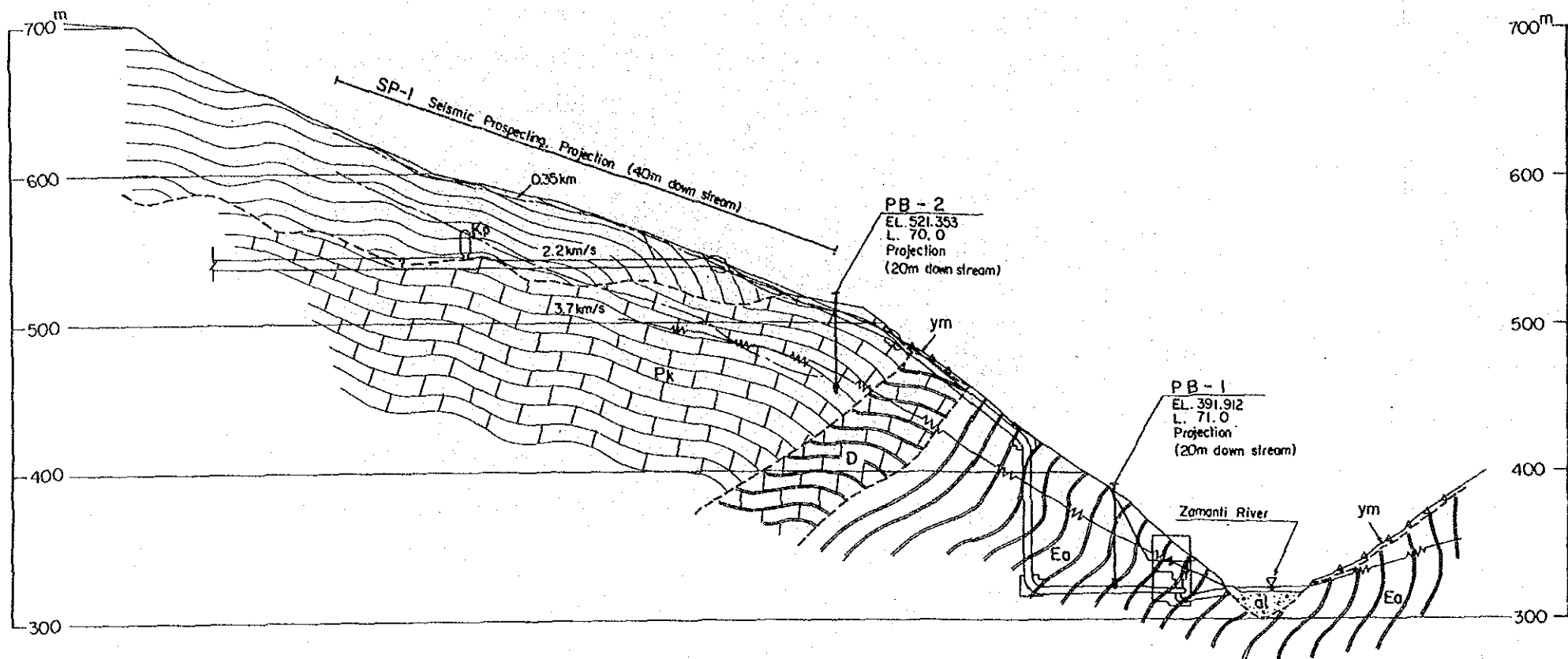


ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL PLAN OF
SURGE TANK,
PENSTOCK AND POWERHOUSE SITES

Fig. 7-10

A - A



LEGEND

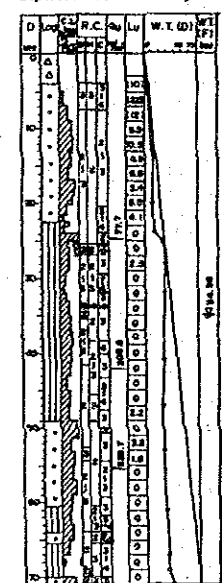
- Quaternary
 - al Alluvium
 - ym Slope Wash
- Cretaceous
 - Kp Sandstone, Siltstone, Shale
- Permian-Carboniferous
 - Pk Limestone, Sandstone
- Devonian
 - D Limestone, Dolomitic limestone, Shale, Sandstone
- Carboniferous
 - Ea Sandstone, Shale, Quartzite, Limestone
- Geologic Boundary
- Ground Water Level
- Seismic Primary Wave Velocity and Its Boundary
 - 2.2km/s
 - 3.7km/s
- Drillhole

DRILLING LOGS

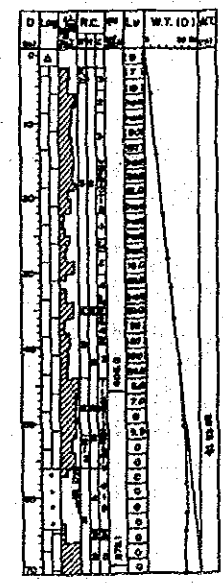
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
0								
10								
20								
30								
40								
50								
60								
70								
80								
90								
100								

- ① Depth of Drillhole (m)
- ② Geological Log
- ③ R.O.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 Cracks
 - 1 (Over 30cm)
 - 5 (Under 1cm)
- ⑤ R.E. = Rock Evaluation
 - ⊕ Very Good
 - ⊖ Very Bad
- ⑥ Qu = Unconfined Compression Strength of Core (kgf/cm²)
- ⑦ Lu = Lugeon Value (#/m/min/10kgf/cm²)
(): Converted Lugeon Value
- ⑧ W.T.(D) = Water Table in Drillhole during Drilling
- ⑨ W.T.(F) = Final Water Table (m)

Hole No. PB-1
Elevation : 391.912m
Depth of Hole : 71.00m Angle from Horizontal : Vertical



Hole No. PB-2
Elevation : 521.353m
Depth of Hole : 70.00m Angle from Horizontal : Vertical



Legend of Geological Log

- ym Slope Wash
- al Sandstone
- Sh Shale
- Lk Limestone



ZAMANTI GÖKTAŞ HYDROELECTRIC
POWER DEVELOPMENT PROJECT

GEOLOGICAL PROFILE OF
SURGE TANK,
PENSTOCK AND POWERHOUSE SITES

Fig. 7-11

7.7 ダム地点の原位置岩盤試験

7.7.1 諸 言

原位置試験はGöktasダムサイトの試掘横坑内の岩盤を対象として実施された。試験は岩盤の変形特性、せん断抵抗(C) および内部摩擦角(せん断抵抗角： ϕ)等の諸特性を求める為に実施するものである。

試験項目は①平板載荷試験、②ブロックせん断試験およびこれに付随するコンクリート試料の室内圧縮強度試験である。

これ等の試験はDSI所有の試験機材を使用し、JICAチームが作成した技術仕様書の試験方法に基づいてDSIおよびJICAチームによって実施された。JICAチームの帰国後、試験の一部はDSIチームによって継続して実施された。またコンクリート試料の圧縮強度試験はDSIの試験所で実施した。試掘横坑内の岩盤はOphioliteであり、Rock classificationは概ね横坑深部とやや地表に近い部分とに大別され、2BⅢまたは2BⅣである。

7.7.2 平板載荷試験

(1) 試験位置の選定

平板載荷試験については試掘横坑の深部と岩盤の表層に近い部分に対して試験位置を選定した。ダム右岸横坑(DA-1)に対しては4ヶ所、左岸横坑(DA-2)に対しては3ヶ所を選定した。なお、右岸4ヶ所のうち1ヶ所は先に実施された3ヶ所と異なる地表部に近い場所を選定した。

試験の位置はTable 7-10に示す。

Table 7-10 Location of Plate Bearing Tests

Test No.	Location (m)	Rock	Rock classification	Direction of load
DA-1				
P-1	TD 20.0	Ophiolite	2BⅢ : ㊦	Vertical
P-2	TD 40.5	ditto	2BⅣ : ㊧	ditto
P-3	TD (B) 2.1	ditto	2BⅢ : ㊨	Horizontal
P-4	TD (B) 4.0	ditto	2BⅢ : ㊩	Vertical
DA-2				
P-1	TD 16.3	Ophiolite	2BⅣ : ㊪	Vertical
P-2	TD 19.0	ditto	2BⅣ : ㊫	ditto
P-3	TD (B) 5.8	ditto	2BⅣ : ㊬	ditto

なお、試験を行なった場所の地質状況と地質評価は以下の通りである。なお、各試験地点の岩盤は Ophiolite である。

- DA-1、P-1、TD 20.0m ; 岩盤は一部に方解石を斑点状に挟むが全体的には極濃緑青色を示す。節理は、ほぼダム上下流方向に、90°前後の傾斜で30~40cm間隔のものが卓越するが、岩盤全体としては堅硬である。岩盤の総合評価は⑥にランクされる。
- DA-1、P-2、TD 40.5m ; 節理の一部は淡茶色を示すが、岩盤は全体的に濃緑青色を呈し、堅硬である。節理は10~15cmであるが緻密である。総合岩盤評価は⑥にランクされる。
- DA-1、P-3、TD(B) 2.1m ; 岩盤は極濃緑青色を示すが、一部に方解石を斑点状に挟む。30cm間隔の節理が発達するが、緻密で堅硬である。岩盤の総合評価は⑥にランクされる。
- DA-1、P-4、TD(B) 4.0m ; 岩盤は極濃緑青色を呈し、新鮮堅硬である。節理はダム軸方向に90°傾斜で25~30cm間隔のものが卓越するが岩盤全体としては堅硬である。岩盤の総合評価は⑥にランクされる。
- DA-2、P-1、TD 16.3m ; 湿潤状態では岩盤は極濃青緑色を呈し、新鮮で堅硬である。3~15cm間隔の密着した節理が分布し、岩盤の総合評価は⑥にランクされる。
およびP-2、TD19.0m
- DA-2、P-3、TD(B) 5.8m ; 岩盤全体に、極濃青緑色を呈しているが一部方解石を斑点状に挟む。20cm前後の間隔の節理が分布するが、全体的には新鮮堅硬である。岩盤の総合評価は⑥にランクされる。

(2) 試験方法

平板載荷試験は岩盤のもつ変形特性を判定する為に行なうものである。これによって岩盤の変形係数 (D)、割線弾性係数 (Es)、接線弾性係数 (Et) およびクリープ特性 (Cf) を求めた。試験は技術仕様書に規定された Loading Diagram に基き、最大荷重65kg/cm²までの試験を剛性の十分な直径30cmの載荷板と容量 200t の油圧ジャッキに依って行なわれた。なおクリープ時間は60kg/cm²の垂直荷重時に対し6時間とした。試験に使用された主な Equipment と Device は Table 7-11 に示すとおりである。

Table 7-11 Equipment and Devices for Plate Bearing Test

Equipment and Device	Description
Oil Jack	Capacity 200t× 1 unit (Ram diameter 15.24cm, stroke 15 cm)
Pump	Hand control type, Max. oil pressure : 1,095 kg/cm ²
Dial Gauge	6 sets (For loading side and reaction side) Min. gauge : 1×10^{-3} mm, stroke 13mm
Loading Plate	Diameter 30cm× 2 set (For loading side and reaction side)
Supporting Post	1 set (Steel box type with regulator)

(B) : Branch of adit.

Locations of the center line on DA-1 and DA-2 branches are TD29.0m and TD36.0m from the entrances.

7.7.3 ブロックせん断試験

(1) 試験位置の選定

ブロックせん断試験を実施する位置についてはダムの基礎として適当と考えられる岩盤状態の場所で且つ左右岸の地質状態を代表する場所にそれぞれ1セット4ブロックの試験位置を選定した。

右岸横坑の DA-1 については TD 13~20m の範囲に、左岸横坑の DA-2 では TD 10~20m の範囲に試験位置を選定した。詳細な試験位置は Table 7-12 に示すとおりである。

Table 7.12 Location of Block Shear Tests

Test No	Location (m)	Rock	Rock classification	Direction of Horizontal load
DA - 1				
BS - 1	TD. 15.4	Ophiolite	2 B III : ㊦	} upstream to downstream
BS - 2	TD. 17.4	ditto	ditto	
BS - 3	TD. 18.6	ditto	ditto	
BS - 4	TD. 19.9	ditto	ditto	
DA - 2				
BS - 1	TD 10.8	Ophiolite	2 B IV : ㊧	} upstream to downstream
BS - 2	TD 12.0	ditto	ditto	
BS - 3	TD 13.5	ditto	ditto	
BS - 4	TD 15.7	ditto	ditto	

(2) 試験方法

ブロックせん断試験は岩盤のせん断強度 (τ) を求める為に行うものであり、これによって岩盤のせん断抵抗 (C) および内部摩擦角 (ϕ) を求めた。

試験は技術仕様書に規定された loading Diagram に基き1セット4ブロックのそれぞれのコンクリートブロック (60cm×60cm) に $N = 2 \text{ kg/cm}^2$ 、 $N = 4 \text{ kg/cm}^2$ 、 $N = 6 \text{ kg/cm}^2$ 、 $N = 8 \text{ kg/cm}^2$ のそれぞれの鉛直荷重を荷重板を通じてジャッキ圧力により載荷する。更に鉛直変位が $D < 0.01 \text{ mm/30min}$ に収まった状態から $0.5 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$ のせん断力を水平に対し 16.7° の下向の角度を以ってコンクリートブロック下面の中心に向かって加える。この手順によって水平面 $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ ($A = 3,600 \text{ cm}^2$) の岩盤とコンクリートに対してせん断を行う。試験に使用された主な Equipment および Device は Table 7-13 に示す。なお、テストブロックのコンクリート強度を求めるためにコンクリートの円筒形供試体を作成しておき、現地養生後、原位置での試験時期にあわせて、その圧縮試験を行う。

Table 7-13 Equipment and Devices for Block Shear Test

Equipment and Device	Description
Oil jack for vertical load	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity 200t × 1 unit • Ram diameter 25.35cm (A=504.7cm²) • Jack stroke 18cm
Pump of oil jack for vertical load	<ul style="list-style-type: none"> • Hand control type • Max. oil pressure : 396 kg/cm²
Oil jack for diagonal load	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity 200t × 2 units • Ram diameter ; 19.05cm (A=285.0 cm²) • Jack stroke 11cm
Pump of Oil jack for diagonal load	<ul style="list-style-type: none"> • Hand control type • Max. oil pressure : 702kg/cm²
Dial gauges for measuring vertical and horizontal deformation	<ul style="list-style-type: none"> • 8 set (for vertical deformation ; 4 sets for horizontal deformation 4sets) • Min. gauge : 1×10^{-3}mm
Reaction plate for vertical load	<ul style="list-style-type: none"> • Dimension ; 30×25cm (reclangular steel plate)
Coverplate and roller for vertical load	<ul style="list-style-type: none"> • Dimension ; 70cm×70cm
Supporting post for vertical load	<ul style="list-style-type: none"> • 1 set (Steel box type with regulator)

7.7.4 試験の結果と評価

ダム左右岸の横坑内で実施した平板載荷試験およびブロックせん断試験の結果と評価は以下のとおりである。

(1) 岩盤の支持力

岩盤支持力は岩盤等級①、②級ともに65 kgf/cm²以上の支持力が十分にあることが平板載荷試験の荷重と変形量図から確認できた。荷重と変形量の関係はほぼ直線であり、降状を示すような性状はほとんど見られず、ダム左右岸横坑内の岩盤は堅硬な岩盤であることを示している。

(2) 平板載荷試験

岩盤の変形特性を示す平板載荷試験の結果をTable 7-14に示す。岩盤の変形係数(D)は増加荷重15、30、45、60 kgf/cm²の区間で求め、割線弾性係数(Es)および接線弾性係数(Et)は最大荷重レベルの20~65 kgf/cm²の区間で求めた。

なお、試験の計算値が現地踏査した岩盤の状況と照合して異常に高い場合や、荷重と変形および塑性変形量と弾性変形量の関係に異常が示されたケースについては試験値を排除した。

試験結果の岩盤特性値についてみると弾性変形量と塑性変形量との割合は岩盤等級①の場合で32%~67%、②の場合で30%~95%を示している。このことはクラックの影響をほとんど受けない堅硬な岩盤であることを示している。

変形係数は①級で107,700~132,100kgf/cm²、②級では19,200 kgf/cm²とやや低い値を示す場所もあるが、概ね39,900~103,100kgf/cm²で変形性の少ない岩盤であることを示す。

接線弾性係数は①級で189,200~239,600kgf/cm²、②級では57,500~167,700kgf/cm²であり、非常に大きい値の弾性係数を示し、堅硬で良好な岩盤特性を持っている。

クリープ特性としては、クリープ量が①級岩盤で0.010~0.015 mm、②級で0.006~0.071 mmと非常に小さいのでクリープ係数(Cf)は8~42%とかなり広い範囲を示している。

クリープ曲線の収束は②級の一部に6時間の間に連続してクリープ量が漸増する試験結果もみられるが、他は概ね6時間以内に収束している。

(3) ブロックせん断試験

ブロックせん断試験の結果をTable 7-15に示す。

右岸横坑 (DA-1) で行ったそれぞれの4ブロックの試験せん断応力 (τ_r) は $\tau_r = 35.3 \sim 52.3 \text{ kgf/cm}^2$ である。一方、試験時のブロックコンクリートの圧縮強度 (σ_c) はブロックコンクリート打設時に作製したコンクリートテストピースによる圧縮試験結果から推定すると $\sigma_c = 230 \sim 260 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

この σ_c からコンクリートのせん断強度 (τ_c) を推定する場合、一般的には $\tau_c = \sigma_c / 4 \sim \sigma_c / 7$ の範囲であるとされている。これに準じて算定したコンクリートのせん断強度とがブロックせん断試験結果のせん断応力 (τ_r) 較べてみると試験した4ブロック全てに $\sigma_c / 4 > \tau_r > \sigma_c / 7$ の関係を得た。このことはブロックせん断応力とコンクリートのせん断強度がほぼ同じであったと見做される。

左岸横坑 (DA-2) の試験の場合のブロックせん断応力 (τ_r) は $\tau_r = 16.0 \sim 25.0 \text{ kgf/cm}^2$ である。これに対応するせん断試験時のブロックコンクリートの圧縮強度はコンクリートテストピースの試験結果から $\sigma_c = 345 \text{ kgf/cm}^2 \sim 350 \text{ kgf/cm}^2$ と推定される。この σ_c からコンクリートのせん断強度 (τ_c) を右岸 DA-1 の場合と同様に推定し、ブロックせん断応力と比較すると4ブロック全てに $\tau_r < \tau_c$ の関係を得た。このことはブロックコンクリートのせん断強度 (τ_c) より低いせん断応力 (τ_r) で岩盤がせん断されたことと見做される。

一方、DA-1 および DA-2 で得た試験結果は平板載荷試験で得た岩盤の変形特性および目視観察の結果から推測して全体的に低く、岩盤せん断力 (τ) は試験値よりもっと高い値を示す岩盤であると思慮される。

上述のことから、DA-1 でのブロックせん断はせん断応力 (τ_r) とコンクリートせん断強度 (τ_c) とがほぼ同じ値であると思われることから必要強度に至っていなかったブロックコンクリートでせん断されたものと推定される。

DA-2 の場合はブロックコンクリートのせん断強度 (τ_c) に較べせん断応力 (τ_r) が大幅に低いことから岩盤に何らかの要因による逐次的緩みが生じていて、岩盤はせん断荷重を受けて剝離状にせん断されたものと推定される。

このようなことからGöktasダムサイトの岩盤せん断強度は過去に実施された多くの

変形試験およびせん断試験結果を基に作成された岩盤等級と岩盤の変形特性、および岩盤等級とせん断強度特性（ C 、 ϕ ）の関係を示すFig. 7-12を用いて推定した。

すなわち、Fig. 7-12の上段には横軸に岩盤等級を示し、縦軸に弾性係数（ E_t ）および変形係数（ D ）の関係を示す。これ等の図に今回の平板載荷試験で得た⑩級および⑪級岩盤のそれぞれの接線弾性係数および変形係数の平均値をプロットすると、⑩級の岩盤等級位置はBに、また⑪級の場合は C_H とBの中間点の位置を得た。

これ等の位置をFig. 7-12の下段の岩盤等級位置にそれぞれプロットして、せん断強度 $\tau = C + \sigma \tan \phi$ の C 値および ϕ 値を縦軸より求めた。

この結果、岩盤等級⑩の場合は $\tau = 50 + \sigma \tan 60^\circ$ を、⑪級は $\tau = 40 + \sigma \tan 55^\circ$ の値をFig. 7-13のように得た。これ等の値は現場で目視調査した岩盤相応のもと判断される。

なお、今回の試験結果にはいろいろ問題点も残るが、Göktasダムサイトの総合的岩盤の評価を行うには多くの基礎的資料が得られた。

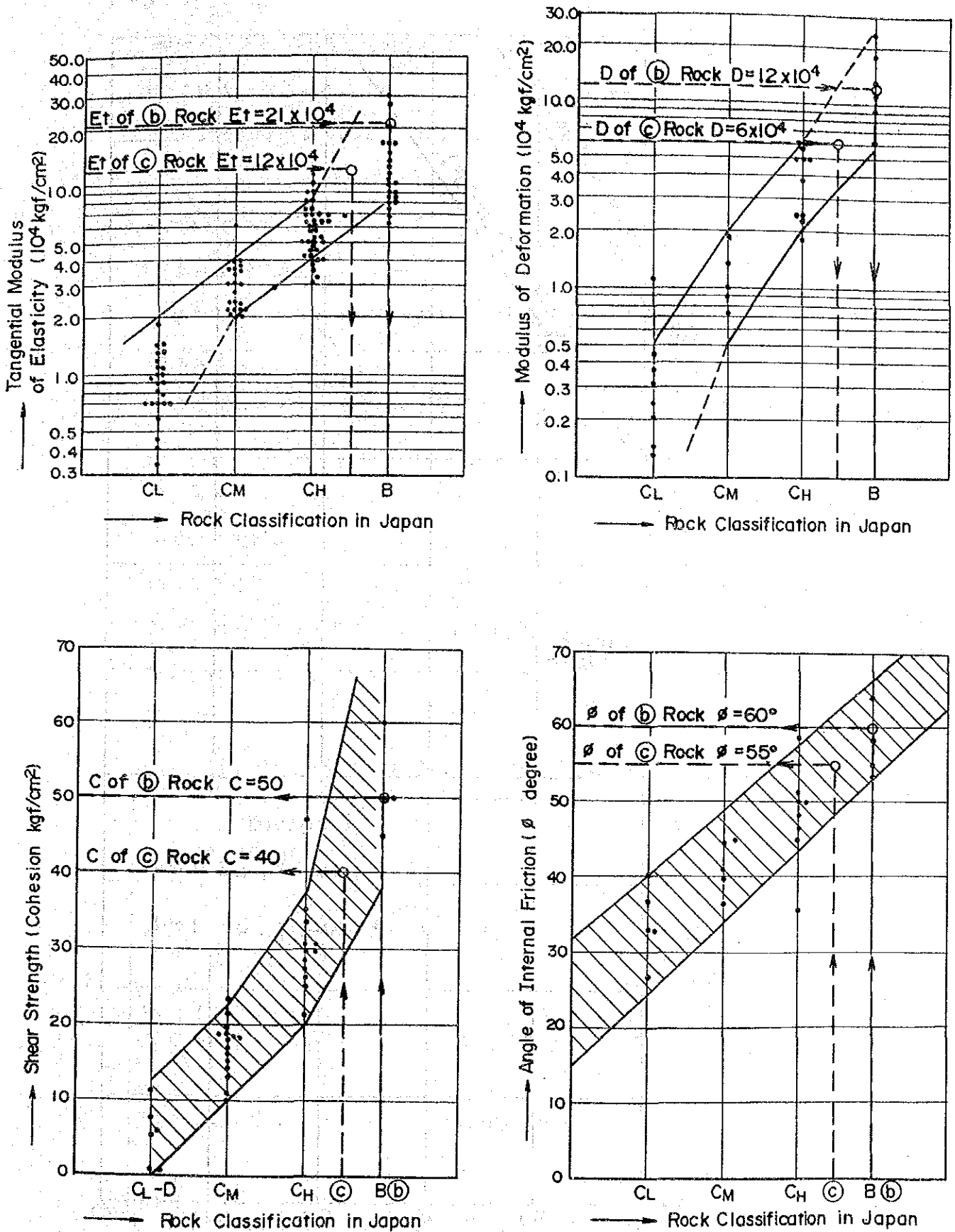
Table 7-14 Results of Plate Bearing Test

Adit	Test NO.	Location (m)	Rock Classification	Maximum Deformation ; $\Sigma \delta$ (mm)	Final Deformation ; $\Sigma \delta p$ (mm)	Modulus of Deformation ; D (kgf/cm ²)	Secant Modulus of Elasticity ; Es (kgf/cm ²)	Tangential Modulus of Elasticity ; Et (kgf/cm ²)	Creep Deformation ; δc (mm)	Creep Factor ; Cf (%)
DA-1	P-1	TD. 20.0	Invert	0.064	0.021	-	-	-	-	-
			Crown	0.151	0.094	107.700	239.500	189.200	0.010	19
	P-2	TD. 40.5	Invert	0.199	0.120	81.200	163.500	137.400	0.006	8
			Crown	0.052	0.036	-	-	-	-	-
DA-2	P-3	TD(B)2.1	Left wall	0.222	0.164	123.300	207.500	192.000	0.011	18
			Right wall	0.162	0.094	131.000	216.400	220.600	0.015	26
	P-4	TD(B)4.0	Invert	0.136	0.094	132.100	306.900	239.600	0.010	25
			Crown	0.147	0.116	-	-	-	-	-
DA-2	P-1	TD. 16.3	Invert	0.482	0.383	-	-	-	-	-
			Crown	0.320	0.220	56.400	137.200	126.400	0.017	17
	P-2	TD. 19.0	Invert	0.156	0.081	103.100	189.800	167.700	0.029	41
			Crown	0.663	0.525	39.900	92.900	120.700	0.071	42
P-3	TD(B)5.8	Invert	0.883	0.593	19.200	46.400	57.500	0.027	8	
		Average Ⓒ class rock				120.000	240.000	210.000		
		Average Ⓒ class rock				60.000	130.000	120.000		

Table 7-15 Results of Block Shear Test

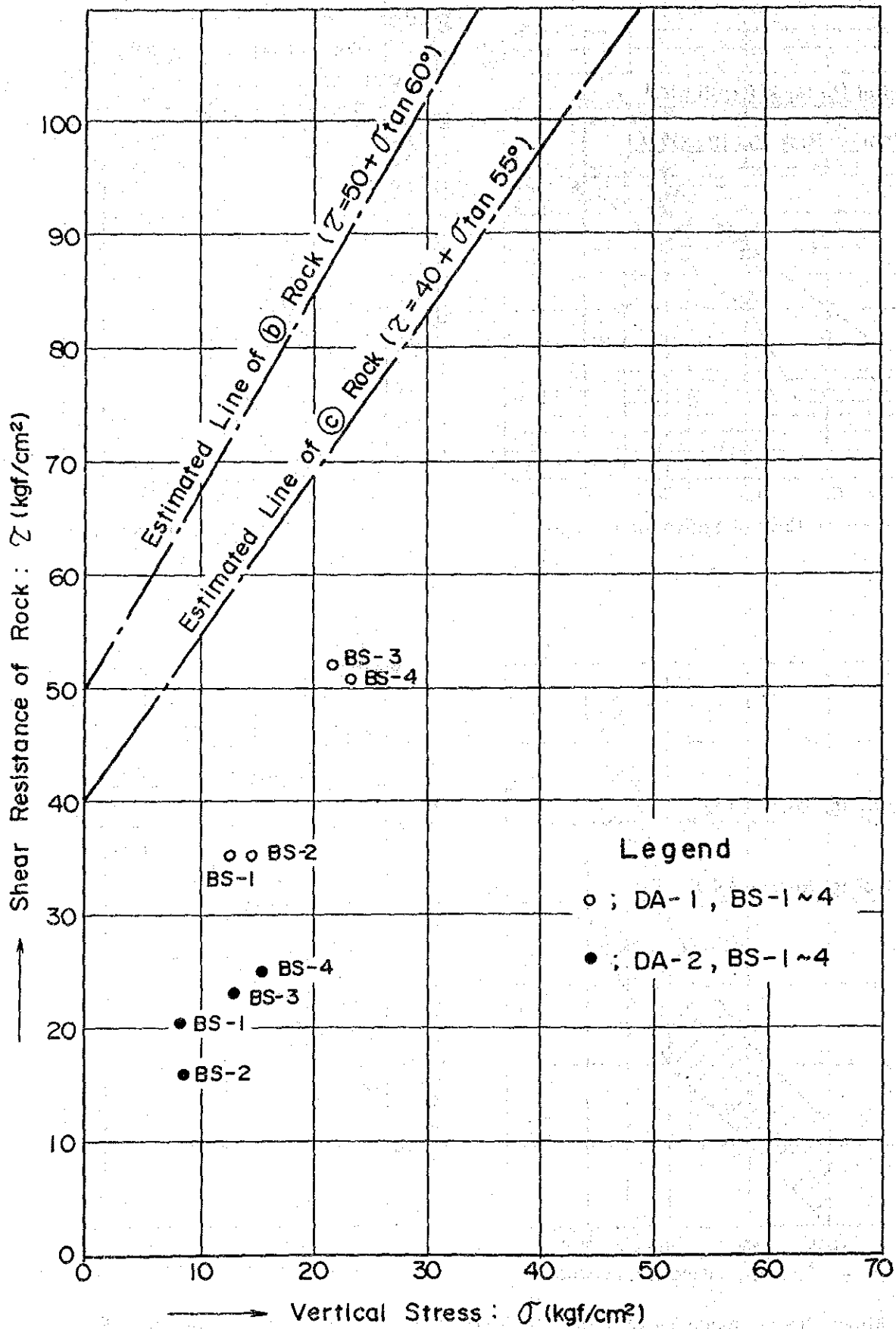
Adit	Block Number	Location (m)	Rock Classification	①		②		③		④		⑤		Remarks
				Vertical Load ; N (kgf/cm ²)	Compressive Strength of Concrete Block ; σ_c (kgf/cm ²)	Vertical Stress of Shear Plane ; σ (kgf/cm ²)	Shear Stress ; τ_r (kgf/cm ²)	Shear Stress of Concrete ; τ_c (kgf/cm ²)						
DA-1	BS-1	TD 15.4	2BIII:⊙	2	230	12.6	35.3	58 ~ 33	$\frac{\sigma_c}{4} > \tau_r > \frac{\sigma_c}{7}$					
	BS-2	TD 17.4		4	240	14.6	35.3	60 ~ 34	ditto					
	BS-3	TD 18.6		6	250	21.7	52.3	63 ~ 36	ditto					
	BS-4	TD 19.9		8	260	23.3	51.0	65 ~ 37	ditto					
DA-2	BS-1	TD 10.8	2BIV:⊙	2	345	8.2	20.7	86 ~ 49	$\tau_r < \tau_c$					
	BS-2	TD 12.0		4	350	8.8	16.0	88 ~ 50	ditto					
	BS-3	TD 13.5		6	350	12.9	23.1	88 ~ 50	ditto					
	BS-4	TD 15.7		8	350	15.5	25.0	88 ~ 50	ditto					

Fig.7-12 Relation Between Rock Classification and Deformation or Shear Strength



Note: Above figures made by CENTRAL RESEARCH INSTITUTE OF ELECTRIC POWER INDUSTRY in Japan.

Fig. 7-13 Results of Block Shear Test and Estimated Shear Strength



7.8 発電所地点の物理探査

7.8.1 諸 言

弾性波探査(屈折法)は発電所および水圧管路付近の地質状態を、地表から約50mの範囲で探査することを目的として、DSIによって実施された。

以下に調査結果を述べる。

7.8.2 調査位置の選定

(1) 調査位置の選定

調査位置は、発電所および水圧管路が計画されている傾斜30°~50°の Zamanti川右岸斜面である。

弾性波測線は合計3本で、水圧管路沿いに2測線、発電所近傍に1測線が配置された。

PS-1およびPS-2は水圧管路沿いの測線で、Zamanti川の河床より比高約200m以上に広がる比較的緩傾斜の尾根部に配置された。

PS-3は水圧管路下部および発電所近傍の急斜面に配置された。

Fig. 7-14に各測線とボーリングの配置図を、Table 7-16に測線とボーリング地点の座標と標高を示す。

Table 7-16 List of Location of Seismic Prospecting Line and Drillhole

Line No. and drillhole No.	Coordinate		Elevation (m)
	X	Y	
PS-1 (B. P. ;Beginning Point)	4,166,116.2	462,556.3	520.1
PS-1 (E. P. ;Ending Point)	4,166,211.7	462,229.0	615.5
PS-2 (B. P.)	4,166,410.5	462,395.2	555.3
PS-2 (E. P.)	4,166,075.8	462,550.1	520.0
PS-3 (B. P.)	4,166,163.6	462,767.0	391.8
PS-3 (E. P.)	4,166,012.2	462,737.5	389.5
PB-1	4,166,135.9	462,758.6	391.9
PB-2	4,166,145.9	462,565.3	521.4

Fig 7-14

Location Map of Seismic Prospecting Line

