

6.6 可能最大洪水量

(1) 可能最大降雨 (PMP)

可能最大洪水量 (PMF) は水文学的手法により、可能最大降雨量 (PMP) より算定される。すなわち、storm 期間中の降雨量及び融雪量等の洪水の基礎的要素を解析し、それらを気象水文学的見地にとって物理的上限值まで最大化することになる。

1959年から1984年までに発生した主要stormを選択し、Table6-22 に示すようにstorm 期間中の流域平均降雨量をCoruh 川本流域 (Altiparmak川を含む) とOltu-Tortum 川流域に分けて、Thiesen 法により算出した。

Coruh川流域のstorm の最大化は、storm 期間中の実降雨量にstorm 時の可降水量 (W_s) に対する最大可降水量 (W_m) の比 ($r_m = W_m/W_s$) を乗じることにより行なえる。1,000mb を底面とし、種々な高度までの可降水量は露点温度の関数として表わされている。storm の最大化に用いられる最大可降水量は一般に最大12時間持続1,000mb 露点または蒸気圧から推定される。Yusufeliダム地点の流域内外では、Bayburt、Ispir、Oltu、Tortum、Ardanuc、Erzurum 及びGumshane等の気象観測所において、蒸気圧の定時観測を7時、14時、21時で行っている。この観測記録より最大12時間持続蒸気圧値を月毎に抽出し、発生日に対応してプロットを行い、かつ50年確率値を考慮の上 Figs. 6-18 (1)~6-18(4)に示すように各観測所毎に包絡線を描いた。

storm 期間中の代表12時間持続露点温度は、上述の各観測所における12時間持続1,000 mb露点温度の平均値とした。

流域の南方に位置する山脈の平均標高2,500mをstorm 最大化の際の気柱の底面とした。またstorm 発生日の前後15日以内は季節的に同時期と見なし、最大12時間持続露点温度を選定した。

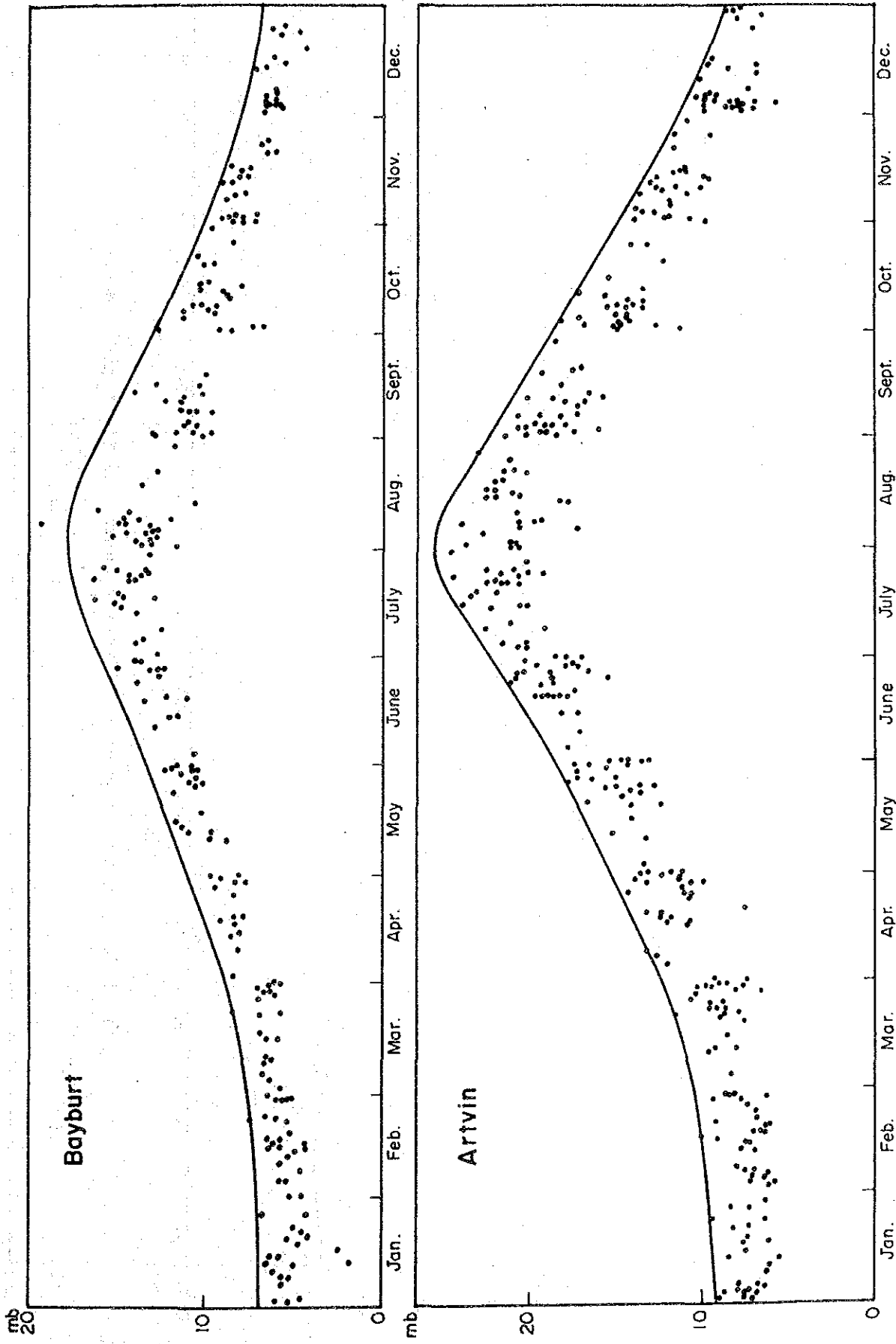


Fig. 6--18 (1) Enveloping Curves of Maximum Persisting 12 hour Vapor Pressure

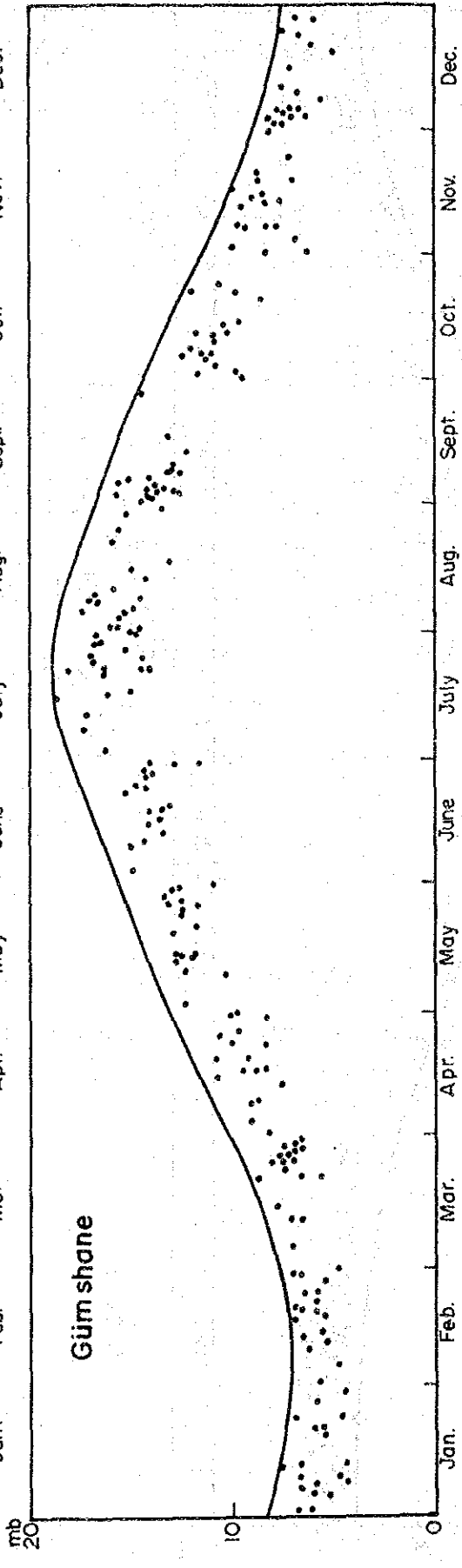
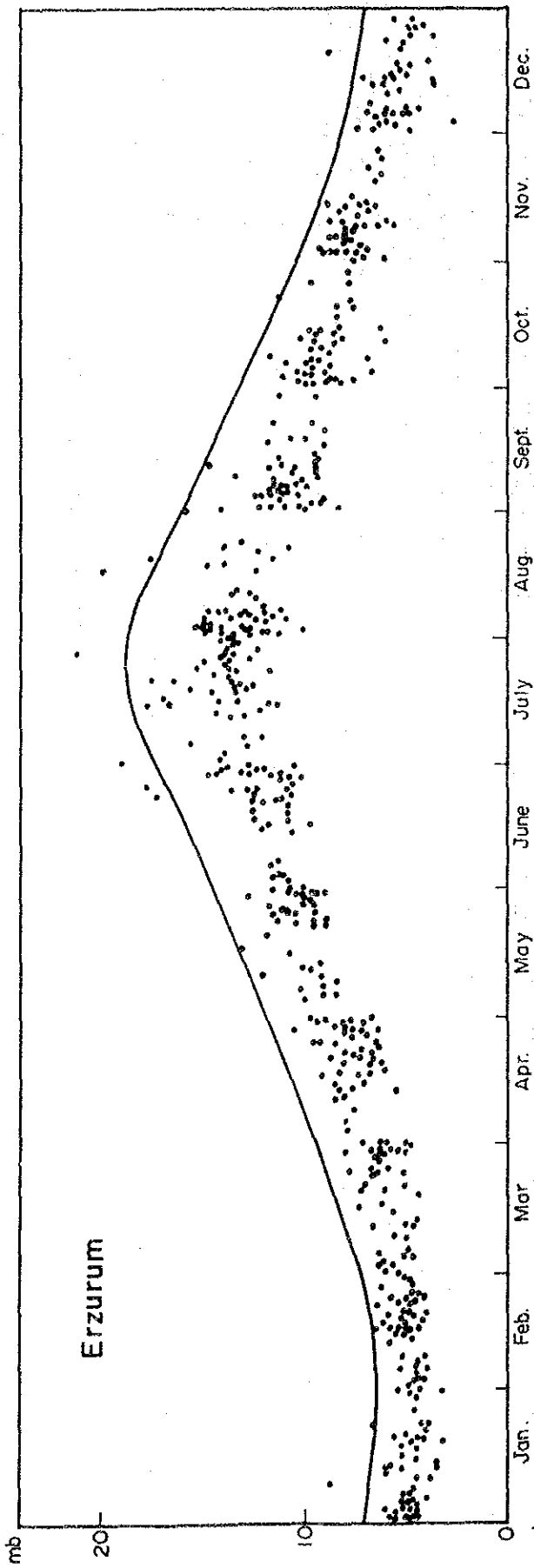


Fig. 6-18 (2) Enveloping Curves of Maximum Persisting 12 hour Vapor Pressure

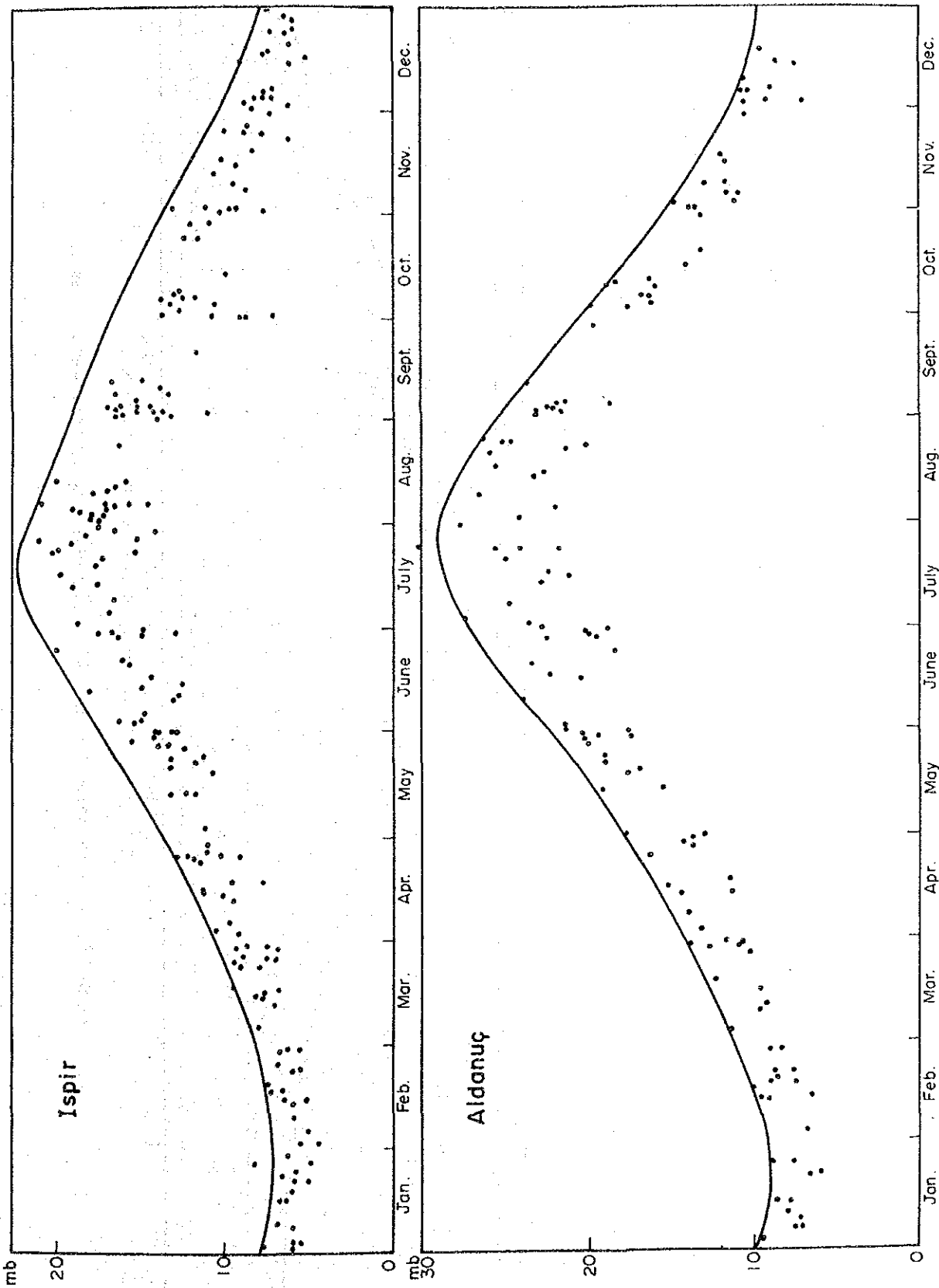


Fig. 6-18 (3) Enveloping Curves of Maximum Persisting 12 hour Vapor Pressure

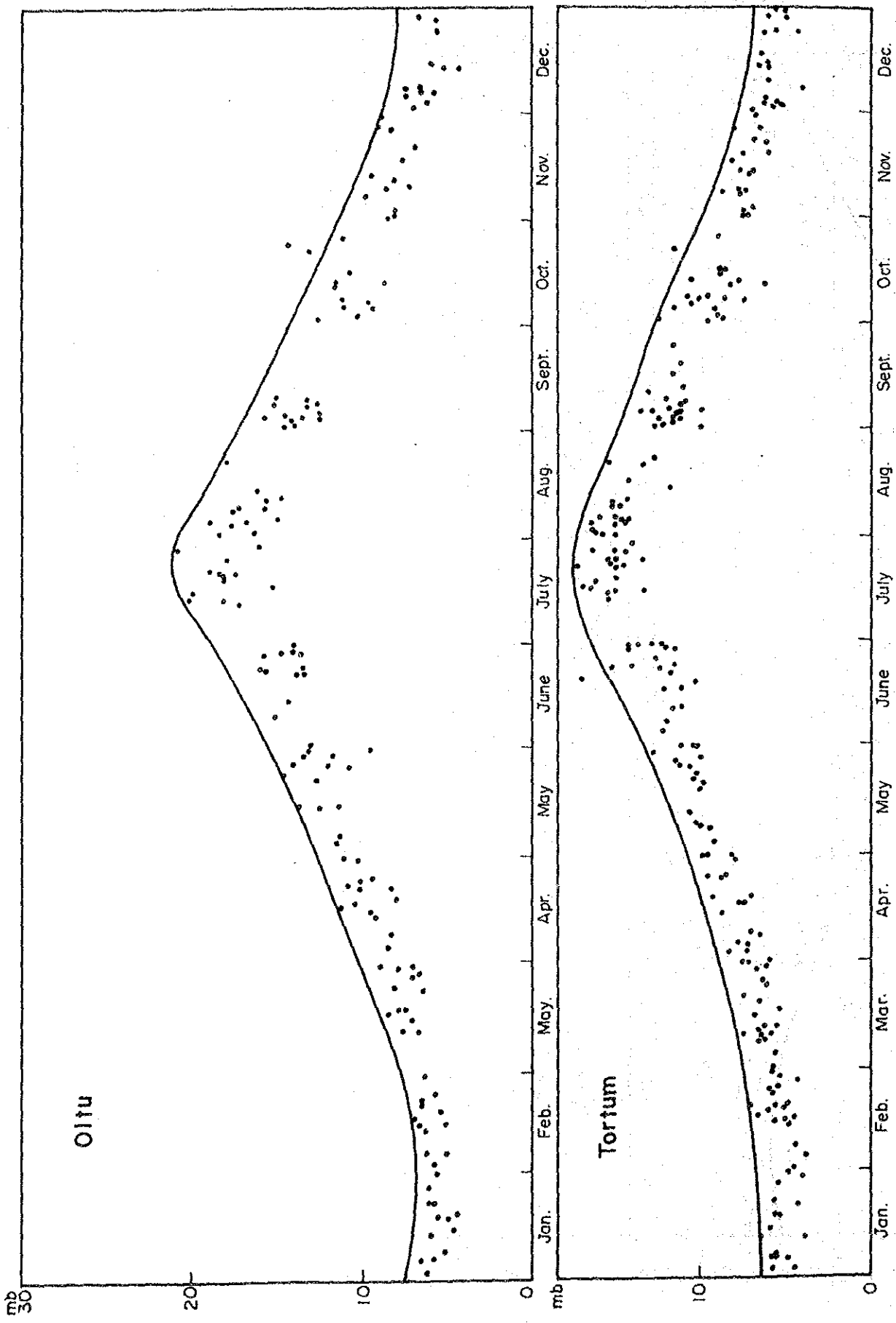


Fig. 6-18 (4) Enveloping Curves of Maximum Persisting 12 hour Vapor Pressure

Table 6-22 Storm Maximization of Historical Storms

Storm Date	Number of Stations	Storm Duration (hr.)	Average Precipitation (mm)		Wm/Ws = \bar{w}	Maximum Precipitation (mm)	
			Coruh-Altiparmak	Oltu-Tortum		Coruh-Altiparmak	Oltu-Tortum
18 - 20 May 1959	12	32	52.5	42.5	20.5/7.9 = 2.60	137.0	110.1
20 - 21 May 1964	18	12	28.7	16.4	20.1/9.7 = 2.07	59.4	33.9
17 - 18 Apr. 1965	16	12	27.1	33.3	15.5/6.9 = 2.25	61.0	74.9
15 - 16 May 1966	20	24	23.5	22.2	19.3/8.5 = 2.27	53.3	50.4
17 - 18 Apr. 1968	19	12	26.9	21.2	15.5/8.5 = 1.82	49.0	38.6
11 Sep. 1968	20	12	24.8	21.4	25.4/13.5 = 1.88	46.6	40.2
5 - 7 Oct. 1969	20	36	25.8	29.5	19.9/12.6 = 1.58	40.8	46.6
16 - 17 Oct. 1977	23	24	26.1	20.3	18.3/6.8 = 2.69	70.2	54.6
8 - 9 Apr. 1978	15	32	32.4	13.8	13.8/7.7 = 1.79	58.0	24.7
23 Apr. 1982	20	12	21.0	10.2	15.1/7.1 = 2.13	44.7	21.7
31 May-1 Jun. 1983	22	12	10.9	6.0	23/11.4 = 2.02	22.0	12.1
24 - 25 Sep. 1983	22	12	21.1	21.4	22.3/7.1 = 3.14	66.3	67.2
3 - 4 Oct. 1983	22	12	11.6	20.8	19.9/5.3 = 3.75	43.5	78.0
30 - 31 Oct. 1983	22	12	14.9	11.2	15.3/8.5 = 1.80	26.8	20.2

1959年5月のstorm時にはArtvin及びErzurumの観測所で水銀柱での蒸気圧記録がある。storm時の代表12時間持続1,000mb露点温度は以下に示す様に11.7℃と求められた。

Station	Persisting 12-h vapor pressure (mb)	Persisting 12-h dew point (°C)	Persisting 12-h 1,000mb dew point (°C)
Artvin	12.9	10.8	13.6
Erzurum	5.7	- 0.9	9.7

Average 11.7 °C

最大12時間持続1,000mb露点温度も同様に下記の観測所のデータから求められた。

Station	max-persisting 12-h vapor pressure (mb)	max-persisting 12-h dew point (°C)	max-persisting 12-h 1,000mb dew point (°C)
Artvin	20.0	17.5	20.0
Bayburt	14.1	11.6	18.8
Ispir	18.4	16.0	21.0
Oltu	16.0	13.8	19.3
Tortum	14.6	12.3	19.4
Ardanuc	23.5	20.0	22.2
Erzurum	14.5	12.2	20.5
Gumshane	15.5	13.0	18.5

Average 20°C

W_m 及び W_s を求める際に用いる可能降水量の値は、1,000mb を底面にもち、200mb を頂部とする鉛直柱から1,000mb を底面にもち標高2,500mを頂部とする鉛直柱に含まれる可能降水量を差し引いたものである。 r_m は以下の通り決定された。

$$W_m = 52.0 - 31.5 = 20.5$$

$$W_s = 25.1 - 17.2 = 7.9$$

$$r_m = W_m / W_s = 2.60$$

既往のstorm に対する最大化の結果はTable 6-22に示されている。最大流出量を生起せしめるPMPを求めるために、空間分布と時間分布について下記の4 caseの検討を行った。

Case	Regional Distribution		Time Distribution	
	①	②	①	②
A	0		0	
B	0			0
C		0	0	
D		0		0

ここで、

空間分布 ①：Yusufeliダム地点の流域面積全体にわたり1959年5月のstorm を最大化したPMPが一様に降った場合

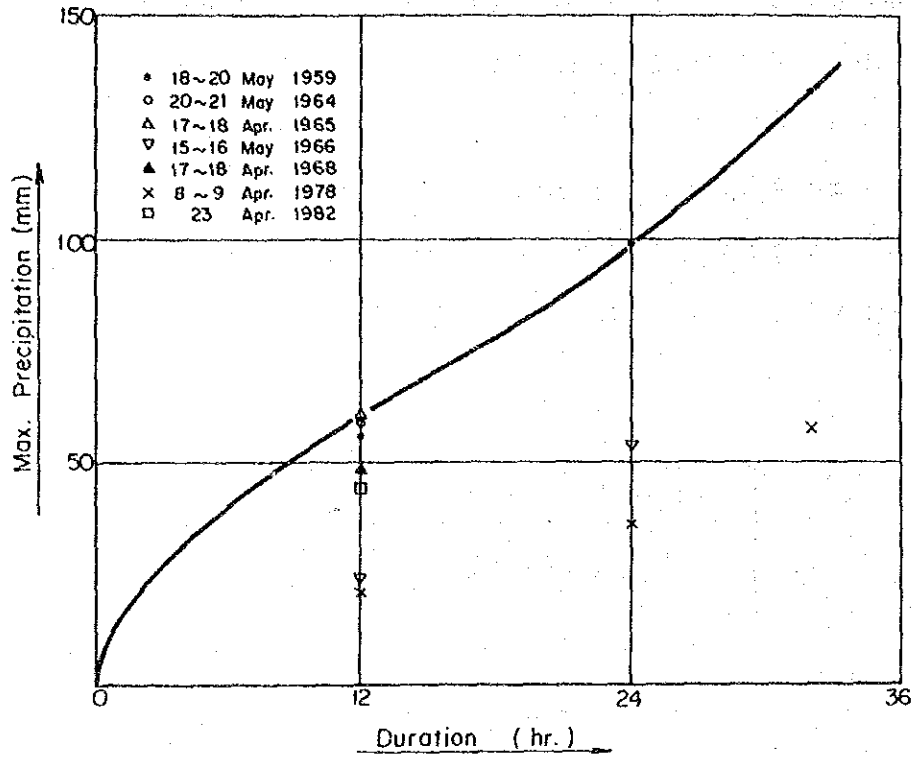
②：Yusufeliダム地点のCoruh 川本流及びOltu-Tortum 川流域面積に対しTable 6-22に示す1959年5月のPMP、即ち137.0mm と110.1mm の降雨が一様であった場合

時間分布 ①：1959年5月のPMPの実測時間分布

②：4月及び5月に起きたstorm のPMP値から作成した雨量一時間曲線 (Fig. 6-19参照) に基く時間分布

検討の結果、case Dが最大流出量を生じさせる分布であった。PMPの有効降雨の時間分布は時間損失を2mm/hrで一様と仮定し、再配列するとTable 6-23に示すようになる。

(Çoruh - Alliparmak River)



(Oltu - Tortum River)

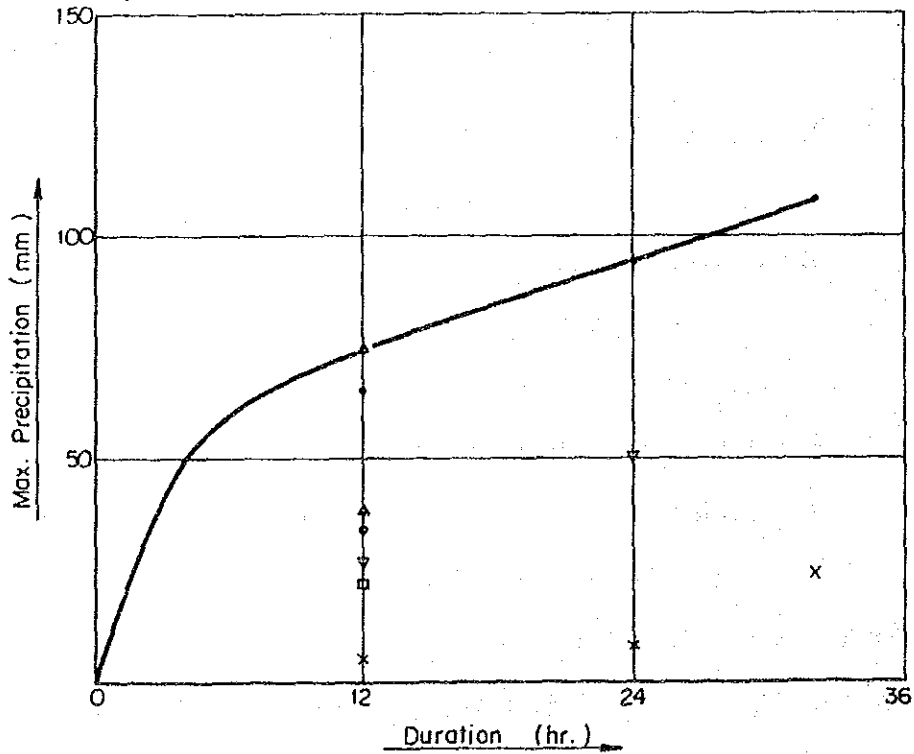


Fig. 6-19 Depth-Duration Curves of Max. Precipitation

(2) 単位図

Snyderの“Synthetic Unit Hydrograph”の概念を用いて、Coruh 川本流、Altiparmak川、Oltu川及びTortum川の単位図を以下の条件で作成した。

降雨継続時間：12時間

降雨強度：10mm

各流域の単位図はFig. 6-20～6-21に示されている。

(3) P M Pによる可能最大洪水

Table 6-23に示す時間分布のP M Pによる可能最大洪水は、Coruh- Altiparmak 川またはOltu-Tortum 川の単位図に各時間の流出量を乗じることにより、各々求められる。Yusufeliダム地点の洪水波形はFig 6-22に示すように2つの洪水波形の和として表わされる。但し、Fig 6-22に示す洪水波形は、計算ピーク値6,120. m³/sを切り上げ6,200 m³/sとして修正したものである。

(4) 融雪

Yusufeliダム地点の流域では、融雪は主要な洪水の重要な因子であり、融雪期は3月から5月である。融雪による流出量は、degree-day係数すなわち融雪(cm)のそれに相当する累積気温(degree-days)に対する比率を用いて算出された。融雪による流出量と日気温を調べた結果、最大融雪率は0.158cm/deg-dayと算定された。雪線すなわち冠雪の最低標高は1,600mとし、Bayburt 観測所における4月の最大10日気温と雪線より上方の平均標高2,150m地点に換算した。Yusufeliダム地点における、融雪による最大洪水量はTable 6-24に示されている。

(5) 可能最大洪水量

可能最大洪水波形は、基底流量を330m³/secと仮定し、P M P及び融雪による洪水波形を重ね合わせることにより求められる。その結果をFig 6-23に示す。

Table 6-25にトルコ国における計画中のダムのP M F値を示す。また、Fig. 6-24及び6-25に既設及び計画中のダムの流域面積とP M F値との関係、及びその位置図を示す。

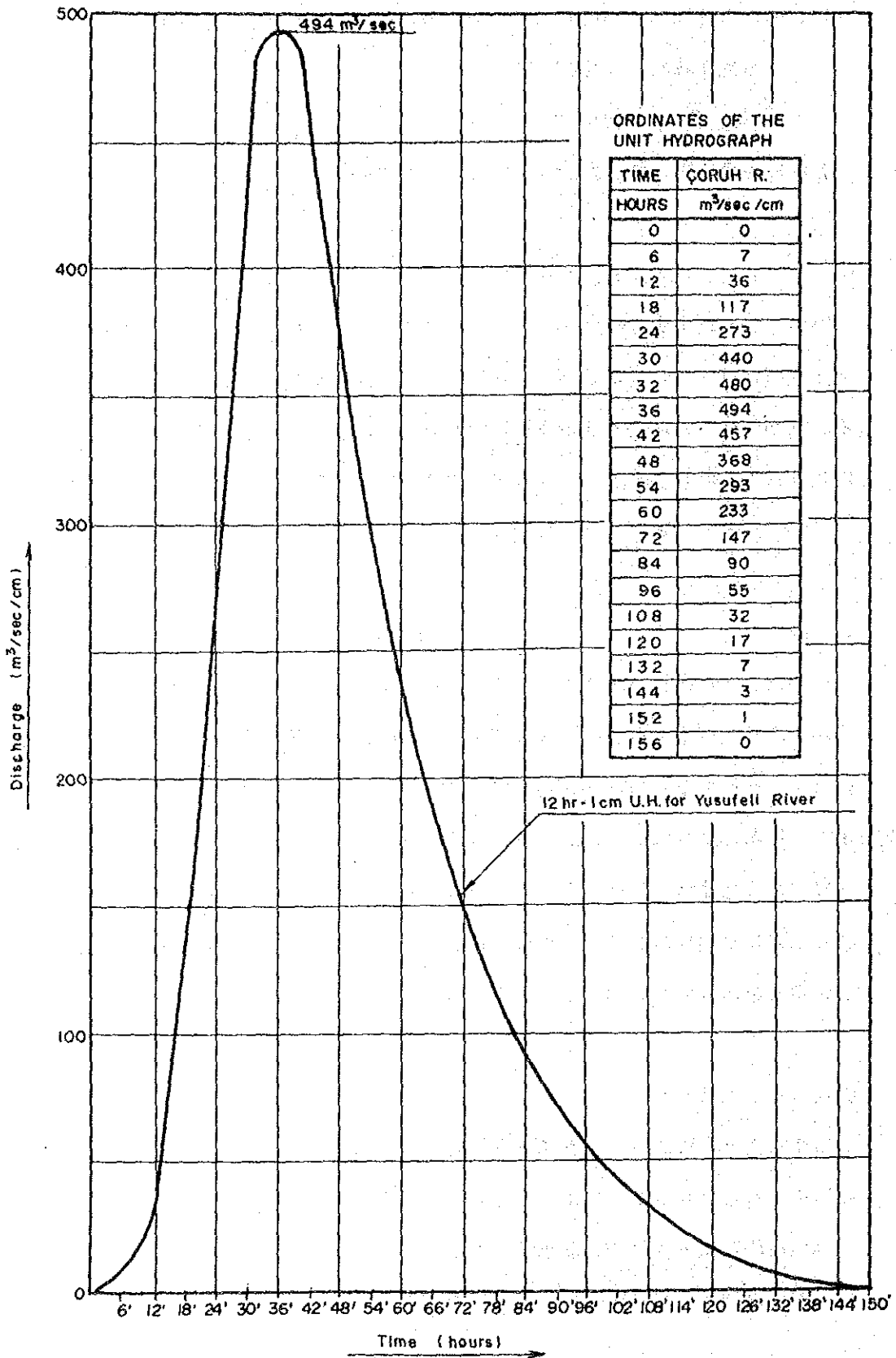


Fig. 6-20 12 hr - 1 cm Unit Hydrograph for Coruh River

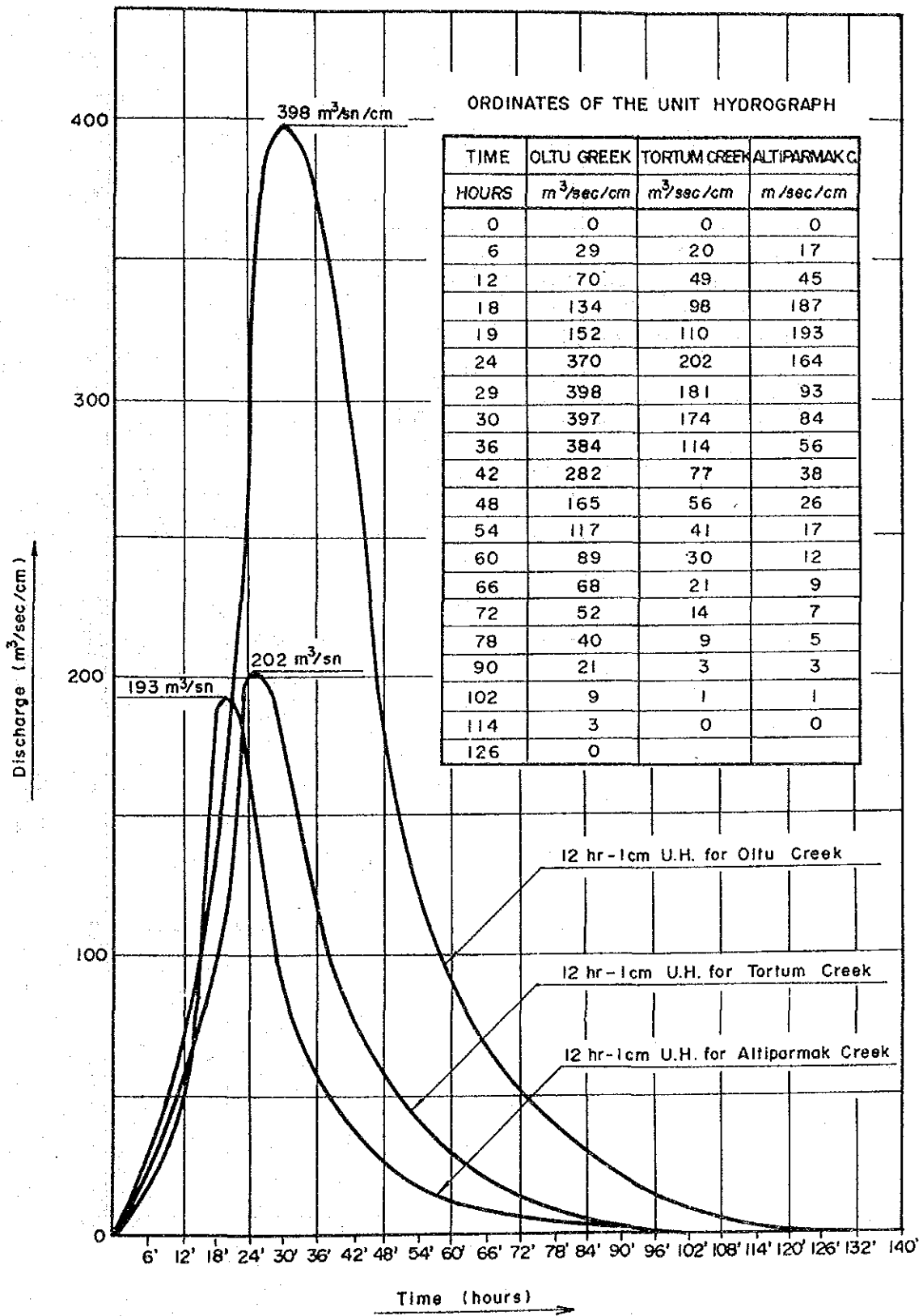


Fig. 6-21 12 hr -- 1 cm Unit Hydrograph for Oltu, Tortum and Altiparmak Creek

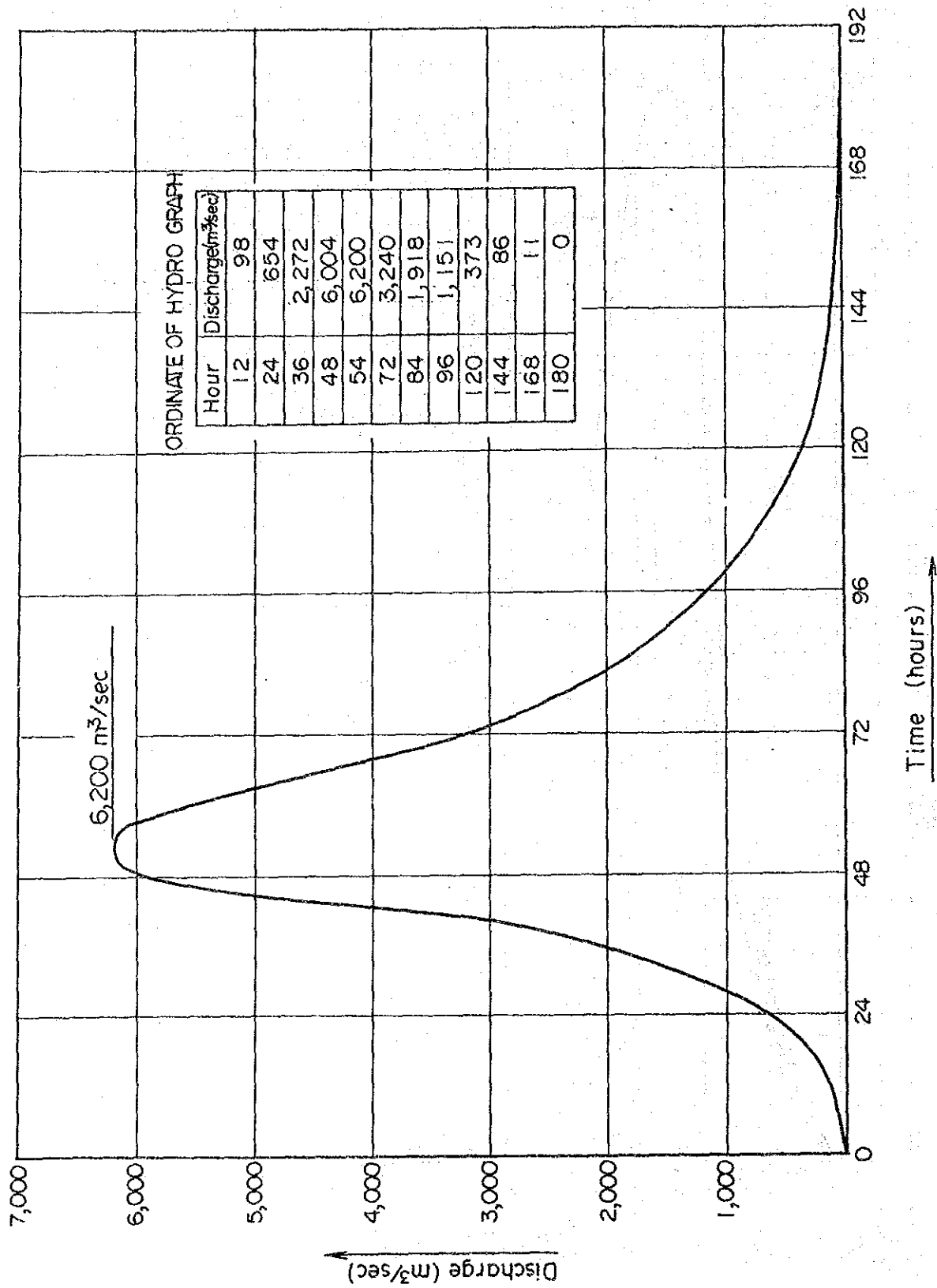


Fig. 6-22 PMP Hydrograph

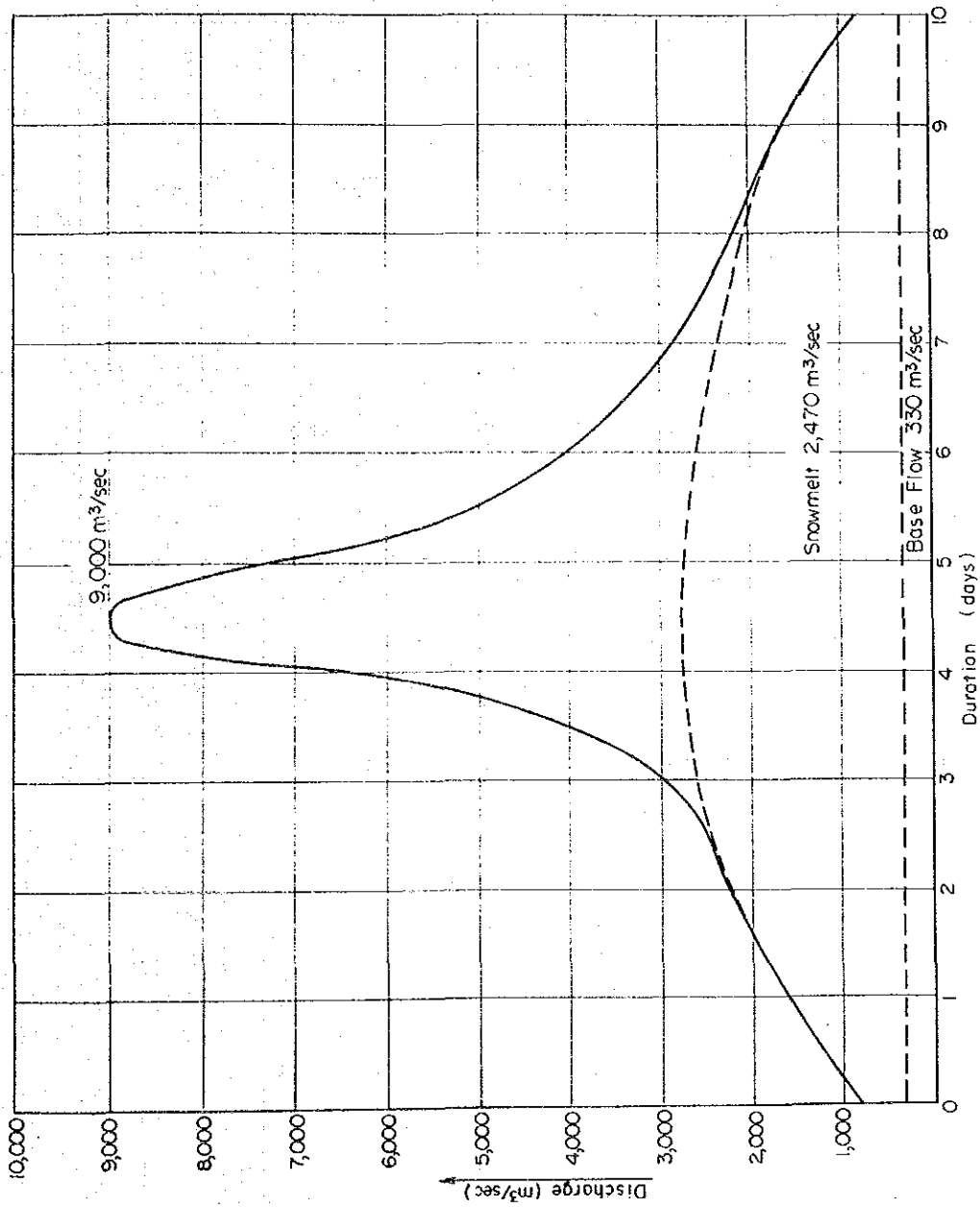


Fig. 6-23 PMP Hydrograph of Yusufeli Dam site

Table 6-23 Time Distribution of PMP

(Coruh - Altiparmak Basin) (unit: mm)

Duration	0 - 12h	12 - 24h	24 - 36h	Total
PMP	36	39	62	137
Loss	24	24	24	72
PMP(*)	12	15	38	65

(Oltu - Tortum Basin) (unit: mm)

Duration	0 - 12h	12 - 24h	24 - 36h	Total
PMP	13	21	76	110
Loss	24	24	24	72
PMP(*)	0	0	52	52

PMP(*): Effective rainfall amounts of PMP

Table 6-24 Maximum Snowmelt Runoff at Yusufeli Damsite

Days	Max. Daily Temperature Duration (°C)	Temperature at Mean Elevation of Snow Cover (°C)	Temperature Arranged in Design Pattern (°C)	Product of Temp. with Max. Snowmelt Ratio (cm)	Daily Snowmelt (10 ⁶ m ³)	Daily Snowmelt Discharge (m ³ /sec)
1	15.4	11.2	4.0	0.632	76.1	881
2	14.2	10.0	7.3	1.153	139.0	1,609
3	14.2	10.0	9.7	1.533	184.6	2,137
4	13.9	9.7	10.0	1.580	190.4	2,204
5	12.7	8.5	11.2	1.770	213.2	2,470
6	14.0	9.8	10.0	1.580	190.4	2,204
7	11.2	7.0	9.8	1.548	186.6	2,160
8	11.5	7.3	8.5	1.343	161.8	1,873
9	8.2	4.0	7.0	1.106	133.3	1,543
10	8.2	4.0	4.0	0.632	76.1	881

$$q = CA (A^{-0.05} - 1)$$

where

q : Probable maximum flood (m³/sec·km²)

A : Catchment area (km²)

C : Coefficient

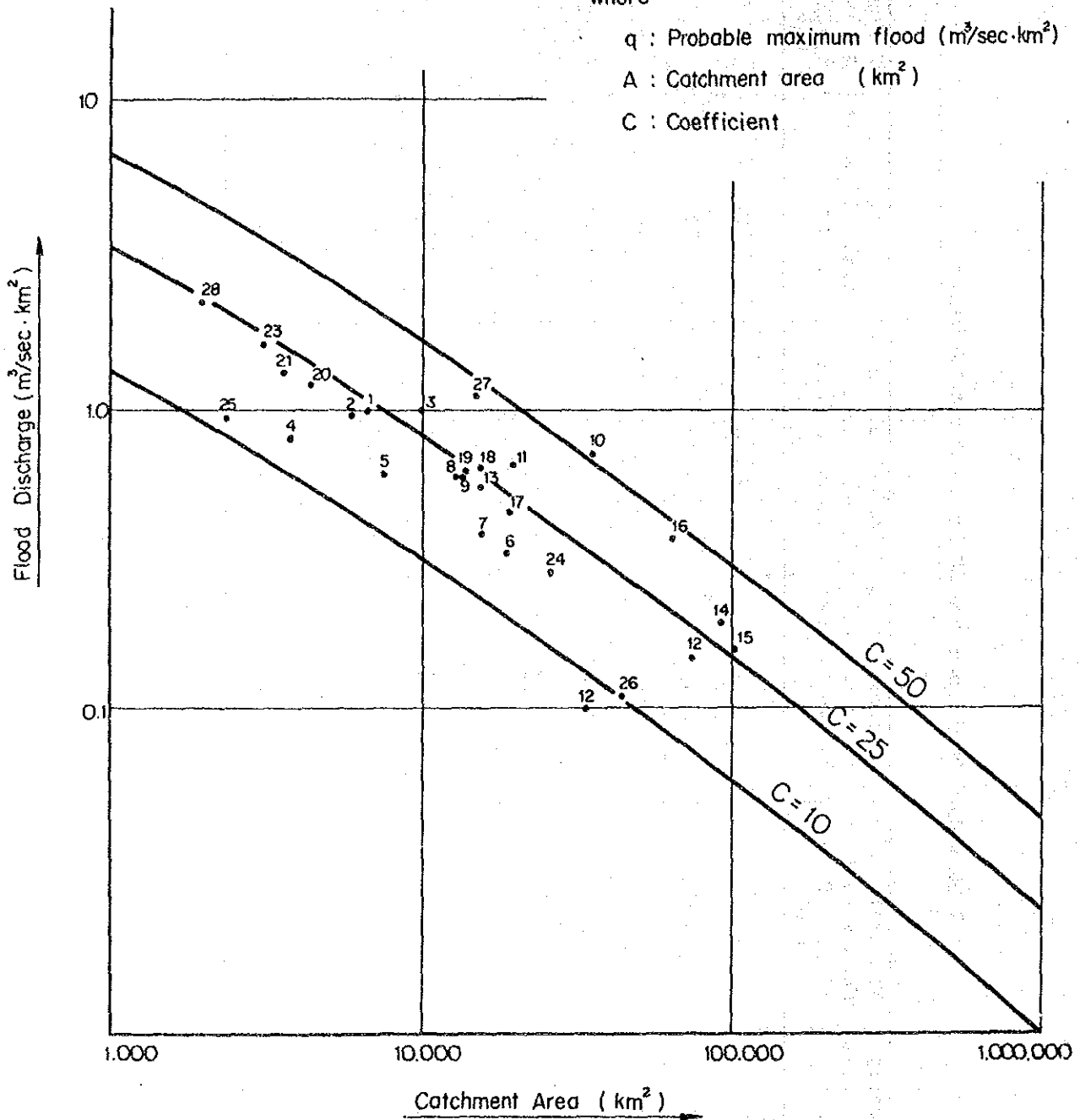
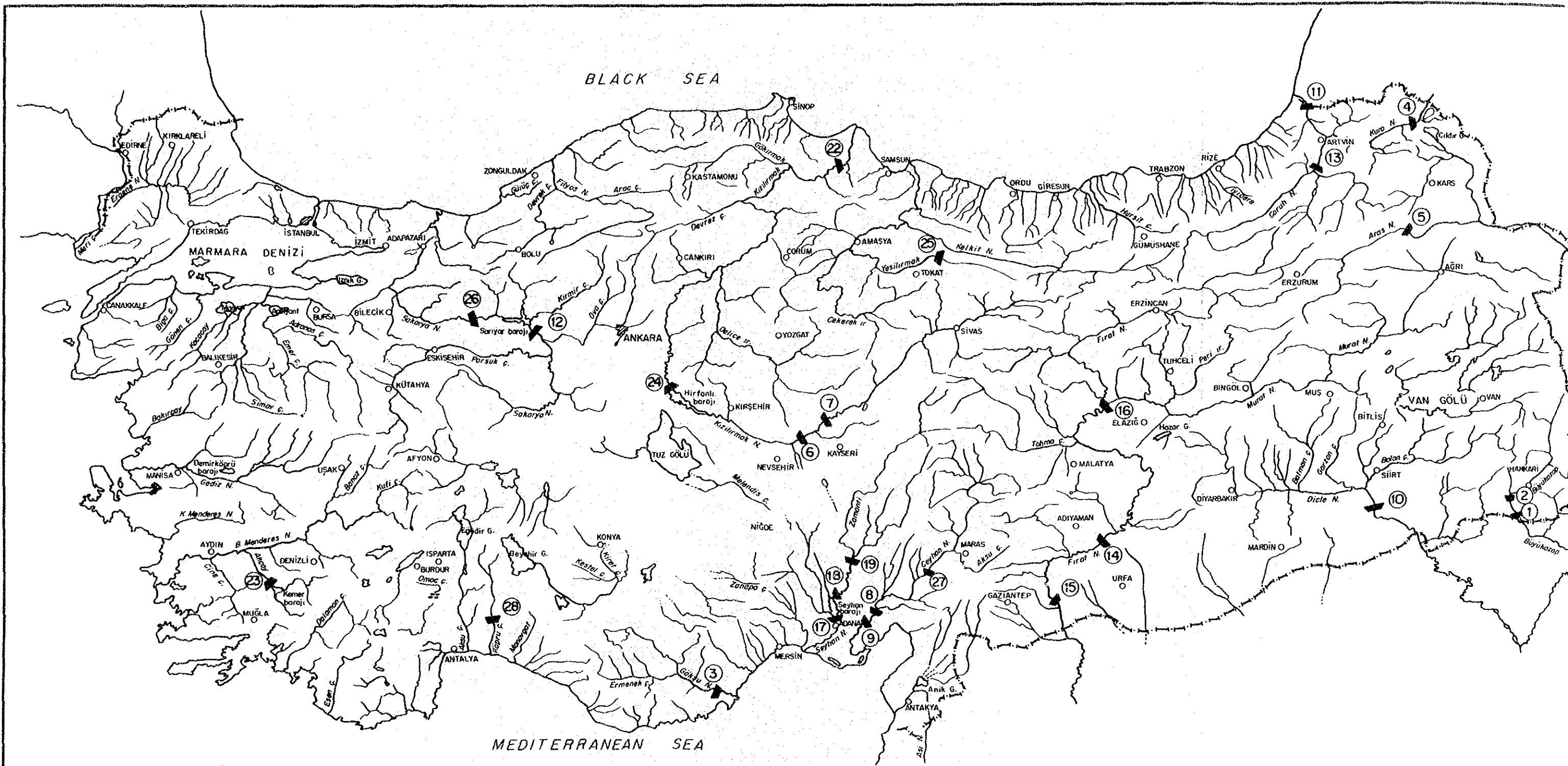


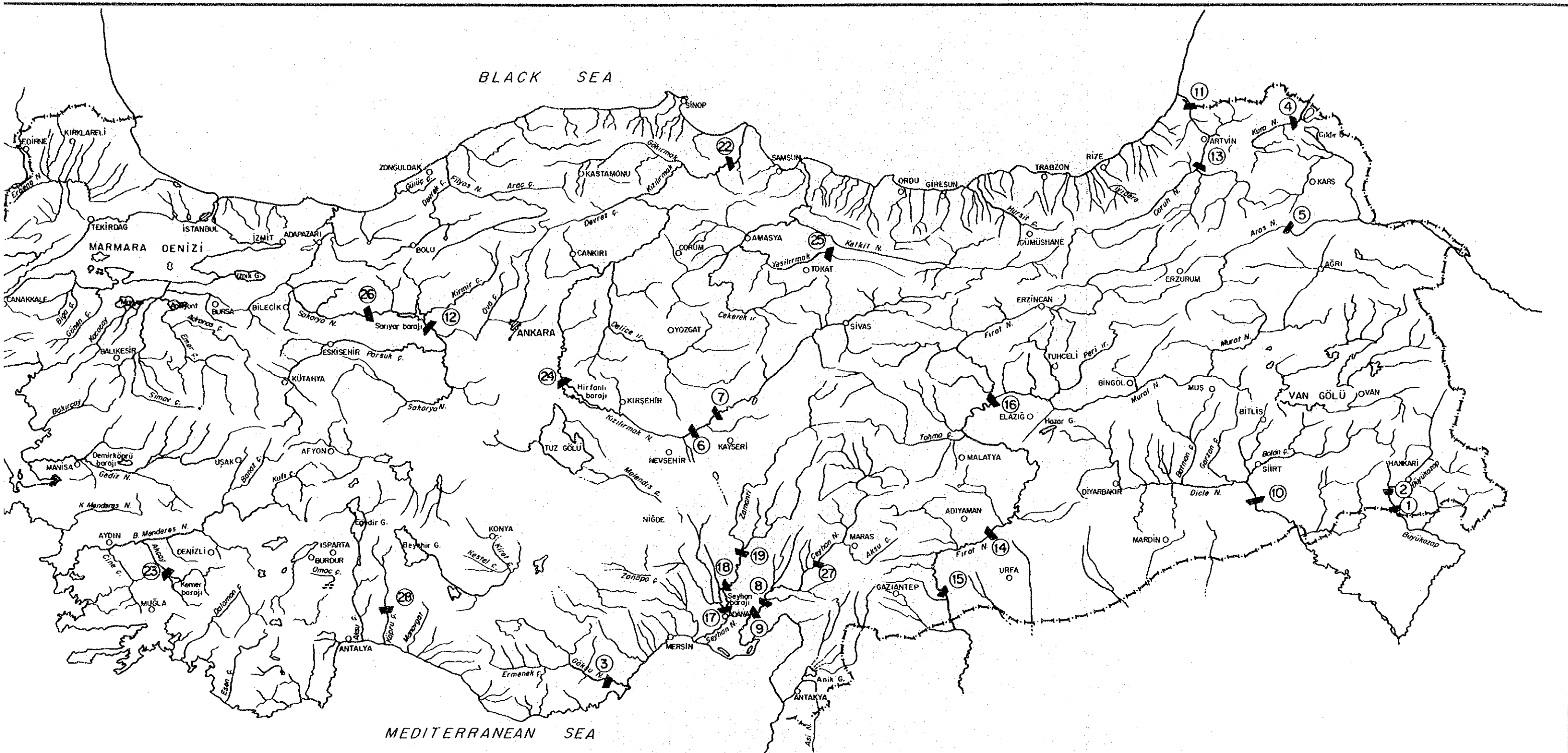
Fig. 6-24 Probable Maximum Floods in Turkey



Name of Dam

- | | | | |
|----------------|------------|----------------|-------------|
| ① Cukurca | ⑧ Sır | ⑮ Fındıklı | ⑳ Altinkaya |
| ② Doğanla | ⑨ Düzkesme | ⑯ Keban | ㉑ Kemer |
| ③ Kayraktepe | ⑩ Ilisu | ⑰ Seyhan | ㉒ Hirfanlı |
| ④ Sevimli | ⑪ Muratlı | ⑱ Asağıçatalan | ㉓ Almus |
| ⑤ Karakurt | ⑫ Kargı | ⑲ Yedigöze | ㉔ Gökçekaya |
| ⑥ Bayramhacılı | ⑬ Yusufeli | ㉑ Köprü | ㉕ Aşlantas |
| ⑦ Yamula | ⑭ Atatürk | ㉒ Menge | ㉖ Beşkonak |

Fig. 6-25 Location Map of Existing and Planned Dams



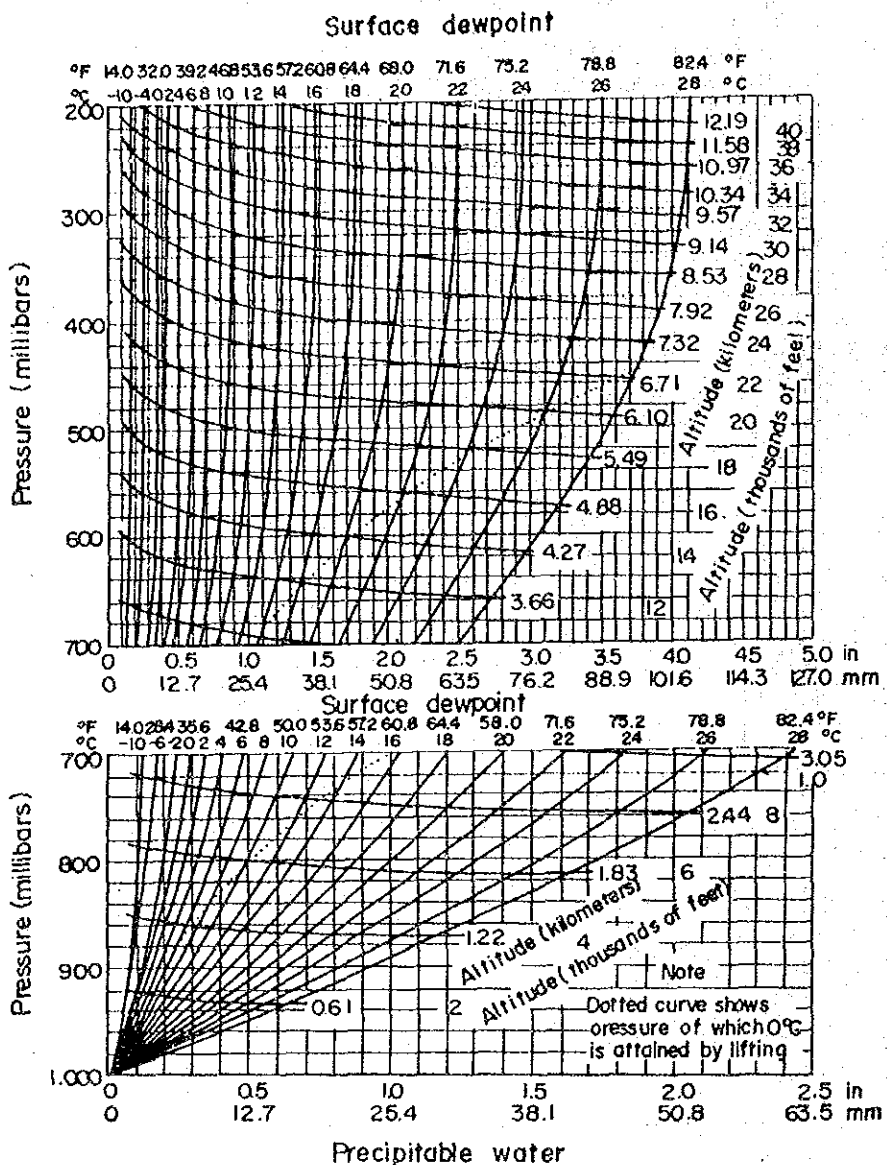
Location of Dam

- | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|--------------|
| 1 Kurca | 8 Sır | 15 Fındıklı | 22 Altinkaya |
| 2 Köprü | 9 Düzkesme | 16 Keban | 23 Kemer |
| 3 Gökçe | 10 İtisu | 17 Seyhan | 24 Hirfanlı |
| 4 Gökçekaya | 11 Muratlı | 18 Asağışatalan | 25 Almus |
| 5 Araz | 12 Kargı | 19 Yedigöze | 26 Gökçekaya |
| 6 Kırıkkale | 13 Yusufeli | 20 Köprü | 27 Aşlantas |
| 7 Kırıkkale | 14 Atatürk | 21 Menge | 28 Beşkonak |

Fig. 6-25 Location Map of Existing and Planned Dams

Table 6-25 Probable Maximum Flood of Planned Dams in Turkey

Name of Dam	Catchment Area (Km ²)	Mean Annual Rainfall (mm)	Observed Daily Max. Rainfall (mm)	Probable Max. Precipitation (mm/hr.)	Peak Discharge for 100 years (m ³ /sec)	Probable Max. Flood (m ³ /sec)	Stage
Cukurca	6,715	708	167.5	201/24	1,512	6,660	Reconnaissance
Doganli	5,977	640	-	-	1,394	5,774	ditto
Kayraktepe	9,867	662	-	202/48	2,383	9,875	Final Design
Sevimli	3,703	537	59.4	107/24	562	3,042	Reconnaissance
Karakurt	7,505	425	81.9	270/30	870	4,669	ditto
Bayramhacili	18,930	452	68.5	106/24	1,149	6,804	Feasibility
Yamula	15,582	465	68.5	106/24	1,001	6,233	ditto
Sir	12,950	612	106.4	104/24	2,520	7,876	Final Design
Duzkesme	13,061	612	106.4	104/24	2,562	7,972	ditto
Ilisu	35,509	787	130.0	137/36	10,096	25,774	ditto
Muratli	19,748	503	140.0	157/32	2,342	13,333	Master Plan
Kargi	33,847	402	91.5	107/30	485	3,704	Final Design
Yusufeli	15,250	443	64.6	122/32	1,679	9,000	Feasibility



Depths of precipitable water in a column of air of any height above the 1000-millibar level as a function of the 1000-millibar dewpoint, assuming saturation and pseudo-adiabatic lapse rate. (U.S National Weather Service.)

Fig. 6-26 Depths of Precipitable Water in a Column of Air

第7章 地質および材料

第7章 地質および材料

	頁
7.1 緒 言	7 - 1
7.2 広 域 地 質	7 - 2
7.2.1 地 形	7 - 2
7.2.2 地 質	7 - 2
7.3 参 考 資 料 お よ び 調 査 工 事	7 - 6
7.3.1 参 考 資 料	7 - 6
7.3.2 地 質 調 査 工 事	7 - 6
7.4 地 点 の 地 質	7 - 13
7.4.1 Yusufeli計画	7 - 13
7.4.2 Artvin計画	7 - 65
7.5 材 料	7 - 83
7.5.1 土 質 材 料	7 - 83
7.5.2 コ ン ク リ ー ト 骨 材	7 - 95
7.5.3 ロ ッ ク 材 料	7 - 96
7.6 原 位 置 岩 盤 試 験	7 - 99
7.6.1 緒 言	7 - 99
7.6.2 試 験 期 間 及 び 試 験 位 置 の 選 定	7 - 99
7.6.3 試 験 方 法	7 - 101
7.6.4 試 験 の 結 果 と 評 価	7 - 103
7.7 土 木 地 質 に 関 す る 結 論	7 - 110
7.7.1 Yusufeli計画	7 - 110
7.7.2 材 料	7 - 113
7.7.3 原 位 置 岩 盤 試 験	7 - 113
7.7.4 Artvin計画	7 - 114

List of Figures

- Fig. 7-1 Regional Geology
- Fig. 7-2 Yusufeli Project, Geology, Dam Plan
- Fig. 7-3 Yusufeli Project, Geology, Dam Section A-A'
- Fig. 7-4 Yusufeli Project, Geology, Dam Section B-B'
- Fig. 7-5 Correlation Graph, Depth – Weathering
- Fig. 7-6 Yusufeli Damsite, Frequency of Fault (1-3)
- Fig. 7-7 Yusufeli Damsite, Frequency of Fault (2-3)
- Fig. 7-8 Yusufeli Damsite, Frequency of Fault (3-3)
- Fig. 7-9 Yusufeli Damsite, Frequency of Joint
- Fig. 7-10 Correlation Graph, Depth – Crack Interval
- Fig. 7-11 Correlation Graph, Depth – Lugeon Value
- Fig. 7-12 Yusufeli Project, Geology, Dam Lugeon Map
- Fig. 7-13 Flow Chart of Rock Evaluation
- Fig. 7-14 Rock Evaluation & Rock Classification for Adits
- Fig. 7-15 Rock Evaluation & Rock Classification for Drilled Core
- Fig. 7-16 Relation between Rock Evaluation and Lugeon Value
- Fig. 7-17 Artvin Project, Geology, Downstream Dam Plan and Section
- Fig. 7-18 Yusufeli Project, Material, Borrow Area
- Fig. 7-19 Results of Alkali-Aggregate Reactivity Tests
- Fig. 7-20 Gradation Analysis Curve
- Fig. 7-21 Loading Diagram
- Fig. 7-22 Relation between Rock Classification and Deformation or Shear Strength
- Fig. 7-23 Results of Shear Test and Presumed Shear Strength

List of Tables

Table 7-1	Geologic Sequence
Table 7-2	Reference Data
Table 7-3	List of Geological Investigation at Yusufeli Damsite
Table 7-4	Laboratory Test of Dam Construction Material
Table 7-5	List of Geological Investigations at Artvin Site
Table 7-6	List of Geological Investigations at Havuzlu Landslide
Table 7-7	List of Remarkable Fault
Table 7-8	Elevation of Ground-Water Level
Table 7-9	Standard of Rock Classification for Adit
Table 7-10	Standard of Rock Classification for Drilled Core
Table 7-11	Rock Evaluation
Table 7-12	Relation between Rock Evaluation and Lugeon Value
Table 7-13	List of Pit for Soil Material
Table 7-14	Items and Quantities of Test
Table 7-15	Results of Tests (Soil Material)
Table 7-16	Results of Swelling Test
Table 7-17	Results of X-Ray Analysis
Table 7-18	Results of Chemical Analysis
Table 7-19	Test Results and ASTM Standard (Concrete Aggregate)
Table 7-20	Details of Test Location
Table 7-21	Results of Plate Bearing Test
Table 7-22	Results of Block Shear Test
Table 7-23	Results of In-Situ Rock Test

第7章 地質および材料

7.1 緒言

YusufeliおよびArtvin計画に関する地質調査工事は1975年よりE I Eによって実施され、1986年3月末迄に、表7-3, 5, 6 に示された調査工事が終了している。この間2回（第一回：1985年5月28日～7月26日； 第二回：1986年1月30日～2月28日）J I C A Team は現地調査を実施した。

この報告書に記述されている地質解析結果は、J I C A Team による現地調査の結果とE I Eが1986年3月末迄に終了した各種調査工事および諸試験の結果に基づいて行われている。

Yusufeliダムサイトに関しては、E I Eが計画したダムサイトとJ I C A Team が計画したダムサイトが一致しているが、Artvinダムサイトに関しては、J I C A Team は、E I Eが計画していたオリジナルダムサイトの約1 km上流左岸に存在するHavuzlu 地迂りを下記のように評価し、このオリジナルダムサイトを放棄した。

- ・もし、オリジナルダムサイトが選ばれた場合はHavuzlu 地迂りに対して、より大規模な地質調査が詳細に行われる必要がある。
- ・しかし、そのような調査が行われたとしても、長い期間（例えばダムの寿命 - 50年以上）や種々な自然現象（大雨や地震）を考慮した場合、現時点でHavuzlu 地迂りの安定性を保証することは非常に困難である。
- ・更に、この地迂りの舌端部は貯水池の湛水により冠水されるため、安定性は現状より一層悪くなることを考えねばならない。
- ・上記の諸条件を考慮すると、もし、土木計画的にこの地迂りをさけて、或いはこの地迂りから遠ざけた位置に、ダムサイトの選定が可能であるならば、オリジナルダムサイトとは別のダムサイトを選ぶべきである。

J I C A Team がオリジナルダムサイトの代替案として選んだダムサイトは後述の通りであるが、これらダムサイトの地質は、主として地表地質調査結果にもとついて判断されているため、今後調査の進展に伴い、より詳細な検討が必要である。

7.2 広域地質

7.2.1 地形

Coruh川は、トルコ共和国の北東部に位置する全長約 410kmの河川で、その流域の西側はKelkit river basinで、東側はAras river basinで、南側はFirat river basinで、そして、北側は、Black sea tributaries basinで、それぞれ囲まれている。

Coruh川は、Mescit mountainsに源を発し、アナトリアの北東部を流下して、Black sea に注ぐが、その河口および河口に近い数10kmはソ連国内に位置する。

Coruh川を囲む山岳の標高は2,000 m 或いは3,000 m 以上の高峰で、これら山岳より流下し、Coruh川に注ぐ主な支流、Cengit, Barhal, OltuおよびTortumの流域の地形も極めて急峻である。従って、Coruh川は下流のArtvin部落を過ぎる迄、極めて急峻な地形を形成し、平地はほとんどみられない。

7.2.2 地質

Coruh川流域は古生代のHercinian Orogeny 及び中生代から新生代にかけてのAlpine Orogenyを経た地域であり、そこには、Pre-Permian~Permo-Carboniferous の広域変成岩類を基盤として、中生代Jurassic~Cretaceous及び新生代Tertiaryの主として地向斜性のSedimentary rocks とVolcanic rocksまたQuaternaryの堆積物が分布している。

流域の地質図は、Fig. 7-1 (Prepared by TEMELUS, 1982)に示す通りであるが、地質units は Coruh川本流の流路方向と同じく、南西から北東に伸びる帯状に大略配列しているのが特徴であり、所々古生代及び中生代以降の花崗岩に代表される深成岩体の貫入を受けている。

また、アルプス造山運動によってもたらされたAllochthonous な地質units も分布し、複雑な地質構造を呈している。なお、広域地質およびYusufeli—Artvin両貯水池区域のgeologic sequence はTable 7-1に示されている。

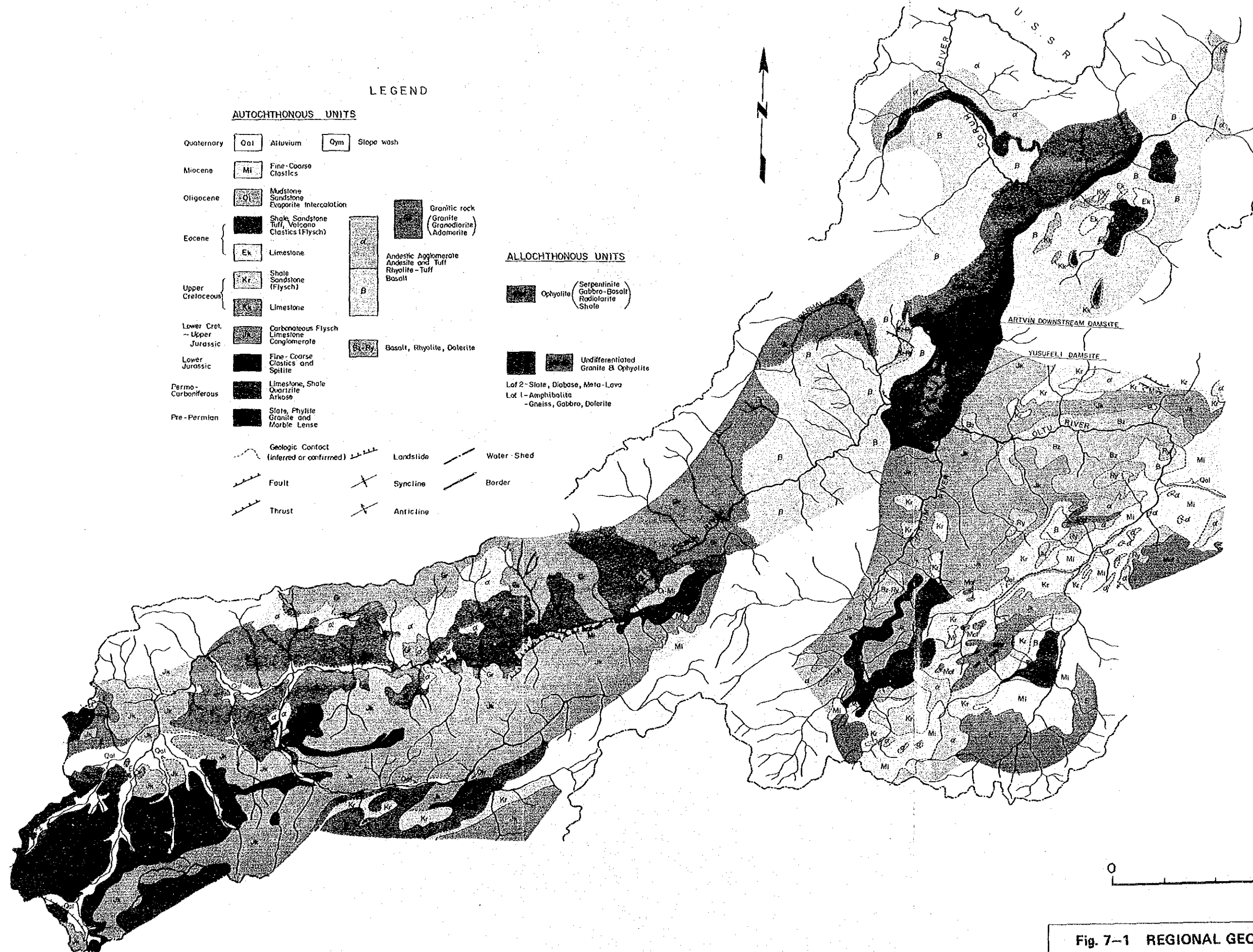


Fig. 7-1 REGIONAL GEOLOGY

Table 7-1 Geologic Sequence

GEOLOGIC TIME		REGIONAL GEOLOGY OF ÇORUH BASIN (EIE Sept, 1979)		GEOLOGY OF YUSUFELI - INANLI RESERVOIR AREA (EIE Sept, 1980)			
Era	Period	Lithology	Magnetic Activity, etc.	Formation	Lithology	Distribution	
CENOZOIC	Quaternary	Alluvium Slope wash Terrace		Quaternary System	Recent Alluvium Slope wash Old Alluvium (20~30m above the recent river level)	Yusufeli damsite	
		Late	Andesitic agglomerate, Tuff	Alpine orogeny (Mid. ~ Late Eocene)	IKIZDERE Granitic Rocks		
		Mid.	Clayey-silty limestone, Sandstone	(Dykes of Diabase & Tonalite Acidic intrusions Three different granodiorites)			
	Eocene	Early	Conglomerate, Mudstone, Claystone	Alpine orogeny (Late Cret. ~ Eocene)	Berta F. (Kb)	Mudstone Marl Limestone Sandstone, Conglomerate Alternation of Spilitic Basalt, Rhyolite & Dacite	Upstream part of Yusufeli Reservoir Area
		Late	Alternation of Calcaremite & Sandstone Alternation of Sandstone & Limestone Limestone Alternation of Mudstone, Shale & Limestone (Gravelly sandstone intercalated)			IKIZDERE Granitic Rocks intruded	
	Cretaceous	Early	Limestone with Silexite nodule Clayey limestone		Pigey F. (J-Kp)	Up : Alternation of Limestone & Marl with Silexite Low : Basal conglomerate, Alternation of Sandstone & Marl	Oltu River
		Late (Malm)	Alternation of Clayey Limestone & Sandstone Alternation of Conglomerate & Sandstone			Angular Unconformity	
		Mid. (Dogger)	Marl, Limestone, Sandstone Alternation of Siltstone & Limestone Mudstone Alternation of Sandstone & Siltstone Conglomerate				
	Jurassic	Early (Lias)	Complex of Spilitic, Spilitic agglomerate, Diabase, Shale, Tuff & Siltstone		Yusufeli F. (Jy)	Up : Greywacke, Slate, Phyllite Mid : Spilitic (pillow lava), Metalava, Green Schist Low : Gabbro, Amphibolite	Downstream part of Yusufeli Reservoir Area. Inanli Reservoir Area
		Permo-Carboniferous Pre-Permian	Gneiss Mica schist Amphibolite gneiss	Hercinian Orogeny (Carboniferous) Gabbro dyke altered to Amphibolite		IKIZDERE Granitic Rocks intruded	
PALEOZOIC							

7.3 参考資料および調査工事

7.3.1 参考資料

本報告書をまとめるに当たって参考とした地質資料はTable 7-2の通りである。

7.3.2 地質調査工事

Yusufeli及びArtvin両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Table 7-3, 4, 5, 6に示されている。

Yusufeli計画地点

・ボーリング(含透水試験)	17孔	計	1,990.75m
・横坑	4坑	計	454.55m
・平板載荷試験		計	8点
・ブロックせん断試験		計	12ブロック
・横坑内弾性波探査	15側線	計	1,212.00m
・土質材料試験	6ピット	計	6サンプル
・コンクリート骨材試験	3ピット	計	3サンプル
・地表地質調査			Table 7-3の通り

Artvin上流案地点

・ボーリング(含透水試験)	1孔	計	102.00m
・地表地質調査			Table 7-5の通り

Artvin下流案地点

・ボーリング(含透水試験)	1孔	計	100.00m
・地表地質調査			Table 7-5の通り

Havuzlu地入り地点

・ボーリング(含透水試験)	3孔	計	133.00m
・電気探査	15測線	計	41点
・地表地質調査			

Table 7-2 Reference Data

Items	Notes
1. Engineering Geological Report of the Çoruh-Yusufeli Damsite	EIE, September 1979
2. Çoruh Basin Engineering Geological Investigations of Dam Possibilities, Reservoirs and Tunnel Alignments	EIE, September 1980
3. Çoruh River Basin Master Plan Report -Geology-	Temelus, April 1982
4. Geological Map of Yusufeli Reservoir (1:25000)	EIE, July 1985
5. Geological Map of Yusufeli Damsite (1:1000) (plan & profile)	"
6. Logs of Drillholes & Adits at Yusufeli Damsite (1:100)	"
7. Groundwater Measurement Record at Yusufeli Damsite	"
8. Geological Map of Inanli Reservoir (1:25000)	"
9. Geological Map of Inanli Tunnel (1:5000) (plan & profile)	"
10. Logs of Drillholes & Adit at Inanli Damsite (original site)	"
11. Report of Seismic Prospecting at Havuzlu Landslide	" October, 1985
12. Geological Map of Inanli Downstream Damsite (1:2000)	" February, 1986
13. Log of Drillholes of ST-1 & SID-1 for Inanli Project	"
14. Log of Extension Adit of LA-2 at Yusufeli Damsite	"
15. Log of Drillhole of RSI-16 at Yusufeli Damsite	"
16. Laboratory Test Data of Impervious Core & Aggregate for Yusufeli Dam	"

Table 7-3 List of Geological Investigation at Yusufeli Dam site

(Drillhole)

Hole No.	Coordination		Length (m)	Elevation (m)	Direction (m)	Dip	Permeability test	
	X	Y					Stage	Length (m)
LS - 1	470,204.37	4520,512.47	150	498.62	—	90°	66	132
LSI - 2	"	"	100	"	N45° W	45°	32	94
LS - 3	470,181.31	4520,567.65	150	547.28	—	90°	47	118
LSI - 4	"	"	100	"	N40° W	43°	33	96
RS - 5	470,257.61	4520,469.93	125	518.60	—	90°	15	75
RSI - 6	470,267.80	4520,455.74	100	524.23	S60° E	45°	31	89
RSH - 7	"	"	75	"	"	0	5	25
RS - 8	470,222.78	4520,498.29	100	498.37	—	90°	12	54
LS - 9	470,170.81	4520,631.53	100	597.24	—	90°	31	92
LSI - 10	"	"	150	"	N55° W	52°	41	139
RSI - 11/A	470,276.	4520,422.5	40.75	534.09	N42° W	45°	14	28
RSI - 11	"	"	200	"	"	48°	51	187
LSI - 12	470,173.13	4520,536.07	150	506.75	S37° E	45°	42	144
LS - 13	470,041.01	4520,638.34	100	685.73	—	90°	32	94
LSI - 14	"	"	150	"	N60° W	48°	41	142
RSI - 15	470,353.	4520,465.	100	600.06	S55° E	45°	33	96
RSI - 16	470,335	4520,546	100	520	N80° E	10°	48	96
LSI - 17	470,111.31	4520,712.08	130	613.25	N35° W	65°	63	126
Total 18 Holes			2120.75	—	—	—	637	1,827

(Adit)

Adit No.	Coordination		Length (m)	Elevation (m)	Direction
	X	Y			
RA - 1	470,267.17	4520,434.40	50	534.82	S35° E
LA - 2	470,183.42	4520,521.30	126.75	506.68	N37° W
LA-3(I)	470,211.99	4520,696.03	103	609.62	N80° W
LA-3(II)	470,086.02	4520,591.21	125	618.47	N10° E
RA - 4	470,337.11	4520,476.51	49.80	599.03	S50° E
Total		4 Adits	454.55 m		

(In-situ rock test)

Adit No.	Test section (m)	Plate bearing test		Block shear test	
		Test No.	Location (m)	Test No.	Location (m)
RA - 1	41 ~ 47	B - 1	41.6	S - 1	43.1
		B - 2	46.0	S - 2	44.55
				S - 3	46.95
LA - 2	27 ~ 35	B - 3	29.0	S - 4	28.5
		B - 4	34.2	S - 5	30.4
				S - 6	33.4
LA-3(II)	29 ~ 39	B - 5	29.55	S - 7	31.8
		B - 6	32.6	S - 8	34.6
LA-3(II)	72 ~ 80			S - 9	37.25
		B - 7	72.2	S - 10	73.9
		B - 8	77.1	S - 11	76.15
Total		8 Tests		12 Tests	

(Seismic prospecting in adits)

- 3 lines (at floor, right wall and left wall) in each adit (RA-1: 50m×3 lines = 150m, LA-2: 76×3 = 228m, LA-3(I): 125×3 = 375m, LA-3(II): 103×3 = 309m, RA-4: 50×3 = 150m)
- Seismic prospecting between adit RA-1 and RA-2, and between LA-2 and LA-3.

(Construction Material Test)

- Quantities and items are shown on Table 7-4.

(Surface geological investigation)

- Damsite 1/1000, (2) Reservoir area 1/25000
- Görgülü landslide area 1/5000.

Table 7-4 Laboratory Test of Dam Construction Material

Subject	Location	Test Items	Test Quantities	Remarks
Soil material	Görgühi landslide area on the left bank of Turtum River	<ul style="list-style-type: none"> • Specific gravity and ASTM C 127 • Moisture test • Grain size analysis • Liquid limit and plastic limit • Compaction test • Permeability test • Direct shear test (Consolidated-Undrained) 	Six (6) test pits	
Concrete aggregate	Just upstream of the confluence of Oltu and Tortum Rivers	<ul style="list-style-type: none"> • Grain Size analysis • Specific gravity, absorption • Organic impurities test • Test for clay lumps in aggregate • Unit weight • Soundness test • Abrasion test • Test for quantity of soft particles in coarse aggregate • Alkali-aggregates reaction test 	Three (3) test pits	River deposits
	Extension adit of LA-2, Yusufeli damsite	<ul style="list-style-type: none"> • Specific gravity • Absorption • Alkali-aggregates reaction test 		Excavated rock

Table 7-5 List of Geological Investigations at Artvin Site

(Drillhole)

Hole No.	Location	Length (m)	Elevation (m)	Dip	Permeability test	
					Stage	Length (m)
ST-1	Around Esenkaya Village for tunnel	102	—	90°	46	92
SID-1	Bottom of river at Inanli downstream dam	100	—	90°	32	64

(Surface geological investigation)

- (1) Reservoir areas of up and downstream Inanli dams 1/25000
- (2) Upstream damsite 1/2000
- (3) Downstream damsite 1/2000
- (4) Tunnel area of Inanli upstream dam 1/25000

Table 7-6 List of Geological Investigations at Havuzlu Landslide

(Drillhole)

Hole No.	Location	Length (m)	Elevation (m)	Dip	Permeability test
HS-1	Landslide area	46	about 625	90°	—
HS-2	"	45	about 560	"	—
HS-3	"	42	"	"	—

(Electric prospecting)

- (1) Interval of measurement stations 100 - 200 m
- (2) 15 measurement lines and 41 measurement stations

7.4 地点の地質

7.4.1 Yusufeli計画

(1) 貯水池

(a) 地 形

Yusufeli貯水が位置するCoruh川本流は、トルコ国東北端に位置し、その河口はソ連国内に在る。Coruh川は、全長約410kmの河川で、流域を境とする主な山岳はTatos山(3,937m)、Kop山(2,953m)、Cam山(3,850m)など2,000m~3,000m以上の高さを持つ。

Yusufeliダムサイトは、ソ連国境より約45km上流に位置し、貯水池内には、Coruh川本流のほかに、Barhal、OltuおよびTortumの主要支川が存在する。

Coruh川本流沿いの貯水池は、ダムサイトより約27km上流のCinler部落付近に終端を持つ。この区間の河川は、ダムサイトより約2.5km上流迄のIkizdere花崗岩類分布範囲では、非常に急峻な峡谷(ダムサイトでの一般的斜面勾配は水平より 50° ~ 70°)を形成している。それより上流のYusufeli formationおよびBerta formation分布範囲では、河川の両岸は比較的浸食の進んだ地形を示し、特にBerta formationが分布する上流域では浸食が著しい。

ダムサイトより約9km上流のYusufeli部落にてCoruh川(本流)左岸に合流するBarhal川沿いの貯水池は、合流点より約9km上流に位置するDutdere部落付近に終端を持つ。この区間の貯水池は、主としてBerta formationに位置するため、全般に、谷幅は広く、本流沿いのBerta formation分布域と同じく、河岸の各所に洪水はんらん原、段丘および扇状地が形成されている。なお、Barhal川沿いの貯水池内には、Yusufeli部落の直上流に大規模なVecanket地切りが存在する。

ダムサイトより約1km上流で、本流の右岸に合流する大きな支川がOltu川であり、この合流点より約7km上流で、Oltu川左岸に流入する川がTortum川である。

Oltu川沿いの貯水池は、本流との合流点より約15.5km上流に終端を持つ。この区間の地形は、本流との合流点より約4.5km上流迄の花崗岩類分布範囲では、川幅のせまい峡谷を形成する。しかし、花崗岩類分布範囲より上流のOltu川およびTortum川はYusufeli formationやPugey formation分布範囲に位置するため、川幅は広く、河岸の各処に洪水はんらん原や段丘を形成している。なお、Tortum川沿いの貯水池は、Oltu川との合流点より約6.5km上流に終端を持ち、その終端に近いGorgulu部落に大規模

なGorgulu 地切りが存在する。それより更に上流には、大規模地切りで造られた天然湖 (TortumNo 1 発電所の貯水池として利用されている) がある。

なお、Yusufeli貯水池内に分布する各地層の極く概略の斜面勾配 (EL. 750 m ~ EL. 1,000 m 間の斜面勾配) は下記のとおりである。

Ikizdere 花崗岩類	1 : 0.9
Berta formation	1 : 0.3
Yusufeli formation	1 : 0.7
Pugey formation	1 : 0.5

(b) 地 質

貯水池内に分布する地質は下記の通りである。

第 四 紀	表 層 堆 積 物	斜面堆積物
		地切り堆積物
		河床堆積物
		段丘堆積物
第三紀	基 盤 岩 類	Ikizdere花崗岩類
中		Berta formation
生		Pugey formation
代		Yusufeli formation

i) 表層堆積物

斜面堆積物

斜面堆積物は貯水池内の各所に見られる。当地の斜面堆積物は、大きく見て2種類に分けられる。一つは、シルトと岩片の混合材料より構成された堆積物であり、他は、主として粗粒砂と礫の混合材料よりなる堆積物である。

前者は主として、Berta、Pugey 及びYusufeli formation分布域の緩斜面に見られ、その典型的な分布は、E I Eのキャンプが位置する斜面で見られる。一般に厚さは薄い。後者はいわゆるalluvial cone を形成するもので、貯水池内の急斜面の裾部、殊に、Ikizdere花崗岩類やYusufeli formation分布域の急斜面の裾部に形成されている。個々の規模はそれ程大きくないが、数が多くみられ、しかも全般に厚い。

地盛り堆積物

既に述べた通り、Yusufeli貯水池内にはVecanket地盛りおよびGorgulu地盛りと呼ばれる2つの大規模地盛りが存在する。

Vecanket地盛りはYusufeli部落の直上流に位置し、地盛り塊を構成する材料は、熱水変質を蒙ったdacitic tuffである。Yusufeli貯水池の湛水がこの地盛りに与える影響については、7.4.1 (I)-(c)-ii) において述べる。

Gorgulu地盛りは、Tortum川沿いのGorgulu部落とYardibi部落の間に位置し、地盛り塊を構成する材料は外見上、礫と粘土質土の混じり合った崖錐堆積物のように見られるが、恐らくYusufeli formationに属するSpilie (又はbasalt) の風化部が滑落し、堆積したものと考えられる。なお、Vecanket地盛り同様、Gorgulu地盛りと貯水池との関係は7.4.1 (I)-(c)-ii) において述べる。

上記2つの地盛りは大規模で、しかも部落に近いということでも有名である。その他、貯水池の上流域、殊にBerta formation 分布域においては、過去の地盛りによって形成されたと判断される地形が見られる。

河川堆積物

この堆積物は、現河川堆積物を云う。貯水池内における河川堆積物の厚さは、Yusufeliダムサイトにおいて調査されている他には調査資料がない。Yusufeliダムサイトにおける河川堆積物の厚さは約50mである。ダムサイトより上流の河川幅は、既述のとおり、Berta formation やPugey formation 分布域では、広くなり、砂礫の州は、ダムサイト近傍に比べ著しく広い。殊に、Oltu川とTortum川の合流点より上流のOltu川と、Yusufeli部落より上流のCoruh川(本流)において砂礫の州(洪水はんらん原を含む)は著しく発達している。

なお、ダムサイトにおける調査結果によると、構成する礫は、granite、granodiorite、diabase、limestone、radiolarite、andesite及びbasalt等よりなり、礫の形状は直径1~40cmの角-亜-円礫で、一般に分級が悪い。

段丘堆積物

Yusufeli貯水池内の各所に段丘堆積物の分布が見られる。段丘の標高は変化に富み、ダムサイト近傍では標高510m付近、Barhal川とCoruh川合流点付近では、標高630m付近と標高650m付近に、またTortum河沿いでは標高650m付近に見られる。これら段丘堆積物の厚さは薄いところでは数m以内に過ぎないが、Tortum

川沿いでは20m以上を示す厚さも見られる。

この堆積物は、一般には分級は悪いが、場所によっては（例えば、Barhal川とCoruh川合流点に近いKazakura部落付近）、礫層、砂層、シルト層が良く成層されている。

Barhal川との合流点に近いCoruh川の右岸標高約 650m付近の段丘（高位段丘）とダムサイト下流右岸の標高約 510m付近の段丘（低位段丘）より採取した2つのサンプル（前者をサンプルNo 2、後者をサンプルNo 3）の花粉分析を行った。

その結果によると、概括的には、高位段丘（サンプルNo 2）のサンプルには、非樹木系花粉（Nonarboreal pollen）が多く、低位段丘（サンプルNo 3）には、樹木系花粉（Arboreal pollen）が多い。そして、特徴的なことは、サンプルNo 3には、中世代の古い化石（classopollis）が多いことである。このことは、新しい時代の花粉が堆積するときに、何らかの原因で、古い化石が多量に再堆積したものと推定される。いつれにしても、今回の花粉分析より明らかになったことは、これら段丘堆積物の時代が若く、恐らく沖積世であると推定出来る。

現在の河床堆積物の厚さは約50mである。従って、河床基盤の標高は 450m（ダムサイト付近）から 550m（Yusufeli部落付近）と予想される。もし、上述した段丘が旧河川によって形成された段丘と仮定すると、沖積世以降（10,000年以内）に、当地域の隆起運動又は、黒海の海水準面の低下が仮定される必要がある。沖積世における黒海の海水準面の低下は地質学的に仮定出来ない。従ってこれら段丘が現河川の侵食により形成されたとした場合、当地域には、沖積世の時代に、数10mの隆起運動があったことを仮定する必要がある。

Yusufeli貯水池内の段丘形成に関する別な仮定は、Yusufeliダムサイト下流域の大規模地切りが、一時的に河川を閉塞し、湖水を形成した時の堆積物が現在もなお、河岸の各所に段丘状に残っていると云う仮定である。この場合の最も可能性のある地切りはDemirkent地切りではないかと予想される。段丘形成に関するこの仮定はYusufeliダムサイト下流域には、崖錐堆積物の上部に砂礫が堆積することから推定している。

ii) 基盤岩類

Ikizdere花崗岩類

Ikizdere花崗岩類は後述するBerta formation やYusufeli formationを貫入するBatholithで、Coruh川流域、殊にYusufeliダムサイトや下流のDerinerダムサイト周辺に広く分布する。

Yusufeli貯水池内では、ダムサイトより上流3～4kmの範囲に分布する。構成する岩石は変化に富み、EIEの研究結果によると、granodiorite-tonalite group, adamellite group, porphyritic microgranite group およびgranite-gneiss groupが報告されている。なお、この報告書では、花崗岩類に貫入しているdykerockであるdiabaseも含めてIkizdere花崗岩類と呼称している。

Berta formation

Yusufeli貯水池内におけるBerta formationは主として、Barhal川沿いおよびBarhal川とCoruh川の合流点より上流のCoruh川沿いに分布する。Barhal formationはこの合流点の直下流で、Yusufeli formationと衝上断層をもって接している。Barhal formationを構成する岩石は、spilite, basalt, dacite, rhyolite, tuff, mudstone, sandstone, conglomerate, marl及びlimestone等よりなる。これらがYusufeli貯水池内でどのように分布しているかと云う詳細な調査は実施されていないが、現地踏査結果では、黄褐～黄白色の露岩が顕著に見られる。この露頭より推定すると、Yusufeli貯水池内のBerta formationは、dacite, rhyoliteおよびdacitic(或いはrhyolitic) tuffなど酸性火山岩類の変質岩が広く分布するものと予想される。

分布する岩石から判断すると、貯水池基礎としてのBerta formationは、透水性には問題はないが、湛水後の斜面安定には注意が必要である。この地域において、今後発生するかも知れない地えり問題は7.4.1(1)-(c)-ii)で述べられている。

Pugey formation

Yusufeli貯水池内のPugey formationは、主としてOltu川とTortum川の合流点より上流域に分布する。Pugey formationはこの合流点付近で、Yusufeli formationと傾斜不整合で接している。

Pugey formationを構成する岩石は、limestoneとmarlの互層、marl, sandstone およびconglomerate等よりなる。

これら堆積岩類の他、火山岩の貫入岩も分布する。なお、このPugey formationの大規模な成層した露岩は、Tortum川の上流域（貯水池末端付近より上流域）と合流点より上流のOltu川沿いで観察される。

Pugey formation は、上述の如く、主として石灰質岩石より構成されているが、この地層の分布規模が非常に大きいうえに、石灰質岩石には、非石灰質岩石の挟在が認められているため、Pugey formation の貯水池の耐水性は問題ないと判断出来る。なお、斜面の安定性については後述 7.4.1 (I) - (C) - ii) する。

Yusufeli formation

Yusufeli貯水池内におけるYusufeli formationの分布は、Coruh川本流沿いにおいては、Ikizdere花崗岩類とBerta formation の間、即ち、E I E camp周辺に、またOltu川沿いにおいては、Ikizdere花崗岩類とPugey formation の間およびDagyolu部落周辺に見られる。Berta formation とYusufeli formationの境界は既述の通り、衝上断層であり、Pugey formation とYusufeli formationの境界は傾斜不整合である。

Yusufeli formationを構成する岩石は、serpentinized gabbro, amphibolite, spilite, green schist, greywacke^{*}、slate及びphyllite等である。

Yusufeli formationの耐水性は全く問題ない。

斜面の安定性については後述 7.4.1 (I) - (C) - ii) する。

*) E I Eによる顕微鏡鑑定の結果、従来greywacke と呼称されていたものの一部はbasic tuff及び diabaseであることがわかった。

(c) 土木地質的考察

i) 耐水性

Yusufeli貯水池の耐水性は、結論として、十分保証されると判断出来る。その理由は下記の通りである。

- ・ダムサイト近傍に分布するIkizdere花崗岩類は著しく耐水性に富んでいる。
- ・貯水池中流域に分布するYusufeli formationを構成する岩石は、可溶性岩石ではない。
- ・Coruh川上流域及びBarhal川沿いに分布するBerta formation は一部に可溶性岩石 (limestone)を挟在している可能性はあるが、地形的な条件から判断して、湛水に影響するような連続性のある空洞が存在することは予想出来ない。
- ・Oltu川沿いの貯水池上流域に分布するPugey formationは可溶性岩石 (limestone)から成るが、このlimestone はmarl, sandstone など難溶解性又は非溶解性岩石を挟在するため、本層中に連続性のある大規模空洞を形成する可能性は極めて小さい。更に、この地層の、Coruh川上流域への連続範囲や地形的条件などから判断して、たとえば、本層中に連続性のある空洞が存在すると仮定しても、その空洞を通じて、他の流域へ貯水池の水が漏水する可能性はない。何故ならば、Yusufeli貯水池内に分布するPugey formation は周辺を非可溶性地層に取り囲まれている。
- ・その他、地形的条件 (例えば薄い鞍部) から漏水を発生させる可能性はYusufeli貯水池内では予想できない。

ii) 斜面の安定性

貯水池内の地質で最も重要な調査項目は、耐水性と斜面の安定性である。Yusufeli貯水池の斜面の安定性については、下記のような問題点がある。

- ・2つの大規模地じりの存在
- ・湛水後に発生するかも知れない地じりの可能性の問題
- ・湛水後に崩壊する可能性のあるalluvial cone の問題
- ・急崖を形成している岩盤斜面の安定性

2つの大規模地じりの存在

前述の如く、Yusufeli貯水池内には、Tortum川沿いの貯水池終端付近にGorgulu地じりが、また、Barhal川沿いのYusufeli部落直上流にはVecanket地じりが存在

する。各々の地塊を構成する材料は前項(b)で述べた通りである。

Gorgulu 地塊の崩壊面積は、約 1 km²、崩壊物の平均厚さは 48 m と推定される（いずれも 1/25000 地形図を使用）。他方、Vecanket 地塊の面積は約 1 km²、崩壊物の平均厚さは 40 m と推定される（いずれも 1/25000 地形図を使用）。

これら 2 つの地塊のうち、Gorgulu 地塊は、現在でも緩慢ではあるが活動している。Vecanket 地塊は、現在は、活動していないと判断できる。

しかし、Vecanket 地塊の頭部の斜面は、Gorgulu 地塊のそれに比べ急であるため、まだ不安定である。

いずれの地塊も Yusufeli 貯水池の湛水（満水面積標高 710 m）により、地塊の舌端部は冠水する。しかし、地塊の主体が冠水するか否かについては、今後詳細設計段階に調査が必要になるが、現在の判断では、Gorgulu、Vecanket 両地塊共、すべり面下端の標高は約 750 m 付近と考えている。ただ、すべり面が冠水しないからと云って、両地塊が湛水後に活動しないと云う保証はなく、上述の如く Gorgulu 地塊は現在でも緩慢に活動中であり、Vecanket 地塊は地形的に不安定である。したがって、これら地塊が Yusufeli 貯水池湛水後に、再活動した場合を考慮して、これら地塊がダムおよび貯水池に与える影響を評価すると下記の通りである。

Gorgulu 地塊

・ Gorgulu 地塊は、Tortum 川沿いの貯水池終端付近に位置し、ダムサイトより約 10.5 km の距離である。

この間の貯水池の形状は、概括的には、Tortum 川と Oltu 川、Oltu 川と Coruh 川の 2ヶ所の合流点で、T 字型を示す。これらの条件は、Gorgulu 地塊が貯水池内に滑動した場合に発生するであろう波のエネルギーを減少させるには十分に有益な条件である。

・ 当地塊の地表斜面の平均勾配は、約 11 度である。また、地塊を構成する材料は spilite (又は basalt) の風化残留土と岩片（礫）よりなるため、質的には、ロックフィルダムのコア材料に適した土質である。斜面の勾配から判断すると、当地塊の滑動は非常に緩慢であり、地塊を構成する材料から判断すると、例えば大雨等の自然現象で活発に滑動しても、泥流のような流動型地塊 (flow type sliding) を示すものと考えられる。（地塊型地塊 - block type

slidingではない。)

- ・他方、Gorgulu 地送り地前面の貯水池の地形は、標高 700～675m 間で広い台地が形成されているため、地送り付近の貯水池の水深は、平均約40mで最深部で約60mである。

- ・これら、地送り斜面の勾配、構成材料および貯水池の水深を考慮すると、当地送りが貯水池内に急激に滑動したとしても、ダムに影響を与えるような大規模な波は発生しないものと予想出来る。

- ・Gorgulu 地送り塊の土量は、約 $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定出来る。

他方、地送り地前面の貯水池容量は、大ざっぱに計算して約 $19 \times 10^6 \text{ m}^3$ （標高 710m と 650m 間の容量）である。

この資料に基づき、地送り塊全量が貯水池内に流入したと仮定しても、これによって発生する貯水池水位の上昇は、本貯水池のfreeboard 内（容量 $170 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）内に十分収納される量である。

- ・しかし、地送り塊の土量は、地送り前面の貯水池容量の約3倍であるため、前述の仮定のように、全土量が貯水池内に流入すると、貯水池は完全に閉塞される。

- ・Gorgulu 地送りは、既に滑動を起こした地送りであるため、現在は、緩慢な活動を続けているとは云え、初期の滑動時期に比べると、安定した地形を保っているため、上述の如く、地送り塊全量が、一度に貯水池内に流入し、貯水池を完全に閉塞すると云う条件は、極めてまれなケースであると評価出来る。

しかし、当地送りの上流約15km付近には、大規模地送りで造られた天然ダム及び天然湖がある。

この湖を利用した発電所とその付近の部落の標高は約 800m と推定される。

今後の問題として、Gorgulu 地送りの再活動により、貯水池が完全に閉塞された場合の、上流域への影響は検討される必要がある。

Vecanket地送り

- ・Vecanket地送りはBarhal川沿いのYusufeli部落の直上流に位置し、ダムサイトより約11km離れている。この間の貯水池の形状は、Barhal川とCoruh川、Coruh川とOltu川の2ヶ所の合流点でT字型を示す。これらの条件は、Gorgulu 地送りの場合と同様に、地送り塊が貯水池内に再滑動する場合に発生するであろう

波のエネルギーを減少させるには、十分有益な条件である。

・当地りの地表斜面の平均勾配は約23度である。地り塊を構成する材料は、地表の露頭では、熱水変質を蒙った石英安山岩質凝灰岩で、粘土質材料はGorgulu地りの材料より少ない。当地り塊全体を構成する材料が上述のような材料であるかどうかについては、資料がないため不明である。しかし、1968年の大雨で、急激な滑動を起こし、対岸まで崩壊材料が滑動し、Barhal川を埋めた事実とこの河川を埋めた材料がその後の河川侵食で流出した事実等より判断すると、このVecanket地りは堅硬な基盤岩石がすべり面に添って沁った、いわゆる地塊型地りではないと推察出来る。

・Vecanket地り前面の貯水池は、比較的谷幅がせまく（標高700mで谷幅約500m）、貯水池の満水面積標高710mでの水深は約110mである。

他方、当地り塊の土量は、約 $40 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定されるため、もし、この地り塊全体が急激に、貯水池内に滑動した場合は、可成りの高波を発生させるものと予想出来る。

・しかし、前述したように、当地りの位置がダムより約11kmと離れていること、貯水池の形状が蛇行に富んでいること、および地り塊を構成する材料が塊状でないことなどの理由から、例えこの地りが急激に貯水池内に滑動しても、ダムに被害を与えるようなエネルギーを持った波がダム地点まで到達するとは考えられないが、この点については、今後の検討が必要である。

・なお、当地りは、現在は、一応安定しているうえに、地り面の下端標高が満水位より高く、標高約750m付近と想定されるため、貯水池の水が直接地り塊中に浸透するようなことはない。従って、今後、大雨等で、再滑動を起こしたとしても、急激な滑動ではないものと予想される。

・Vecanket地り塊の土量は、既述のとおり、約 $40 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定される。また、地り前面の貯水池容量は概略 $47 \times 10^6 \text{ m}^3$ （標高710mと650m間の容量）である。従って、地り塊全量が貯水池内に滑動してもそれによる水位上昇は、Gorgulu地り同様に、当貯水池のfreeboard内に十分収納される。

・更に、地り地前面の貯水容量よりも、地り土塊量が小さいため、たとえ、全量が一度に滑動しても貯水池を完全に閉塞する可能性はない。しかし、この問題に関係する上流域への影響は、今後詳細設計段階に検討される必要がある。

現在のところ、この地回り地より6～7km上流範囲には部落は見当たらない。

湛水後に発生するかも知れない地回りの可能性の問題

既述の通り、Yusufeli貯水池内にはIkizdere花崗岩類、Berta formation、Pugey formation 及びYusufeli formationが分布する。

これらのうち、貯水池の湛水により地回りが発生する可能性が強い地層は、Berta formation である。

Berta formationは、貯水池のうち、Barhal川とCoruh川の合流点より上流の両河川沿いに分布し、spilite, basalt, dacite, rhyolite, tuff, mudstone, sandstone等よりなる。地回りの見地からBerta formationが特に注意が必要な理由は、このformationには熱水変質を蒙った岩石が多いことである。この例がVecanket地回りである。

Pugey formation は、既述の如く、成層をなした石灰質岩石と碎屑岩よりなる。

このようなformationでは、もし、地層面に添ったすべり面が存在する場合は、大規模な地塊型地回りを発生させる。典型的な例がtortum川上流の地回りによる天然ダムである。

Yusufeli formationを構成する岩石のうち地回りの見地から注意が必要な岩石は、serpentinized gabbroやspiliteの風化帯である。spilite (又はbasalt) の風化残留土が地回りを起こした例がGorgulu地回りである。

また、この地層に属するphylliteも地回りの危険が大きい。この例がYusufeliダム下流のHavuzulu地回りである。しかし、Yusufeli貯水池内の本層に限れば、Gorgulu 地点以外に、特に危険な個所は現段階では見当たっていない。

結論として、Yusufeli貯水池内のBerta formation は、貯水池湛水後、新しく地回りを発生させる可能性を有している。従って、そのリスクを避けるために、下記の点について十分注意が必要である。

- ・Berta formation 分布域において、地回りを考慮した上で、詳細な岩相地質図を作成し、その地質図に基づいて、再検討する。

- ・新しく発生するかも知れない地回りの危険性と云う見地からは、貯水池水位は低い程影響が少ないと云える。

なお、現段階では、これら新しく地回りが発生する可能性のある範囲は、貯水

池上流域に限られているため、貯水池の水深やダム迄の距離を考慮するとダム築造に支障になる問題ではない。

湛水後に崩壊する可能性のあるalluvial coneの問題

Yusufeli貯水池内のIkizdere花崗岩類やYusufeli formation分布範囲の急崖裾部はalluvial coneの発達が顕著に目立つ。この斜面堆積物は、すべて未固結の砂、シルトおよび礫よりなるため、貯水池の湛水により崩壊する可能性は非常に強い。しかし、各々のalluvial coneの頂部は、すべて貯水池の満水面より低いため、alluvial coneの崩壊によるダム或いは貯水池への被害は発生しないものと判断している。これら崩壊による砂礫は、すべて死水容量内に堆積するものと想定される。

急崖を形成している岩盤斜面の安定性

既述の如く、Yusufeli貯水池内の地形は、全般に急峻である。殊にIkizdere花崗岩類やYusufeli formationの分布範囲で顕著である。一般論として、当地域のように、雨量が少なく、乾燥した気候条件下にある急峻な岩盤斜面は、貯水池の湛水と云う恒常的に基盤内に滲透水を供給する条件に変わった場合は、安定性を減少する場合がある。

このような問題に関係する地質的要素としては下記のものである。

- ・斜面に発達する不連続面の程度（規模、数、連続性）と性状（挟在物の有無、勾配、方向性など）。
- ・基盤内の地下水の賦存状態

当ダムサイト及び貯水池内の急崖において、上記の要素を調査することは、アプローチの関係から困難である。しかし、ダムサイトに掘削されている横坑の観察から、次のような判断が可能である。

斜面の安定性を損なう可能性がある不連続面として、断層及び節理があげられる。断層は破碎され、しばしば粘土を挟在するなど、せん断強度が低いことが予想され、湛水後の間隔水圧の上昇により、すべりを起す可能性をひめている。

一方、節理は一般に良く密着していること、また後述7.4.1(2)-(c)-iii)するように著しい方向性を示さないことから、斜面の不安定要素になる可能性は非常に小さいと考えられる。そこで、斜面の安定性を損なう可能性のある弱層の観点から、断層の方向性をみると、次のような3つの方向、 $N170^{\circ} \sim N80^{\circ} E$ 、 $40 \sim 50$

°NW、N40°～50°E、65～70°NW及び、N10～20°W、65～80°SWに、比較的集中していることが言える(Fig.7-6)。この事は、すなわち、ダムサイトの基礎岩盤に限ってみれば、Coruh川流路(N50°E)とほぼ平行から60°程度斜交し、左岸側に傾斜する断層が多いことを意味している。

また断層の傾度は左岸に大きく、右岸に小さい傾向がある。更に、地下水の賦存状況についてみると、割れ目の多少を示唆する地下水位は左岸で低く、一方、右岸では高い傾向がある。

従って、ダムの湛水により岩盤内の断層をはじめとする割れ目に水が浸透し、間隙水圧が上昇したとしても、一般的傾向として左岸側にはさし目の断層が多いことから、また右岸側には流れ目とは云え断層が少ないことから、兩岸斜面とも安定を損なう可能性は非常に少ないと判断される。

(2) ダム

(a) 地形

ダムサイトは、Coruh川と支川のOltu川との合流点の約800m下流に位置する。

Coruh川はダムサイト付近ではほとんど蛇行せず直線的にNE向きに流れている。

川幅は約25～30mであり、河床部の標高は約500mである。また計画満水位710mでの谷幅は350～420mである。

左岸には斜面を切った2車線の舗装道路(国道20号線)が通っている。

ダムサイトの地形は、上下流にわたって一様に急峻である。山腹には部分的に表層の堆積物が分布するほかは、ほぼ全面にわたって基盤岩が露出している。土壤の発達はなく、また、植生も少なく、極く稀に低木が生えている程度の岩山である。

ロックフィルダムタイプのダム軸付近では、次のような特徴がある。左岸は標高530～580mにかけて川と平行して帯状に分布する斜度約30°の緩斜面であるが、それ以上の標高では約50°の急斜面となっている。右岸には標高約545mを頂部とする斜度約30度の崖錐地形があり、その上方は平均斜度約60°の急斜面となっている。なお、満水位標高での谷幅は約420mである(Fig.7-3参照)。

アーチ・ダム軸付近についてはみると、左岸はダム軸の直上流に小さな沢がある他は特に著しい起伏はなく、斜面の傾斜はほぼ同じで、約45°である。一方、右岸はより急峻で平均斜度は約55°である。断面上では、山腹の細やかな凹凸を斜めに横切る

ため、階段状の地形を呈している。なお、ダム頂の長さは約 500 m である。(Fig. 7-4 参照)。

(b) 地質

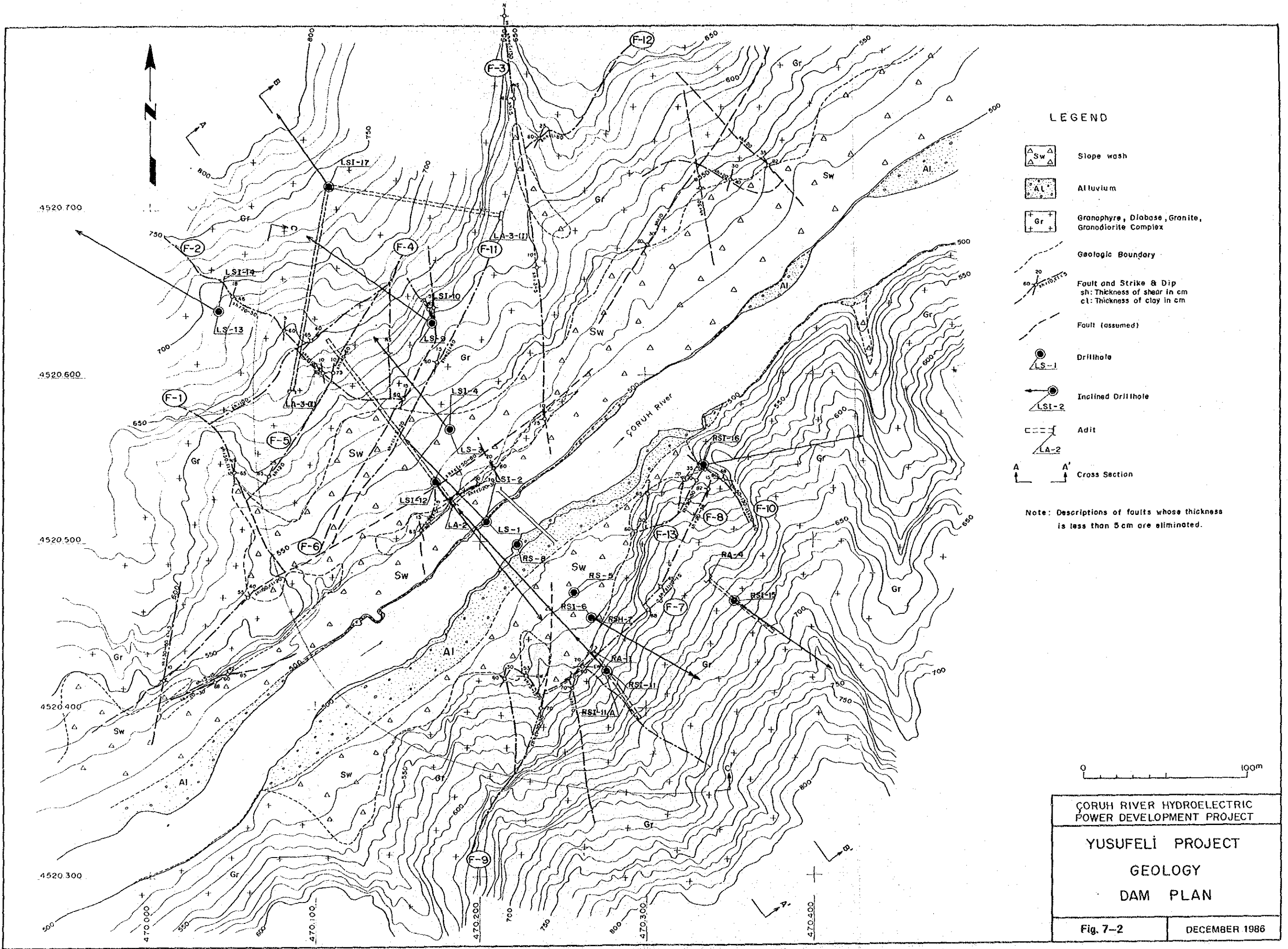
ダム地点の基盤岩は、Late Eocene から Oligocene にかけて活動したとされる İzkidere 花崗岩類である。岩種は granite, granodiorite, granophyre 及び diabase であり、夫々が幅数 cm から数 10 m の単位で貫入しあう複合岩体である。これらの貫入関係は一様ではなく、交互に貫入しあっている。いずれの岩種も一般に非常に堅硬であり、岩種ごとに著しい岩質の違いはみられず、従って、同一の物性をもつマスとしてとらえることが可能である。マスとしての岩質は、亀裂は多いものの亀裂は締まっている堅硬な岩盤と云うことができる。

以上の基盤をおおって表層の堆積物が分布している。ダムサイトではこれは沖積層と斜面堆積物に大別される。

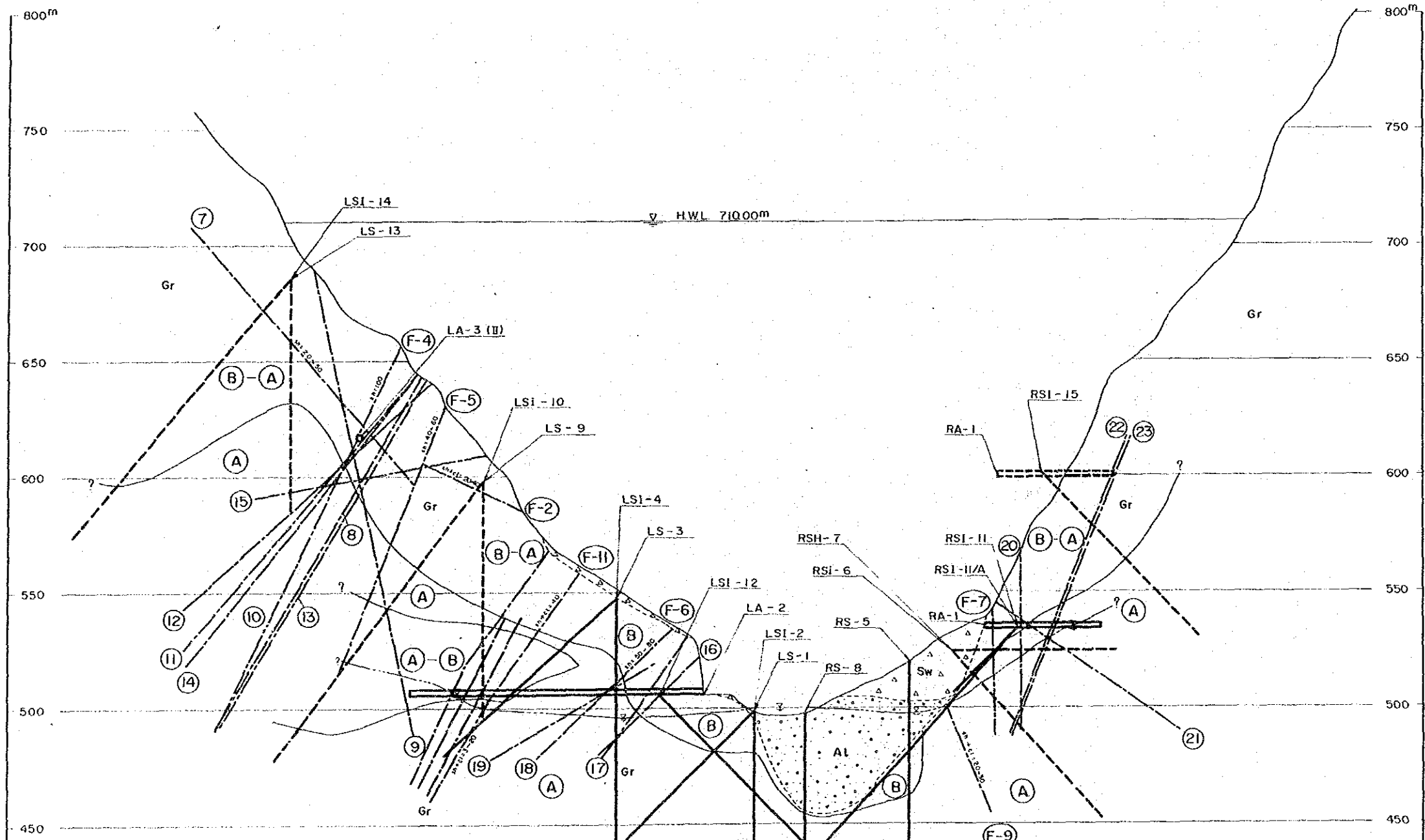
沖積層は砂礫によりなり、その厚さはダムサイトで 41.8 m (ボーリング RS-8) 以上に達している。礫の形状は円礫の他に亜角一角礫もみられる。また、細粒分としてシルト及び砂も見られる。これらはボーリングでみるかぎり、1 m ~ 10 m のオーダーで分級していることもあるが、一般には分級が悪い。

ダムサイト左岸の標高 530 ~ 580 m にかけて川と平行した帯状に厚さ 3 ~ 4 m 程度の斜面堆積物がある。これは下流に行くに従って厚くなる傾向にあり、その一部には締まった部分もある。

なお、地質平面 (Fig. 7-2) に示した左岸道路沿いの斜面堆積物は道路の盛土であり、岩盤までの深度は 2 m 程度と考えられる。右岸には、ロックフィルダムのダム軸付近に BL. 545 m を頂部とする斜面堆積物が最大幅約 120 m にわたって沖積層をおおって分布しており、その厚さは最大で 25 m 程度と推定される。



Section A - A'



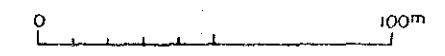
LEGEND

- Slope wash
- Alluvium
- Granophyre, diabase, granite granodiorite complex
- Geologic boundary
- Fault (thickness is not less than 10cm) confirmed by surface geological survey where
 (F-6) : Fault name corresponding to geologic plan
 sh : Thickness of shear in cm
 cl : Thickness of clay in cm
- Fault (thickness is less than 10cm) confirmed by surface geological survey, where the description of fault is eliminated
- Fault (thickness is not less than 10cm) confirmed in adits
 (18) : Fault number corresponding to logs of adits
- Rock evaluation and its boundary
- Adit
- Adit (projected)
- Adit
- Drillhole
- Drillhole (projected)
- Ground-water table

ROCK EVALUATION

Rock Evaluator	Description based on Rock classification	D	Es	Lu
(A1)	Fresh, A few cracks weathered to brown Or some cracks coated by chlorite Very hard~hard Generally massive Cracks very tight	68000	80000	Lu < 1 : 49% Lu < 5 : 63% Lu ≥ 30 : 12%
(A2)	Some cracks weathered to brown But rock fragments are un-weathered Very hard~hard Cracky but cracks are tight in general	86000	113000	Lu < 1 : 48% Lu < 5 : 72% Lu ≥ 30 : 12%
(B)	Most cracks weathered to brown Hard somewhat brittle Cracky~very cracky and cracks somewhat loosened Including shear zones	29000	41000	Lu < 1 : 28% Lu < 5 : 42% Lu ≥ 30 : 31%

Note D : Modulus of deformation (kgf/cm²)
 Es Secant modulus of elasticity (kgf/cm²)
 Lu Lugeon value (l/m/min/10kgf/cm²)
 X marked values include the percentages of water leakage



ÇORUH RIVER HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT

YUSUFELİ PROJECT













GEOLOGY

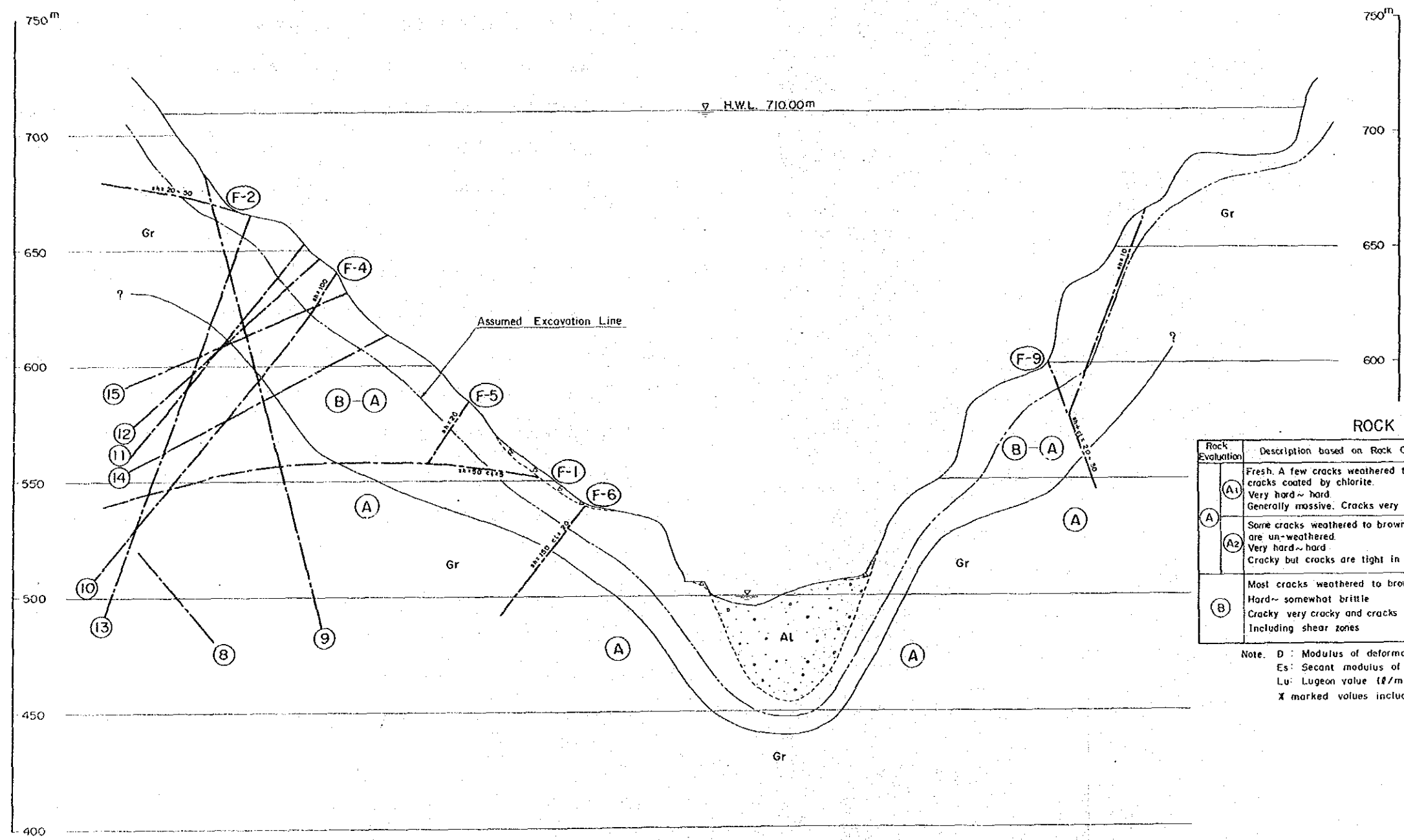
DAM SECTION A-A'

Fig. 7-3 DECEMBER 1986

Section C - C'

LEGEND

-  Slope wash
-  Alluvium
-  Granophyre, diabase, granite granodiorite complex
-  Geologic boundary
-  Fault (thickness is not less than 10cm confirmed by surface geological survey where
-  (F-6) : Fault name corresponding to geologic plan
-  sh : Thickness of shear in cm
-  cl : Thickness of clay in cm
-  Fault (thickness is less than 10cm confirmed by surface geological survey, where the description of fault is eliminated.
-  (18) Fault (thickness is not less than 10cm) confirmed in adits where
-  (18) : Fault number corresponding to logs of adits
-  (B) / (A) Rock evaluation and its boundary



ROCK EVALUATION

Rock Evaluation	Description based on Rock Classification	D	Es	Lu
(A1)	Fresh. A few cracks weathered to brown. Or some cracks coated by chlorite. Very hard~hard. Generally massive. Cracks very tight	68000 \$ 114000	80000 \$ 156000	Lu<1: 49% Lu<5: 63% Lu<30: 12%
(A2)	Some cracks weathered to brown. But rock fragments are un-weathered. Very hard~hard. Cracky but cracks are tight in general	86000 \$ 142000	113000 \$ 210000	Lu<1: 48% Lu<5: 72% Lu<30: 12%
(B)	Most cracks weathered to brown. Hard~ somewhat brittle. Cracky very cracky and cracks somewhat loosened. Including shear zones	29000 \$ 78000	41000 \$ 107000	Lu<1: 28% Lu<5: 42% Lu<30: 31%

Note. D : Modulus of deformation (kgf/cm²)
 Es: Secant modulus of elasticity (kgf/cm²)
 Lu: Lugeon value (l/m/min/10kgf/cm²)
 X marked values include the percentages of water leakage

ÇORUH RIVER HYDROELECTRIC
 POWER DEVELOPMENT PROJECT

 YUSUFELİ PROJECT
 GEOLOGY
 DAM SECTION C - C'

 Fig. 7-4 DECEMBER 1986

(c) 土木地質的考察

i) 風化

Yusufeliダムサイトの基盤岩石における風化の特徴は次の通りである。

- ・一般に岩盤は新鮮であり、風化による変質や岩質の劣化は少ない。また岩種ごとに風化形態の違いは少ない。
- ・しばしば花崗岩地域には風化が進んで鉱物単位に分解し、砂状を呈する現象がみられるが、当ダムサイトでは、このような風化による分解現象は非常に少なく、横坑RA-4のTD. 17 mのside wallに局所的にみられるのみである。このような風化の少ない原因としてのひとつとして、当地域の基盤岩石には一般に造岩鉱物がしっかりとかみあう特徴を有する半深成岩的な組織をもったものが多く、粗粒で風化すると鉱物単位に分解する特徴のある深成岩的な組織をもつものが少ないことがあげられる。
- ・当地点では、岩盤内の不連続面すなわち亀裂節理、断層などに添って酸化作用が進み、茶褐色に変色する風化が一般的な形態である。これは不連続面に添って地表水がしみこんだ際に発生したものと考えられる。

もっともこの種の風化は不連続面に見られるにすぎず、不連続面が若干分離しやすくなっている程度であり、岩石内部まで風化が進行しているのは非常に少ない。

- ・上のような酸化作用とは異なり、不連続面に緑泥石のフィルムが挟在しているような変質現象がしばしばみられる。酸化作用と同様に不連続面が若干分離しやすくなっている。

これは火成岩の貫入後の後生的な熱水変質によるものと考えられる。この変質現象が不連続面にとどまらず、岩石の内部まで侵入していることがある。

例えば横坑RA-4のTD. 10m付近では最大幅、約1mに亘って著しい変質がみられ、ハンマー先端で掘れる程度に軟質化している。しかし、このような著しい変質現象は局所的なものであり、連続性は少ない。

- ・前述の酸化作用を伴う割れ目の風化は、一般に左岸アバットメントで著しく、河床部から右岸に向かうに従って、微弱になる傾向がある。

ほとんどの割れ目がこのような茶褐色に変色する風化（岩盤分類の風化ランク3に相当）が及ぶ深度は以下の通りである。なお、以下に述べる深度は岩盤表面からの鉛直深度である。

左岸アバットメントでは、高標高部で16m程度（ボーリングLS-13）、中標高部で39.5m（ボーリングLS-9）、そして低標高部で18.8m（ボーリングLS-3）である。

河床部では左岸で14.7m（ボーリングLS-1）、最も沖積層の厚い、すなわち岩盤の最も下刻された付近で2.35m（ボーリングRS-8）と浅く、また右岸側では21.3m（ボーリングRS-5）である。

右岸のアバットメントでは一般に風化ランク3に相当するような風化はまれであり、一般に新鮮である。

なお、以上に述べた深度より深い部分では、断層や主節理などの不連続面に沿う局所的な風化がみられる程度であり、岩盤は概して新鮮である。

・ Fig. 7-5 は深度と風化の関係を示したもので、このグラフより次の様な傾向を読むことが出来る。

* 一般に、風化程度3よりも強い風化は、極めてまれである。

* 風化程度3は、主として、地表よりの深度50m以浅に発達する。

* 最も一般的な風化程度は、1.5～2.0であり、これら程度に属する風化は、主として、地表より100m以浅に分布する。

* 全般に、当ダムサイトの風化は弱く、特に、50m以深にその傾向が強く見られる。

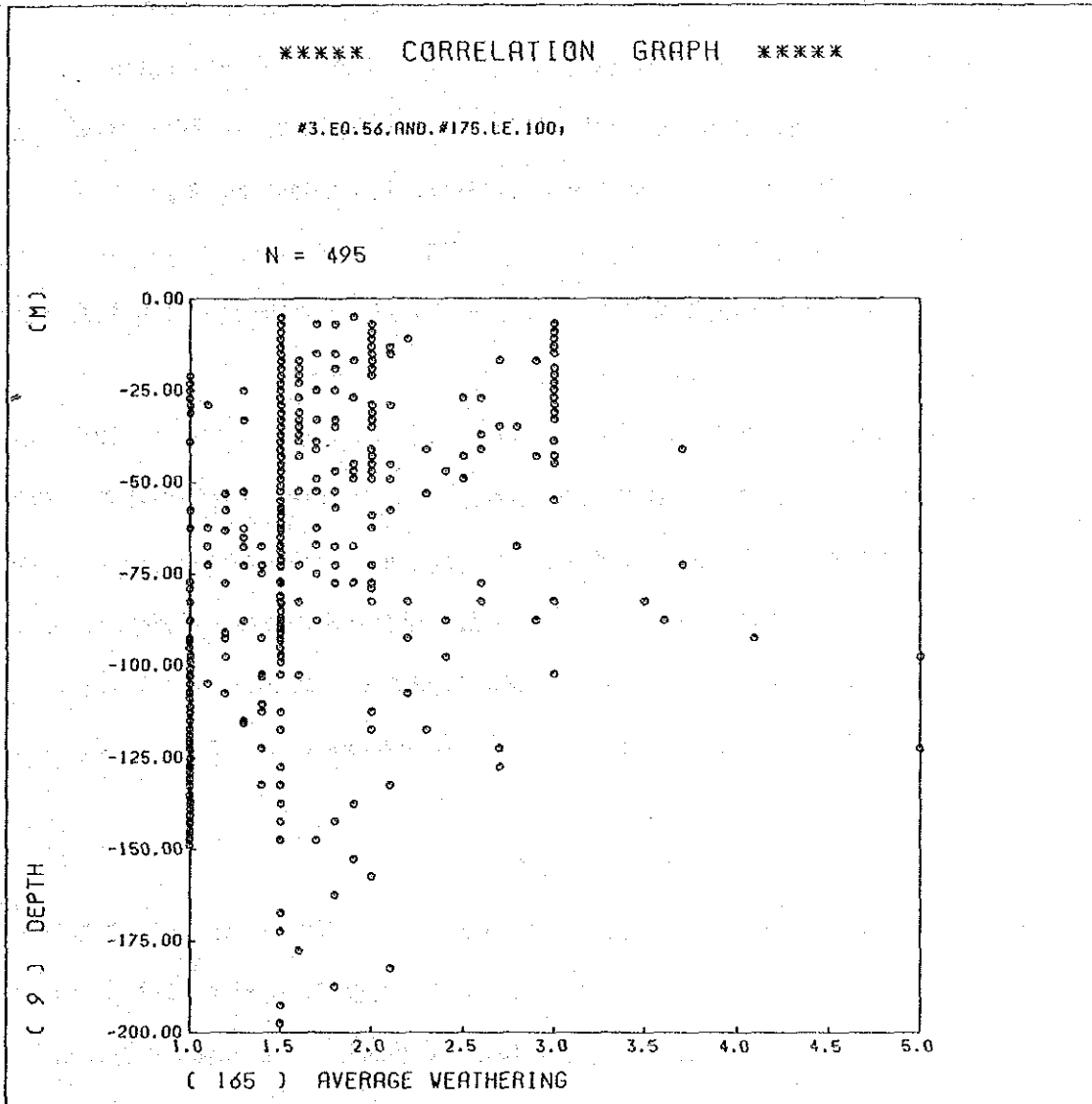


Fig. 7-5 Correlation graph, Depth – Weathering

ii) 硬 さ

各岩種とも非常に堅硬であり、硬さと云う要素については岩種ごとに有意の差はない。

硬さの劣る所としては、断層破碎帯や前項で述べた著しく緑泥石化作用をこおむった局所的な部分である。

以上のような局所的な軟質部をのぞくと、ダムサイトの基盤岩石は一樣に十分な硬さを有している。

iii) 不連続断面

岩盤内にある不連続面としては、当ダムサイトの地質的特性から断層、節理、亀裂、及び接触面が列挙される。各不連続面の特徴は以下の通りである。

断 層

地表踏査及び横坑の地質観察により方向性の確認された断層については次のように名称が付けられている。

地表踏査により確認された10cm以上の破碎幅をもつ断層にはP-1 ~ P-12までの名称が付けられているが、それ未満の小断片については特に名称をつけていない。

一方、横坑内で確認された断層のうち10cm以上の破碎幅をもつものには①~④までの番号が付けられている。また同様に破碎幅が10cm未満の小断層については特に番号を付けていない。名称あるいは番号のついた断層をTable 7-7 に示す。地質平面及び断面又横坑展開図においては上記の方法により名称あるいは番号が付記されている。

断層の一般的性状は以下の通りである。

- ・断層は一般に、粘土を伴って破碎されているが、それらが地下水位以高に位置する時は、十分固く締まっている。しかし、地下水面以下に位置する時は、例えば横坑LA-2, T092m - 102m 間で見られる様に、破碎帯やslickenside に伴う粘土は、簡単に、ハンマーで掘れる程度に、軟質化している。上述した状況には、十分な注意が必要である。
- ・断層の幅はさまざまであり、1cm程度の破碎幅をもつ小断層から、破碎幅が150cm (例えばP-6断層) に達するものもある。
- ・地表では、断層破碎帯が侵食されて、しばしば断層線に沿って沢型が形成されている。この例としてダムサイト左岸のP-1、P-2、P-3、P-12、右岸のP-9、P-8、

F-10などが挙げられている。

また左岸のF-6は、アーチダム軸の直上流で鞍部を形成している。

- ・断層の方向性についてはFig7-6,7及び8に示すように、シュミットネットを用いて計152の断層の方向について検討した。

両者とも各象限に散らばっているものの、中でも走向がNEで傾斜がNWの象限に比較的集中する傾向がみられる。すなわち、川の流路(N50°E)とほぼ平行し、左岸側に傾斜する断層が多い。

- ・位置的に断層の傾度をみると、左岸に多く、右岸に少ない傾向がある。また河床にはボーリングで下記の通り断層破砕帯が見つかったが、その方向性については不明である。

ボーリングRS-5 : 深度 36.75~46.8m及び51.0~58.05m

ボーリングRSI-11: 深度 45.7~50.7m、62.9~81.55m

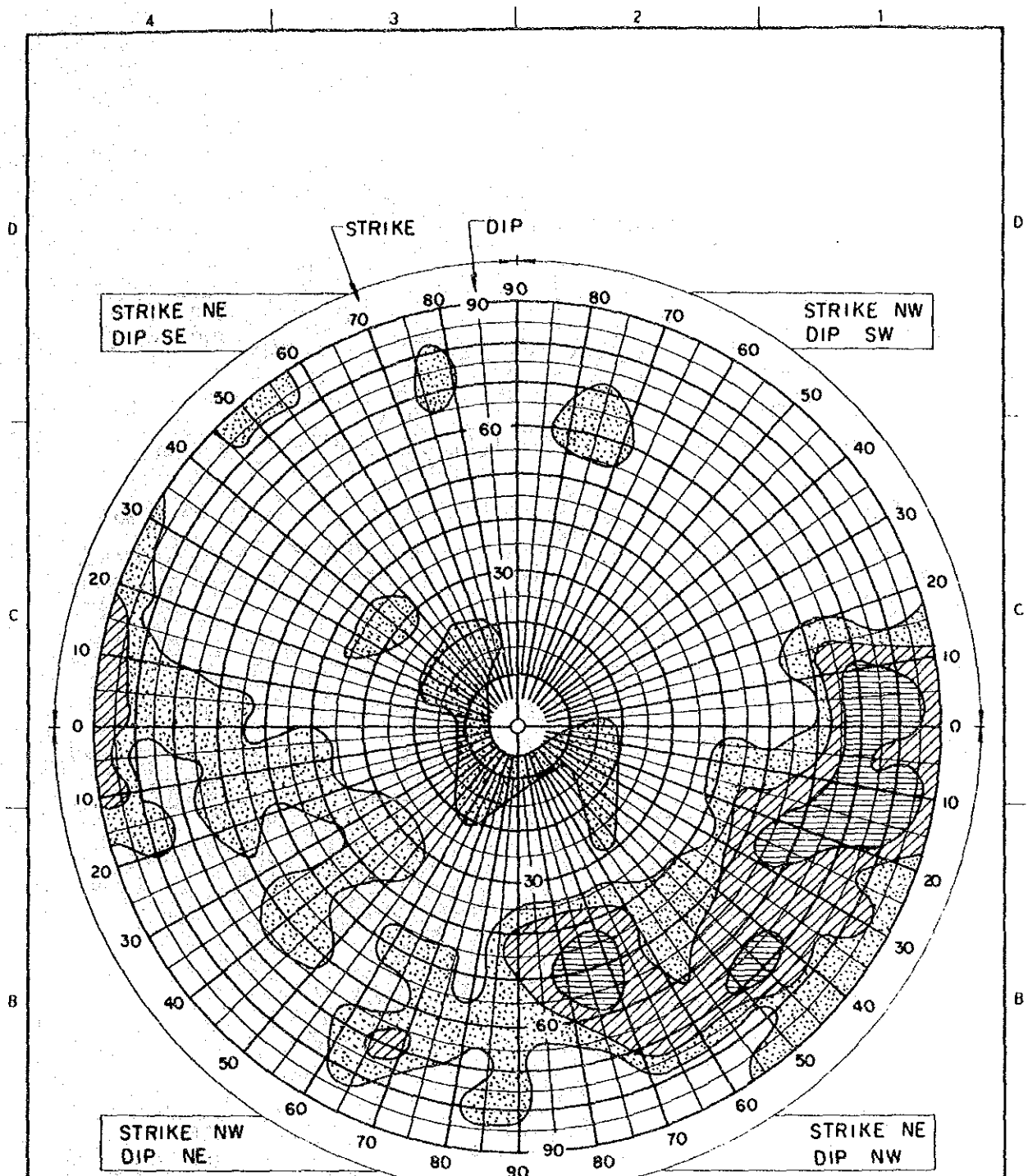
83.05~84.0m、89.0~90.8m

102.8~106.4m及び123.0~131.0m

アーチダム軸付近についてはボーリングや横坑がほとんどないことから、詳細な地質状況は明らかではない。アーチダム案が採用された場合には、アーチダムの基礎には大きなせん断応力がかかることから、弱層としての断層の方向性や規模について十分な調査が必要であろう。





Table 7-7 List of Remarkable Fault

Name or No.	Strike and dip	Width (cm) sh : shear cl : clay br : breccia	Location, continuity and other features
F-1	NS, 65°E	Sh=50, cl=5	On the left bank, at the immediate upstream of the arch dam axis Dipped downstreamly, eroded to form a valley Continues at least 100 m
F-2	N5~18°E, 46~60°SE N10°W, 62°NE	sh=20~50 sh=20~40	On the left bank, at the immediate downstream of the arch dam axis Dipped downstreamly, eroded to form a valley Continues at least 200 m
F-3	N0~10°W 75~90°W	max. sh+cl=130	On the left bank, 200 m downstream of the arch dam axis Eroded to form a steep valley Continues at least 250 m
F-4	N40°E, 65°NW	sh=100	On the left bank, crossing the arch dam axis Dipped toward the mountain, continues at least 150 m
F-5	N10~25°E, 65~75°NW	sh=20~60	On the left bank, roughly parallel to F-3 Continues at least 150 m
F-6	N40~68°E 55~68°NW	max. sh=150 cl=20	On the left bank, parallel to the river, dipped to the mountain side Continues at least 250 m, corresponding to Fault 18 of LA-2
F-7	N50~60°E 88~90°SE	sh+cl=10~15	On the right bank, parallel to the river Continues at least 90 m
F-8	N15~45°E 82~92°NW	sh=20~30	On the right bank Continues at least 80 m
F-9	N5°E, 70°SE	sh+cl=20~30	On the right bank, crossing the arch dam axis Dipped toward the mountain Eroded to form a steep valley Continues at least 200 m
F-10	N80°W, 48°N	sh=50~130 cl=20~40	On the right bank, 200 m downstream of the arch dam axis Continues at least 50 m
F-11	N15°E, 60°NW	sh+cl=40	On the left bank, sloped toward the mountain Continues at least 100 m
F-12	N25°E, 60°NW	sh+cl=60	On the left bank, 200 m downstream of the arch dam axis Eroded to form a steep valley
F-13	N30°E, 60~70°NW	sh=20~30	On the right bank, dipped toward the river Continues at least 60 m
1	N24°E, 55°NW	sh=5~40	LA-3(I) The following is faults which are identified in the adits as having relatively good continuity
2	N20°W, 62°W	sh=10~25	LA-3(I)
3	N18°E, 53°W	sh+cl=20	LA-3(I)
4	N40°E, 52°W	sh+cl=10~20	LA-3(I)
5	N3°W, 70°W	sh=20~30	LA-3(I)
6	N30°W, 40°E	sh+cl=5~20	LA-3(I)
7	N15°W, 55°E	sh=15~30	LA-3(II)
8	N10°W, 75°W	sh+cl=5~15	LA-3(II)
9	N60°E, 78°SE	br+cl=5~15	LA-3(II)
10	N40°E, 65°NW	sh+cl=15~30	LA-3(II)
11	N75°E, 52°N	cl+sh=20~30	LA-3(II)
12	N75°E, 45°N	cl+sh=15~20	LA-3(II)
13	N75°W, 68°N	sh+cl=1~3	LA-3(II), fracture zone is formed between 10 to 13 (10 m in width)
14	N20~25°E, 55°~78°W	sh+cl=5~30	LA-3(II)
15	N60~65°W 15~25°NE	sh=2~30	LA-3(II)
16	N73°W, 64°N	sh=5~30 cl=1~2	LA-2
17	N17°W, 60°W	cl=1~3 sh=5~15	LA-2
18	N68°E, 50°NW	cl+sh=50~80	LA-2, corresponding to F-6 fault
19	N84°E, 39°N	sh=1~20 cl=1~3	LA-2
20	N35°E, 89°W	sh+cl=5~25	RA-1
21	N43°E, 35°E	sh+cl=10~20	RA-1
22	N50°E, 68°N	sh=10~15	RA-1
23	N55°E, 68°N	sh=5~20	RA-1
24	N50°E, 72°N	sh=10	RA-4



Concentration Percentages

Number of sample : 152

-  0 ~ 1 %
-  1 ~ 2 %
-  2 ~ 4 %
-  4 ~ 8 %

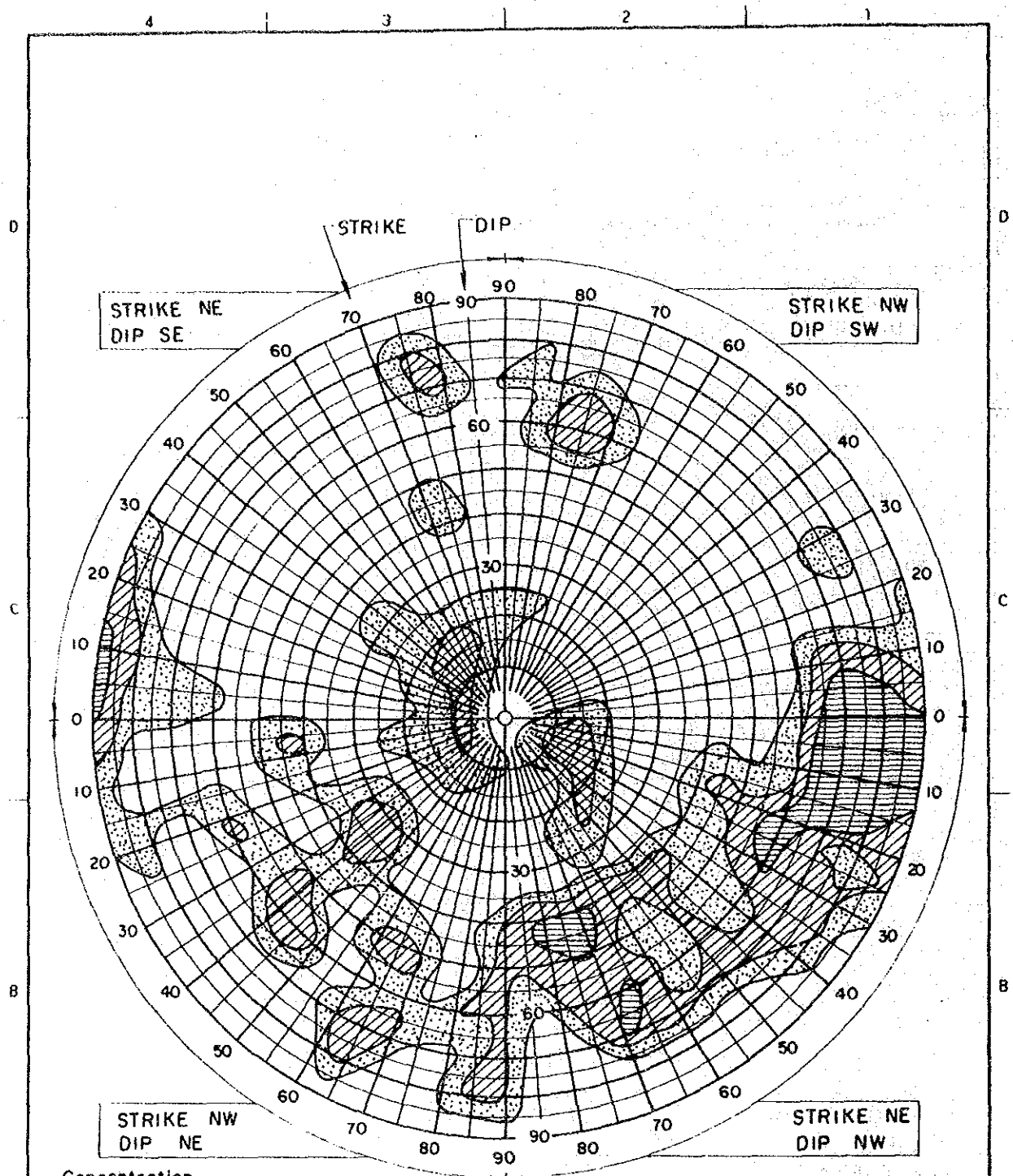
EQUATORIAL NET OF LOWER REFERENCE HEMISPHERE IN EQUAL-AREA PROJECTION WITH NUMERATION FOR POLE DIAGRAMS.

Note : Faults projected herein are all the faults measured at the damsite.

YUSUFELI DAMSITE	
FREQUENCY OF FAULT (1-3)	





LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
REVISION			

Fig. 7-6



Concentration Percentages

Number of sample : 96

-  0 ~ 1 %
-  1 ~ 2 %
-  2 ~ 4 %
-  4 ~ 8 %

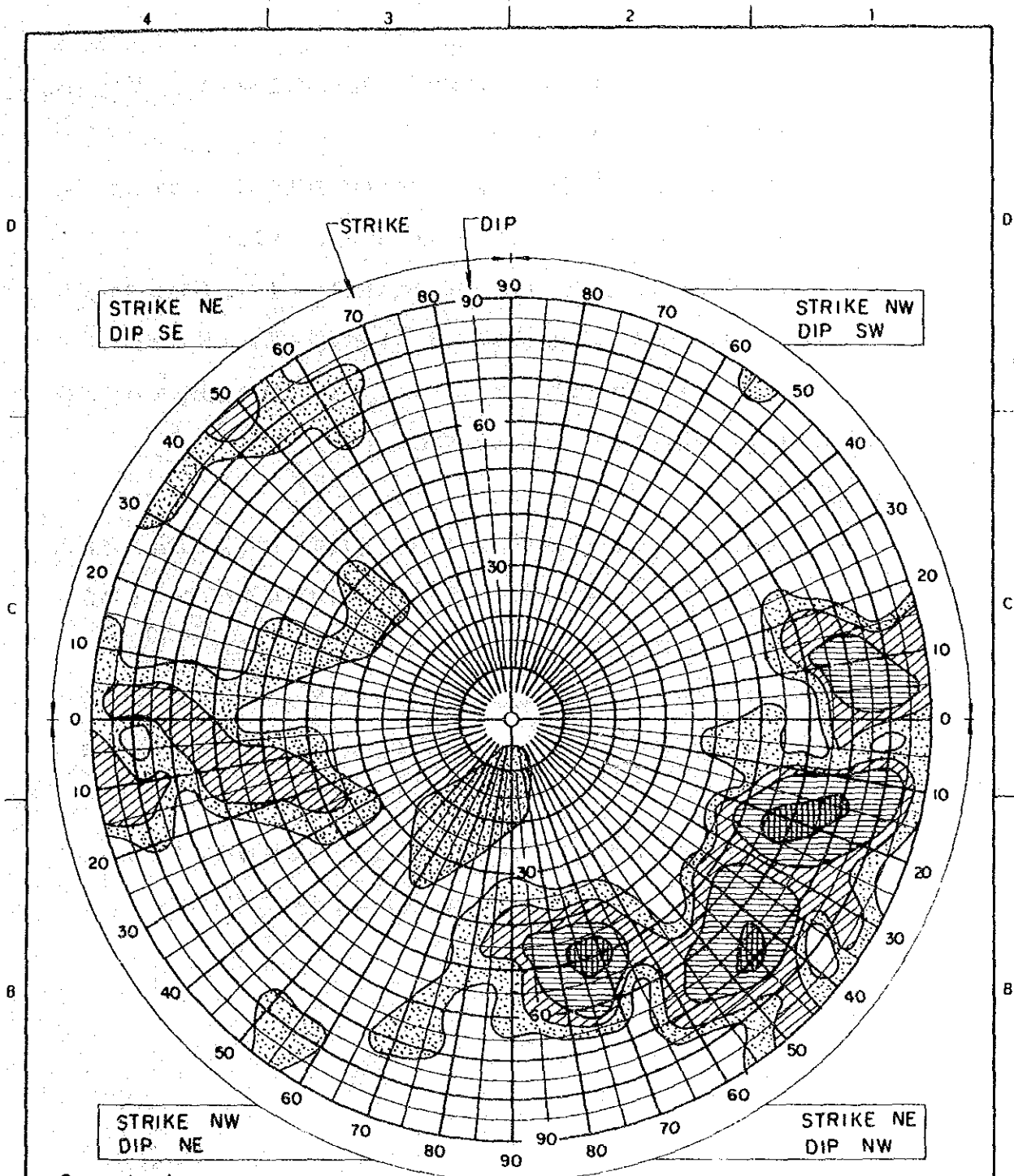
EQUATORIAL NET OF LOWER REFERENCE HEMISPHERE IN EQUAL-AREA PROJECTION WITH NUMERATION FOR POLE DIAGRAMS.

Note: The thicknesses of faults projected herein are less than 10 cm.

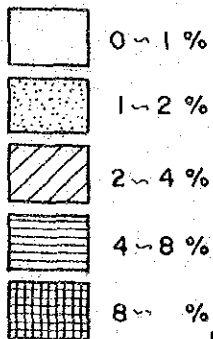
YUSUFELI DAMSITE	
FREQUENCY OF FAULT (2-3)	

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
REVISION			

Fig. 7-7



Concentration Percentages



EQUATORIAL NET OF LOWER REFERENCE HEMISPHERE IN EQUAL-AREA PROJECTION WITH NUMERATION FOR POLE DIAGRAMS.

Note: The thicknesses of faults projected herein are not less than 10cm.

Number of sample : 56

YUSUFELI DAMSITE
FREQUENCY OF FAULT (3-3)

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
		REVISION	

Fig 7-8

節理及び亀裂

- ・節理及び亀裂は風化部では、茶褐色に変色し、若干分離しやすくなっているが、その他の部分では非常に密着している。
- ・節理についてはE I Eの調査により計 2,910本の方向性が測定されており、その結果はシュミット・ネット (Fig. 7-9) にまとめられている。

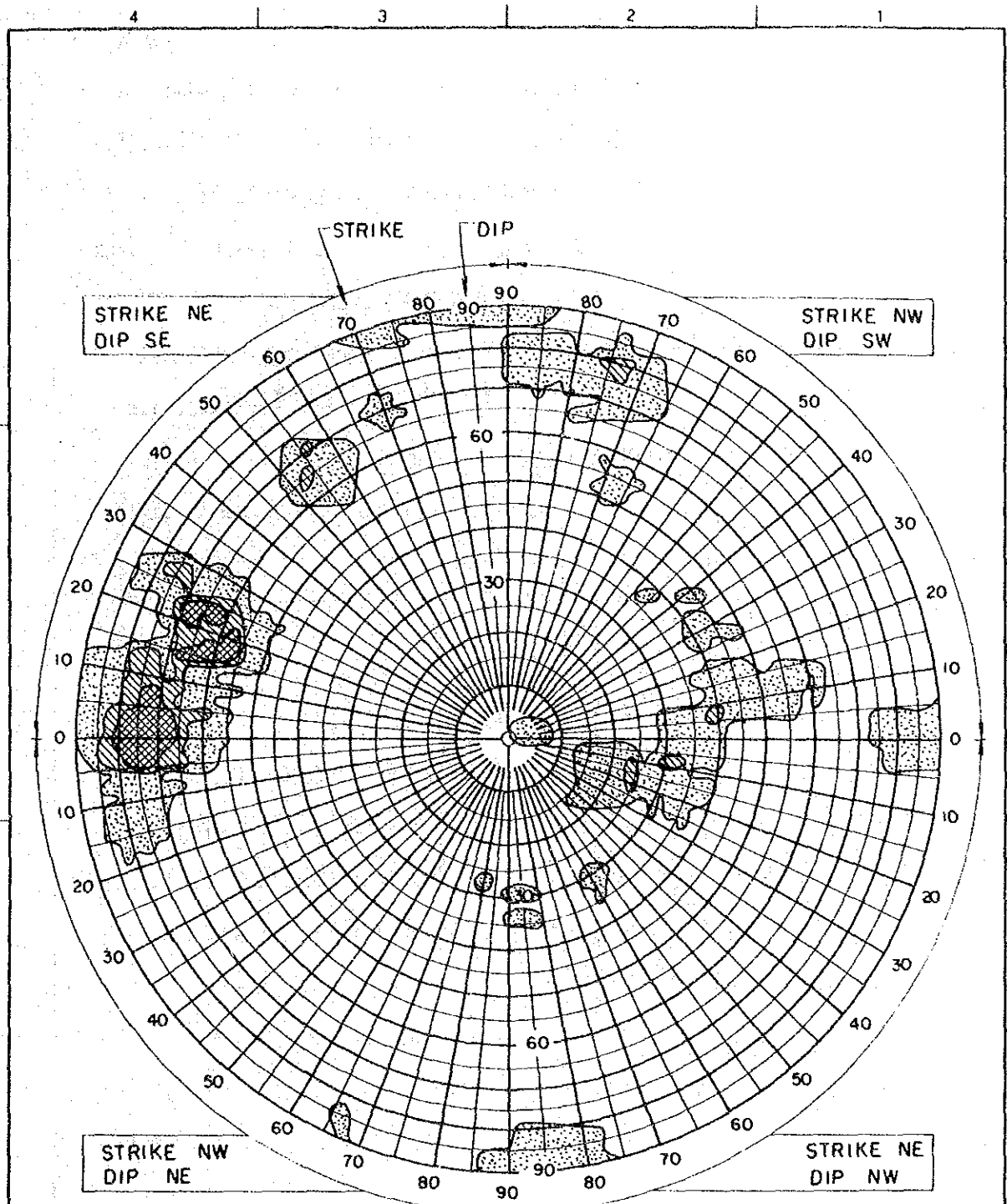
これによれば走向がNSで東に $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ で急傾斜したものが多いものの、各象限に散らばっており、巨視的にみるとありとあらゆる方向の節理が発達している。このことは、すなわち、当ダムサイトの岩盤は節理に関しては巨視的に等方性をもつものと云うことが可能である。

火成岩接触面

前述の通り、当ダムサイトの基盤岩石は、全て火成岩であり夫々が相当に貫入しあった複合岩体である。従って個々の岩体の境界部は断層で接している場合もあるが、火成岩の接触面を形成している場合も多い。





火成岩の接触面は、しばしば幅数cm程度の破碎部を伴うことがあるが、完全に密着した接触面をもつ場合もある。破碎部を伴うものでも微視的には良く締まっている。

火成岩の接触面の方向性については、連続するひとつの接触面でもとう曲していると云う例が多いので、シュミット・ネットによる検討は実施していない。



Concentration Percentages

Number of sample : 2910

-  0~2%
-  2~4%
-  4~6%
-  ≥ 6%

EQUATORIAL NET OF LOWER REFERENCE HEMISPHERE IN EQUAL-AREA PROJECTION WITH NUMERATION FOR POLE DIAGRAMS.

Note: Measurement results were based on the investigation performed by EIE.

YUSUFELI DAMSITE	
FREQUENCY OF JOINT	
Fig. 7-9	

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
REVISION			

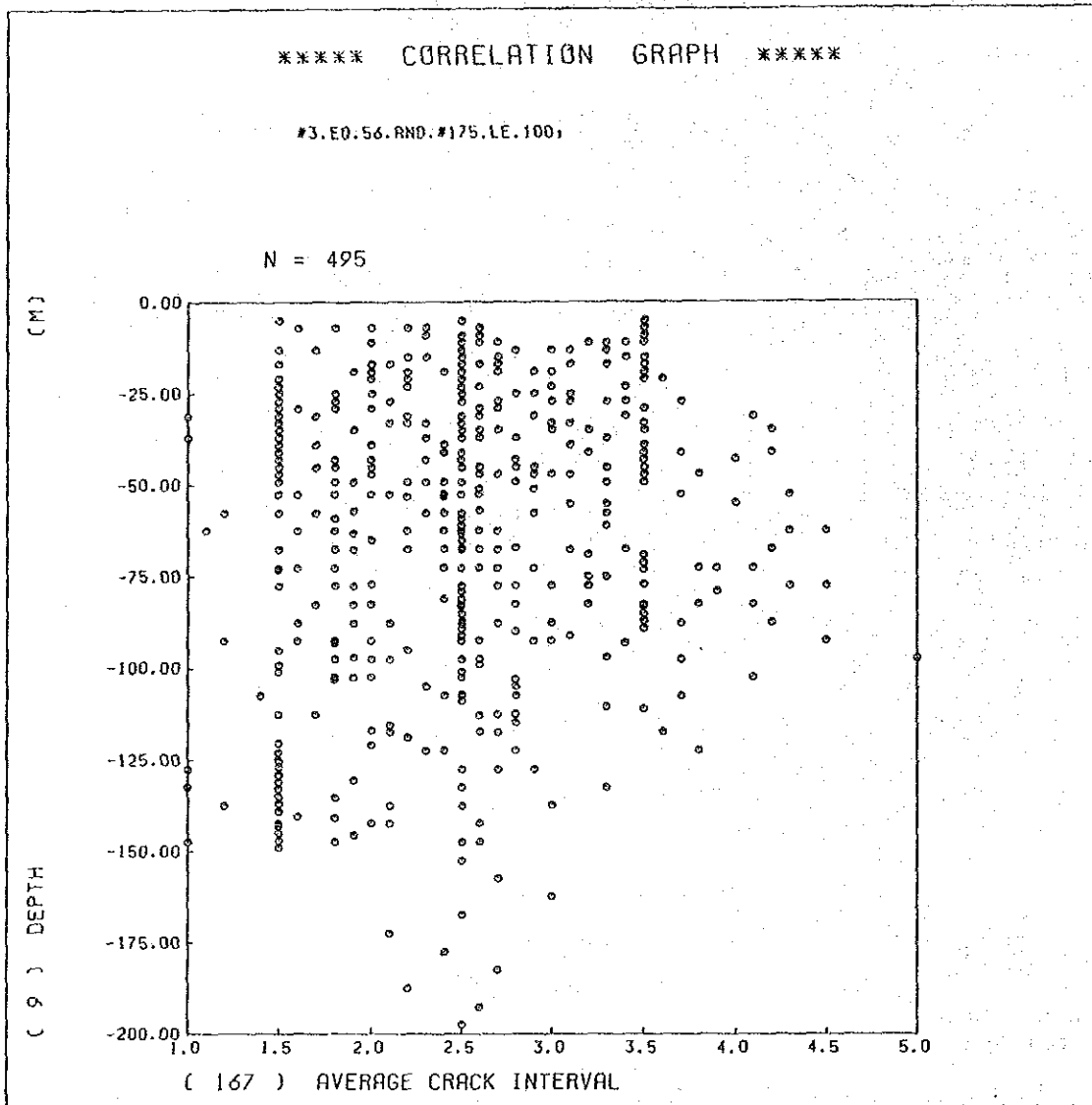


Fig. 7-10 Correlation graph, Depth – Crack Interval

vi) 透水性

透水試験はボーリング孔を利用したLugeonテストであり、ダムサイトにおいては合計17孔のボーリング 574ステージ、1,701mの区間で実施された。

これらは斜面堆積物および沖積層から構成される表層の堆積物を除く基礎岩盤を対象とし、原則として、夫々浅部では2m、深部では5mのテスト区間で実施された。透水データは次の方法で解析された。

・試験結果であるLugeon値(Lu)は全て10kgf/cm²の注入圧での注入量(単位ℓ/m/min/10kgf/cm²)である。

従って、何らの理由により注入圧が10kgf/cm²まで上げられなかったものについては、次式により換算した値を使用した。

$$Lu = \frac{10Q}{P \cdot \ell}$$

ここで Q : 注入量 (ℓ/min)

ℓ : length of test section (m)

P : 注入圧 (kgf/cm²)

・注入圧が全く上がらなかった (P = 0 kgf/cm²) ものはwater leakage としてここでは定義したが、以下に述べるグルーピングにおいては、圧力がゼロの時の注入量 (ℓ/m/min) を仮のLugeon値として扱った。

・ダムの地質断面 (A-A' 断面) にボーリング孔を投影しFig. 7-11に示すルジオンマップを作成した。この際のグルーピングに際しては、次の4つの階級に分類した。なお、ボーリング・コアの観察から、コアの状況とルジオン値に著しい差が認められるような特例は無視した。

① Lu < 1

② 1 ≤ Lu < 5

③ 5 ≤ Lu < 30

④ Lu ≥ 30

ダムサイトの透水性を位置的にみると、下記の通りである。

・左岸は低標高部も高標高部も全体に透水性が大きい。

深部に向かうに従いLu ≥ 30のゾーン、5 ≤ Lu < 30のゾーン、1 ≤ Lu < 5のゾーンと順次透水性は小さくなるが、その下位に5 ≤ Lu < 30のゾーンがみられる。

$Lu < 1$ の不透水層の上面は標高 450~500m 付近にみられる。

- ・河床部は岩盤表面の 5~10m 程度に $Lu > 5$ のゾーンがみられるが、それ以深では $Lu < 1$ の不透水層である。河床部の右岸側には前項で述べたようにボーリングで破碎帯が確認されているが、破碎帯に粘土が伴われる為、透水性は非常に小さく、 $Lu < 1$ である。
- ・右岸はボーリングが少なく、特に高標高部の透水性は不明である。中標高部以下の岩盤では表層の $Lu \geq 30$ のゾーンをすぎると $Lu < 1$ の不透水層に到達する。
- ・Fig. 7-11 は深度とルチオン値の関係を示している。このグラフより次の様な傾向が読み取れる。

* 一般に、大きなルチオン値はそれ程多くは見られない。そして、たとえ、大きなルチオン値が存在しても、それらは、地表付近（地表より 50m 以内）に位置している。

* 地表より 50m 以内のルチオン値は、幅広く（0 Lu ~ 100 Lu ）散在する。しかし、50m 以深においては、深度に応じて集中する傾向が見られ、20 Lu 以上のルチオン値は、深度 50m 以深では非常に少なくする。

以上は、ロックフィルダムタイプのダム軸周辺の透水性をまとめたものであり、アーチダム軸付近についてはボーリングがないため、詳細は不明である。しかしながら、周辺の地質状況を総合的にみるとアーチダム軸付近の地質状態がロックフィルダム軸付近とほぼ同様であることから、透水性に関しても上述の傾向があると考えられる。今後アーチダム案が採用された場合には、アーチダムの基礎の透水性が重要な問題となるので、詳細な透水試験の実施が必要となろう。

なお、ダムサイトの基礎の透水性は岩質から判断して鉱物粒子間を浸透するタイプの透水性ではなく、亀裂内を通る透水性であるので、通常のグラウチングにより十分な止水処理が可能であると考えられる。

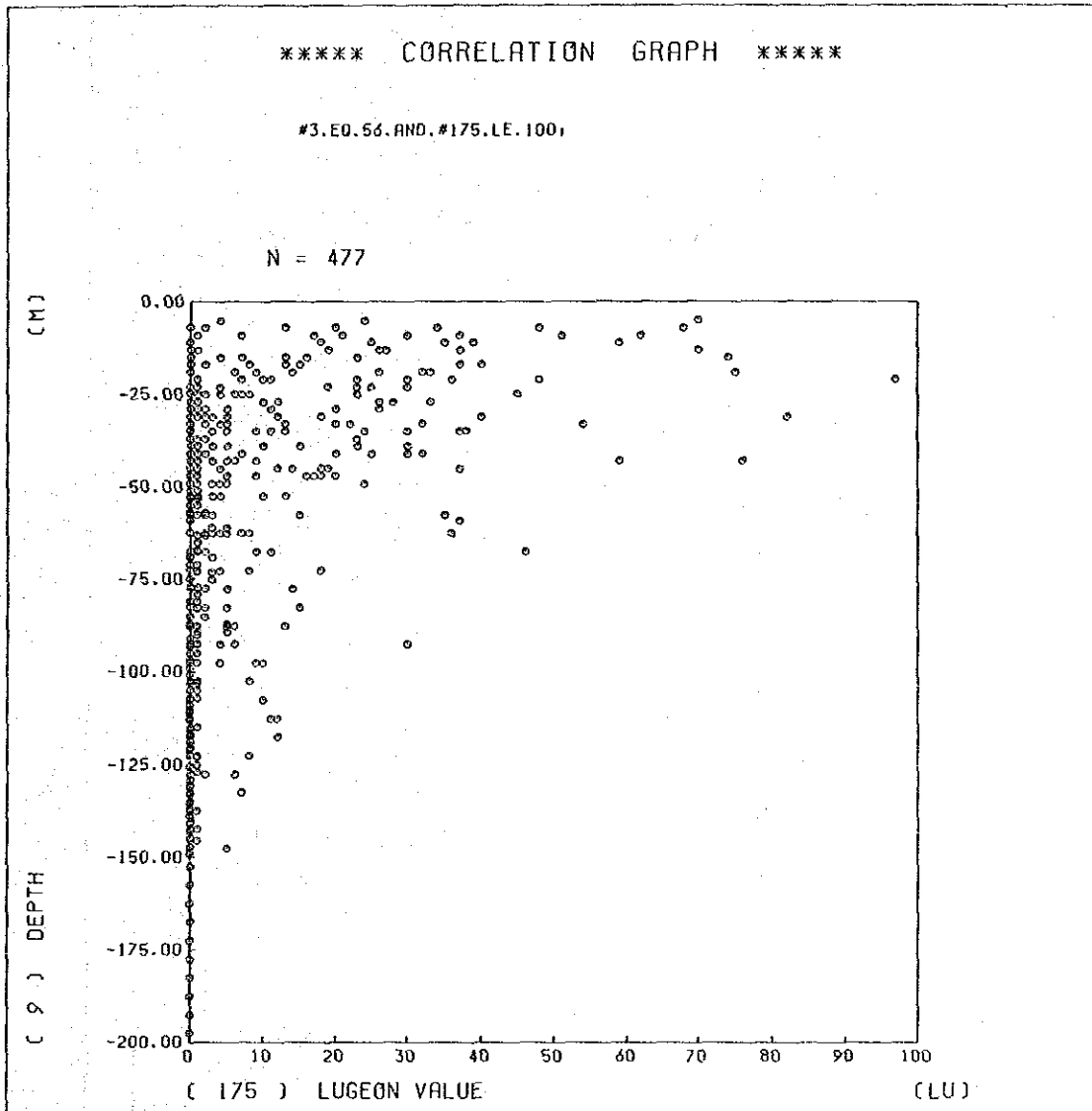
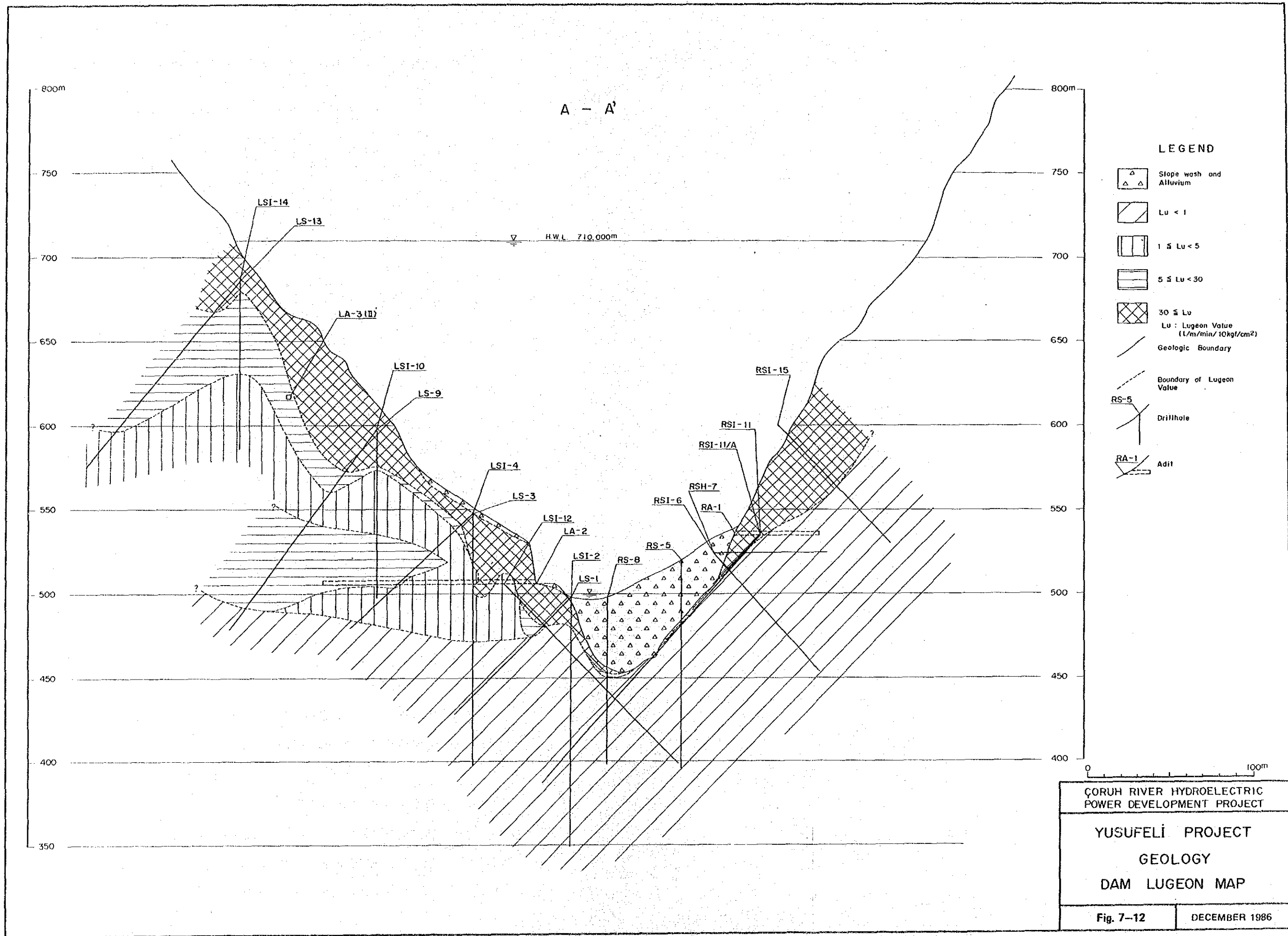


Fig. 7-11 Correlation graph, Depth — Lugeon Value



v) 地下水

現在までに入手したダムサイトの地下水データはTable 7-8に示す通りである。

Table 7-8 Elevation of Ground-water Level

位 置	地 下 水 標 高	備 考
左岸ボーリングLS-9	499 m	深度 98 m
左岸ボーリングLS-3	496 m	深度 51.5 m
河床左岸ボーリングLS-1	497 m	深度 2 m
河床右岸ボーリングRS-5	500 m	深度 22 m
右岸横坑RA-1	535 m	TD42m以奥
左岸横坑LA-2	506 m	TD92m以奥

以上は濁水期の最も地下水位の低い時のものであり、各ボーリング孔においては季節変化で地下水面が若干上昇することはある。しかし、Table 7-8の数少ないデータにもあらわれている通り、左岸は全般に地下水面が低く、他方右岸は横坑RA-1で地下水面がみられるなど、地形と対応して地下水面が上昇する傾向がある。

ダムサイト周辺地域の降水量が年間 350～400mmと少ない乾燥した地域であるので、全般に地下水の供給が少ないと云う判断も可能であるが、地下水面の高低には地質的な要素、すなわち岩盤の亀裂傾度が大きく関係していると考えられることから判断すると、右岸にくらべ左岸は亀裂に富むと云うことが可能である。

vi) 岩盤分類と岩盤評価

基本的理解

Yusufeliダムサイトの基礎岩盤が、計画ダムの基礎として評価されるに当たって、この報告書では、岩盤分類 (Rock classification) と岩盤評価 (Rock evaluation) は下記のように理解されている。

岩盤分類は、基礎岩石の持つ地質的および地質工学的特性とある基準に基づいて分類することであると理解している。従って、岩盤分類の結果には、ダム、トンネル、発電所等の構造物の種類や規模に関する要素は考慮されていない。そして、このような岩盤分類の結果は、次に述べる岩盤評価 (Rock evaluation) を実

施するための基本資料として使われるべきものと理解している。

基盤岩石が、その上に構築される構造物の種類や規模を考慮して、その構造物の基礎としての適応性を評価されることが岩盤評価であると理解している。従って、岩盤評価は、岩盤分類の結果、基盤岩石の力学的や水理的特性、構造物の種類や規模などを総合的に解析した結果であると理解している。

岩盤分類

基礎岩盤の持つ硬さ、風化および不連続面の3要素は、その岩石の地質的特徴や構造物基礎としての地質工学的性質に影響を与える基本的な要素である。従って、もしこれら3要素が客観的に等級によって表示することが出来るならば、基盤岩石が本来的に持つ地質的特性や地質工学的特性を分級することが可能になる。

硬さ、風化、不連続面の3要素を等級によって表示するためには、地表露頭、調査横坑およびボーリングコア等を詳細に記録し、解析する必要がある。その他に、原位置試験や室内試験結果などの定量的資料を利用することも考えられる。しかし、一般的には、地表地質調査、調査横坑やボーリングコアによる情報は、調査の早い時期から、どこのダムサイトにおいても収集可能であるが、原位置試験や室内試験は、すべてのダムサイトにおいて実施されているとは限らない。また、調査のある時期に実施されたとしても、試験数が限られている。

従って、Yusufeliダムサイトにおける岩盤分類は、調査横坑とボーリングコアの観察から得られた3要素に関する情報をTable 7-9 および10に基づいて等級づけし、ボーリング孔を利用した透水試験データや横坑内で実施した岩盤力学試験などの原位置試験結果は岩盤評価を実施するための資料として使用した。なお、これら岩盤分類から岩盤評価に至るフローはFig. 7-13に示した通りである。

岩盤評価

既に述べたとおり、基盤岩石の持つ硬さ、風化、不連続面の3要素はTable 7-9 および10に基づいて等級づけ出来る。しかし、この分類は3要素を客観的に等級区分したにすぎず、基盤岩石上に構築される構造物の種類や規模は考慮されていない。従って、この分類は、構築される構造物や原位置試験の定量的な結果を考慮した上で、グルーピングされ、評価されなければならない。その作業が岩盤評価であると理解している。

Yusufeliダムサイトの岩盤評価はTable 7-11に示すとおりである。

肉眼観察のみによる岩盤評価では岩盤の定性的特徴からTable 7-11に示すようにA₁、A₂及びBの3サブグループに分類することができる。しかし、これに原位置岩盤試験や透水性結果を加えて、総合的に検討した岩盤評価では、A₁とA₂サブグループ間に有意の差はほとんどみられないので両者を統合してAグループとし、全体でAとBの2グループに区分した。今後試験数量が増えるに従ってより細分化した岩盤評価が可能となろう。

Table 7-11からYusufeliダムサイトの基礎岩盤を評価すると、下記のとおりである。

- Yusufeliダムサイトの基礎岩石は必要な基礎処理を行うことで、高さ270mのコンクリートアーチダム築造に支障ないものと評価出来る。
- 横坑やボーリングコアの肉眼観察の資料（殊に、不連続面の数と不連続面の風化の程度）に基づくと、岩盤評価A₁とA₂グループに分類できるが、原位置試験（透水試験と岩盤力学試験）の結果では両者の差はほとんど見られない。
- 岩盤評価B groupにおいても、岩片自体は十分堅硬であるが、上記した不連続面の数とその風化状況がA groupに比べて著しいため、原位置試験の結果に差が生じたものと判断出来る。
- B groupには、横坑やボーリングコアの観察結果では破碎帯（又は亀裂帯）と判断される輝緑岩の貫入岩をも含めている。このような個所における原位置試験結果は顕著に悪くはない。このことは、このような個所の貫入岩の顕著な亀裂は、方解石脈によって充填されていることに起因するものと判断出来る。
- 上記のような破碎帯の他に、粘土を伴った破碎帯が横坑内で観察される。

このような破碎帯のうち、厚さ10cm以上のものを、水平断面や垂直断面上に延長させると、彼等が集中する個所が生じる。このような個所は、基盤の深部で、しかもボーリングにて確認されていない。従って、今回の報告書の岩盤評価は、既述のような個所を特別に考慮しないで行われている。一般に、上述した破碎帯は、地下水面以高では、横坑LA-3で見られるように、よく締まっている。しかし、これら破碎帯が地下水や将来貯水池の水で充填された場合は、横坑LA-2で見られるように、軟質化する。従って、上記の、破碎帯が集中する個所の基礎処理は、今後注意深く検討される必要がある。

なお、岩盤評価結果はロックフィルダム軸及びアーチダム軸に沿った断面（各々Fig.7-3 および4）に示される。

・ロックフィルダムの場合

ロックフィルの場合は、最も評価の悪いBグループにおいても十分良好な耐荷性が期待できる。一方、岩盤表層部に分布するBないしB-A₂のゾーンは透水性の面から十分な配慮が必要である。

・アーチダムの場合

地下調査工事がほとんど実施されていないため、ロックフィルダム軸の地質状況からの推定によった。

従って、岩盤評価も単純化したものとなっている。

基礎のもつ変形特性から考慮すれば、アーチダムの基礎として十分堅硬であり、従って、岩盤評価におけるA₂サブグループの要素は地表付近においても期待できる。しかし、透水性に関しては、左右岸において十分な止水処理計画が必要である。

Table 7-9 Standard of Rock Classification for Adit

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

Table 7-10 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 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

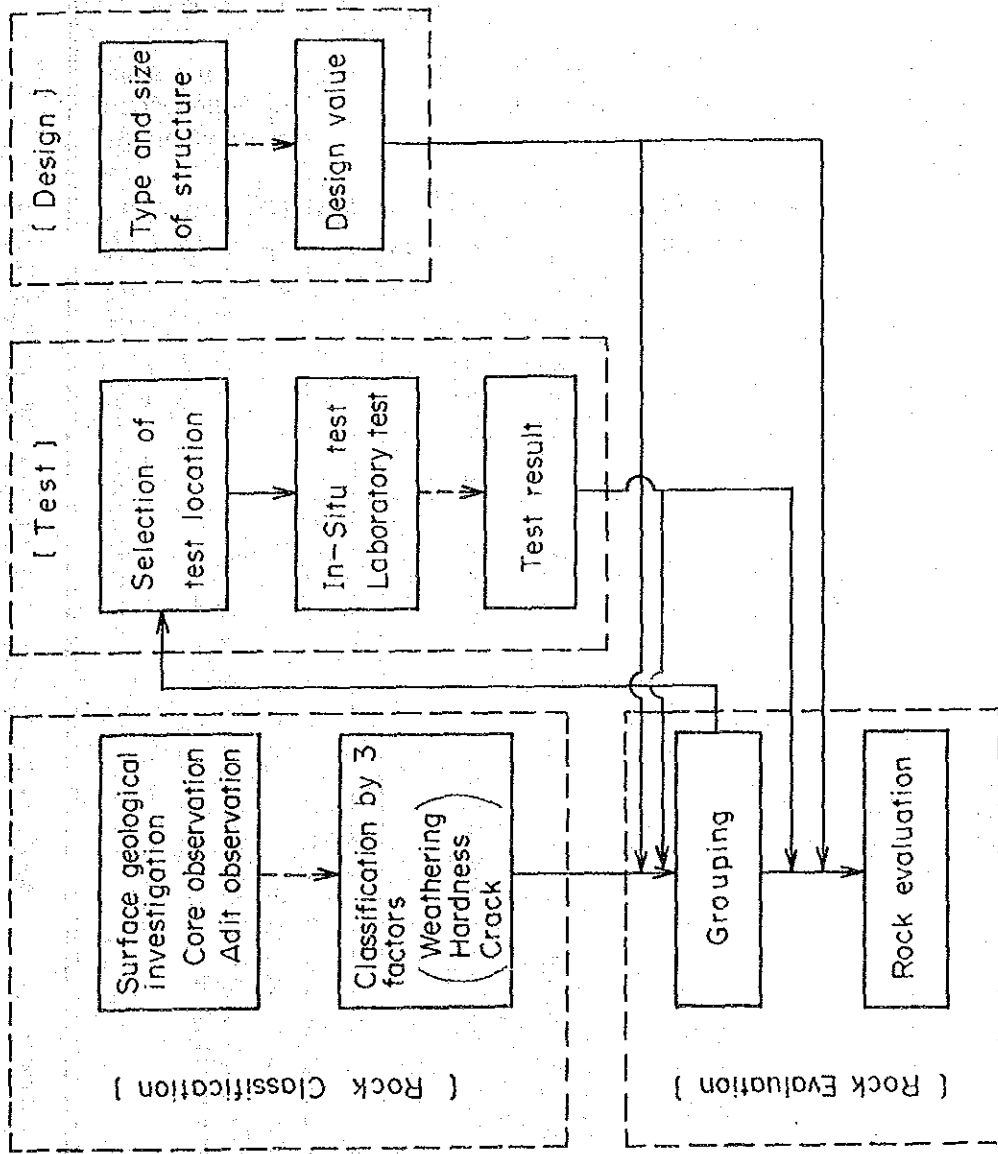


Fig. 7-13 Flow Chart of Rock Evaluation

Table 7-11 Rock Evaluation

Rock Evaluation	Description based on Rock Classification	Modulus of Deformation D (kgf/cm ²)	Secant Modulus of Elasticity Es (kgf/cm ²)	Lugeon Value (l/m/min/10kgf/cm ²)	Remarks
A	Fresh. A few cracks weathered to brown. Or some cracks coated by chlorite. Very hard ~ hard Generally massive Cracks very tight	68,000	80,000	Lu < 1 : 49% Lu < 5 : 63% Lu ≧ 30 : 12%*	Lu < 1 : 48% Lu < 5 : 68% Lu ≧ 30 : 12%*
		114,000	156,000		
A ₂	Some cracks weathered to brown. But rock fragments are un-weathered. Very hard ~ hard Cracky but cracks are tight in general	86,000	113,000	Lu < 1 : 48% Lu < 5 : 72% Lu ≧ 30 : 12%*	
		142,000	210,000		
B	Most cracks weathered to brown. Hard ~ somewhat brittle Cracky ~ very cracky and cracks somewhat loosened	29,000 78,000 Values may be lower at clayey shear zones	41,000 107,000	Lu < 1 : 28% Lu < 5 : 42% Lu ≧ 30 : 31%* Tendency of low permeability in shear zones	This group includes shear zones of faults; Shear zone is generally altered to secondary minerals. Brittle ~ very brittle and very cracky.

Note: * marked values include the percentages of water leakage.

Table 7-12 Relation between Rock Evaluation and Lugeon Value

Rock Evaluation	Number of Test Stage Percentages	Lu : Lugeon Value ($\ell/m/min/10kgf/cm^2$)						Water Leakage*
		Lu < 1	1 ≤ Lu < 5	5 ≤ Lu < 10	10 ≤ Lu < 30	30 ≤ Lu		
(A1)	170	83	23	10	33	17	4	
	32	49	14	6	19	10	2	
(A2)	255	122	62	18	23	21	9	
	49	48	24	7	9	8	4	
Subtotal (A) ((A1) + (A2))	425	205	85	28	56	38	13	
	81	48	20	7	13	9	3	
(B)	101	28	14	11	16	30	2	
	19	28	14	11	16	29	2	
Total Average	526	233	99	39	72	68	15	
	100	44	19	7	14	13	3	

Note : * (Water Leakage) shows the test stage where the pressure did not rise during the permeability test.

Weathering (W) Hardness (H) Interval of Cracks (C)		Fresh or a few cracks brown.		Some cracks brown	Most cracks weathered to brown		Minerals weathered or altered to secondary minerals		
		1	1-2		2-3	3	4	5	
		Very hard ~ hard Rather massive Cracks very tight	A II						
A II-III	(a)								
A-B II-III									
A III			(A1)						
A-B III									
Very hard ~ hard Cracky in general Cracks are tight in general	AIII-IV		(c)						H : A~B C : III~V
	A-BIII-IV								
	A IV								
	AIV-V					(b)			
	A V			(A2)					
	A-B IV								
	A-B IV-V								
	A-B V								
Hard ~ somewhat brittle Cracky ~ very cracky	B III								H : B~C C : III~V
	BIII-IV								
	B IV								
	BIV-V								
	B V					(B)			
	B-C IV								
Brittle ~ very brittle Very cracky	B-C V								H : C~D C : IV~V
	C IV								
	CIV-V								
	C V								
	C-D V			(d)					
D V									
		W : 1~(1-2)		W : 2	W : (2-3)~5				

Note : Best ~ Very Bad
W : 1 ~ 5
H : A ~ E
C : I ~ V (See Table 2-3-7)

○ marks indicate the locations of In-situ Rock tests as follows:

- (a) ; RA-1 (41~47m), (b) ; LA-2 (27~35m)
- (c) ; LA-3(II) (29~39m), (d) ; LA-3(II) (72~80m)

Fig. 7-14 Rock Evaluation & Rock Classification for Adits

		W		1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5
H	C											
1	1											
1	1-2											
1	2			(A1)								
1-2	1-2											
1-2	2	////										
1	2-3											
1-2	2-3											
1	3											
1-2	3											
1-2	3-4											
2-3	2					(A2)						
2	2-3											
2	3											
2	3-4	////										
2	4											
2-3	3											
2-3	3-4											
3	3-4											
3	4											
3-4	3-4											
3-4	4							(B)				
3	4-5											
3-4	4-5											
4	3-4											
4	4-5											
4-5	4-5											

Note: Best Very Bad
Weathering (W) : 1 ~ 5
Hardness (H) : 1 ~ 5
Interval of Cracks (C) : 1 ~ 5

(See Table 7-10)

Fig. 7-15 Rock Evaluation & Rock Classification for Drilled Core

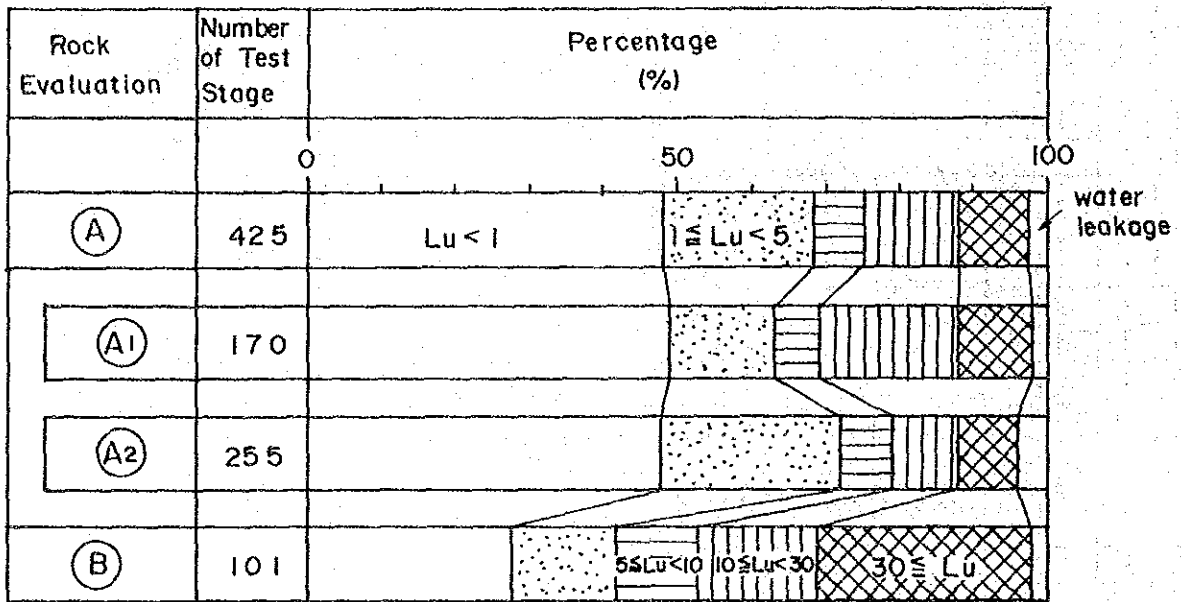


Fig. 7-16 Relation between Rock Evaluation and Lugeon Value

(3) 付属構造物

Yusufeli地点のロックフィルダムの洪水吐および地下発電所の位置は、それぞれ、左岸と右岸に予定されている。

付属構造物地点の地質条件は、下記の通りである。

(a) 洪水吐地点

調査ボーリングは、洪水吐地点そのものには、位置していない。しかし、左岸に位置する各ボーリングや横坑(LA-3)のデータから判断すると、基盤岩石は、洪水吐終端部を除いて、全く問題がないと推定される。洪水吐終端部および減勢池部には、末固結堆積物(段丘堆積物と斜面堆積物の混合材料)が分布する。この堆積物の厚さは、未確認であるが、露頭では数mのように思われる。

(b) 地下発電所及び鉄管路地点

取水口、鉄管路及び発電所は、右岸に位置している。各構造物の基盤岩石は、ダム地点と同じ花崗岩類である。この岩石は非常に堅硬で、風化も弱い。

一本の緩傾斜ボーリングRSI-16が地下発電所地点に実施されている。

このボーリングおよび横坑RA-1のデータに基づくと、下記のような地質的評価が発電所地点にて可能である。

- ・地点の基盤岩石は大変堅硬で新鮮である。
- ・割れ目(亀裂と節理)は、普通程度に発達している。例えば、RSI-16全長の平均RQDは約58%であり、孔口10mと孔底より20m区間を除いた平均RQDは約68%である。RQDのこの値は、完成した他の地下発電所と比較して、普通の値である。
- ・孔底より20m区間の平均RQDは約35%である。そして、この値はYusufeliサイトの他のボーリングのRQDと比較してもかなり悪い。この区間のコアは多少破碎を被っており、また、この深度位置は下流の谷に近い。これらの条件は低RQDに影響していると思われる。これらは、発電所のレイアウト検討に際しては考慮されるべきである。
- ・発電所は、地下水位以下に位置する。しかし、透水試験の結果から判断して、割れ目は密着しているように思われる。従って、浸透水は発生するであろうが、湧水によるトラブルは、工事中に発生しないだろう。
- ・EIEによる割れ目解析によると、比較的集中した方向性が、NS, 60°~80°Eとして見られる。しかし、全体としては、割れ目は、全方位に分散していると云

える。

- ・鉄管路やケーブルトンネルに対する地質的評価は発電所地点と同様である。