

**Table 7-5 List of Adits**

Location	Name	Elevation (m)	Coordination		Length (m)	Remarks
			X	Y		
Damsite	LT-1	69.99	4,104,028.36	609,639.52	339.00	
	LT-2	112.08	4,104,005.47	609,648.86	230.00	
	RT-3	87.15	4,103,928.92	609,471.05	189.00	
	RT-4	54.43	4,103,967.38	609,472.22	174.00	
	LA-5	146.51	4,103,926.87	609,572.73	67.00	
	RT-6	125.72	4,103,853.50	609,470.77	71.30	
<b>Total</b>	<b>6 adits</b>				<b>1,070.3</b>	

**Table 7-6 List of Test Pits**

Kind of Material	Name	Length (m)
Impervious Core Material	B-1	7.0
	B-2	1.5
	B-3	0.9
	B-4	2.0
	B-5	3.1
<b>Sub-total</b>	<b>5 pits</b>	<b>14.5</b>
Concrete Aggregate	A-1	1.6
	A-2	1.8
	A-3	1.4
<b>Sub-total</b>	<b>3 pits</b>	<b>4.8</b>
<b>Total</b>	<b>8 pits</b>	<b>19.3</b>

## 7.2 貯水池の地質

### 7.2.1 調査方法

貯水池およびその周辺に関しては、地表地質踏査、ボーリング調査が実施されており、その結果は Broskay (1968) の縮尺 1/25,000 地質図、Sünerman (1973) の縮尺 1/5000 地質図に整理されている。ボーリング調査の数量は Tables 7-2 および 7-4 に示す通りであり、位置は Fig. 7-1 に示す通りである。

### 7.2.2 地形概要

貯水池は Köprücay 川河口より約 40 km 上流に位置し、長さ約 15 km で幅は 1~1.5 km の部分が多い。貯水池周辺の地形は全体としてはなだらかであるが、Köprücay 川の支流の浸蝕により左岸側では開析が進んでいる。Köprücay 川本流はダム地点周辺および貯水池上流域において深さ 30~200 m の峡谷を形成している。また当貯水池の両岸の標高 1000~2000 m の分水嶺付近には顕著なカルスト地形が発達するが、湛水地域においてはカルスト地形は認められない。

### 7.2.3 地質概要

#### (1) 層序および層相

湛水地域内には中新世に属する Köprücay 礫岩および Beskonak 層が分布する。貯水池周辺地域には、これらの他に湛水地域外であるが先第三紀層が分布する。

#### (a) 先第三紀層

先第三紀層は Kirkkavak 層、赤色石灰岩およびチャート、オフィオライトならびに白亜紀石灰岩より構成されている。これらの地層はすべて中生代に属しており、その分布は複雑である。層序については、下位より上位へ Kirkkavak 層、赤色石灰岩およびチャート、石灰岩の順であるという説と、これらがほぼ同時代の地層であるという説があって、詳細は未だ解明されていない。

Kirkkavak 層は、貯水池左岸の山麓部に南北に細長く分布する。西側は Kepez 断層により Beskonak 層に接し、東側で白亜紀石灰岩、南側で Köprücay 礫岩に覆われている。構成する岩石は弱変成した頁岩および砂岩である。

赤色石灰岩およびチャート層は、貯水池右岸に局部的に露出している。オフィオライトは貯水池南方(下流側)から西方(左岸側)にかけて分布し、ハンレイ岩および蛇紋岩より構成されている。白亜紀石灰岩は貯水池両岸の分水嶺を構成する岩石であり、分布範囲は広く、カルスト地形の発達が著しい。

#### (b) 第三紀層

Köprücay 礫岩は新第三紀中新世に属し、主に貯水池右岸および右岸上流域に分布す

る。本層は石灰岩の円礫ないし亜円礫を多く含み、基質は石灰質である。本層は新鮮な状態では明灰～暗灰色を呈し堅硬・緻密であるが、カルスト化を受けている。本層は頁岩や砂岩の薄層を挟有する部分もある。

Beskonak 層は Köprücay 礫岩と同時代に堆積し、両者は指交関係にある。本層は主に貯水池左岸に分布し、頁岩・砂岩互層（頁岩優勢）より構成され、ところにより礫岩の薄層が挟在する。本層は新鮮な状態においては灰色を呈し緻密であるが、風化して褐色を呈し軟質になる。

## (2) 地質構造

Köprücay 川流域周辺の先第三紀層には北北西－南南東の地質構造が卓越している。先第三紀層を構成するジュラ～白堊系は褶曲や断層が複合して複雑な地質構造を示しているが、個々の地層は地質構造に規制され、北北西－南南東の方向に伸びて分布する傾向がある。新第三紀層は先第三紀層を不整合に覆って Köprücay 川沿いに南北に細長く分布している。新第三紀層と先第三紀層との地表部における境界は、Köprücay 川左岸においては南北に延びる Kepez 断層であり、右岸においては不整合である。新第三系を構成する Köprücay 礫岩と Beskonak 層とは指交関係にあるが、両者の地表における分布状態、岩相、および隣接の Oymapinar 計画の資料より判断して Köprücay 礫岩の方がより下位に分布する傾向がある。

新第三紀層には 1 つの向斜と 2 つの背斜からなる褶曲構造が認められる。向斜は Köprücay 向斜と呼ばれ、向斜軸はほぼ Köprücay 川に一致して南北方向に延びている。したがって Köprücay 川沿いにおいては Köprücay 礫岩、Beskonak 層ともに地層面は Köprücay 川に向かって傾斜しており、その傾斜角は 20° 前後が多い。Köprücay 川左岸の Beskonak 層分布域には南北方向の軸をもつ Korüdag 背斜が、また右岸の Köprücay 礫岩分布域には北西－南東の軸をもつ Bozburum 背斜が分布する。

新第三系を切る断層は上記の褶曲構造に平行したものと、これに交わるものがあるが、その数は少ない。顕著な断層として褶曲に平行するものに Kepez 断層および Bucak 断層がある。Kepez 断層は Köprücay 左岸において南北に延び、Beskonak 層と先第三系（主に Kirkkavak 層）との境界を成している。Bucak 断層は Köprücay 川右岸の Bozburum 背斜の西翼に位置してこれに平行に北西－南東に延び、Köprücay 礫岩と Beskonak 層との境界を成している。褶曲構造と交わる方向の顕著な断層としては、ダム地点直上流において東西ないし西南西－東北東に延びる F-1 断層、および Oluk-köprü 湧泉群の下流において西北西－東南東に延び Köprücay 礫岩と Beskonak 層との境界を成す断層がある。

## 7.2.4 水理地質

### (1) 河 川

Köprücay川本流の流量は Beskonak 測水所において  $20 \sim 1700 \text{ m}^3/\text{sec}$  を記録し、年平均で約  $90 \text{ m}^3/\text{sec}$  である。

貯水池付近で Köprücay 川に注ぐ支流のうち年間を通して表流水のあるものは Akcay Dele や Koca Dele 等の4つが認められ、いずれも貯水池上流端付近において本流に合流している。これらの支流の流域は比較的広くいずれも Köprücay 礫岩の分布域へより外側に達している。なお、これら以外の支流の流域は比較的狭く Köprücay 礫岩分布域の内に限定されている場合が多い。

### (2) 湧 水

湧水の分布は Fig. 7-2 示す通りである。湧出個所は谷底、山麓部および山腹部に区分される。谷底に湧出するものとして、貯水池上流端の Oluk-köprü 湧泉群およびダム地点下流の湧泉群が知られている。

Oluk-köprü 湧泉群は、湛水地域およびその周辺で最大の規模を示し、Köprücay 川沿いの2 kmにわたって Köprücay 礫岩中より湧出しており、その湧出量の合計は、湧水期でも  $30 \text{ m}^3/\text{sec}$  程度で、豊水期にはその2~3倍に達している。ダム下流の湧泉群は、ダム地点の2~3 km下流の Köprücay 礫岩中より年間を通して湧出しており、湧水量の合計は約  $2 \text{ m}^3/\text{sec}$  以内のようである。山麓部(標高200~700 m)の湧水は、主に Köprücay 川左岸の Beskonak 層分布域に位置している。山腹部(主に標高700 m以上)の湧水は、白亜紀石灰岩と Kirkkavak 層との境界付近および石灰岩分布域に認められる。なお、井戸は Beskonak 層分布域に認められ、その付近に村落が見られる。

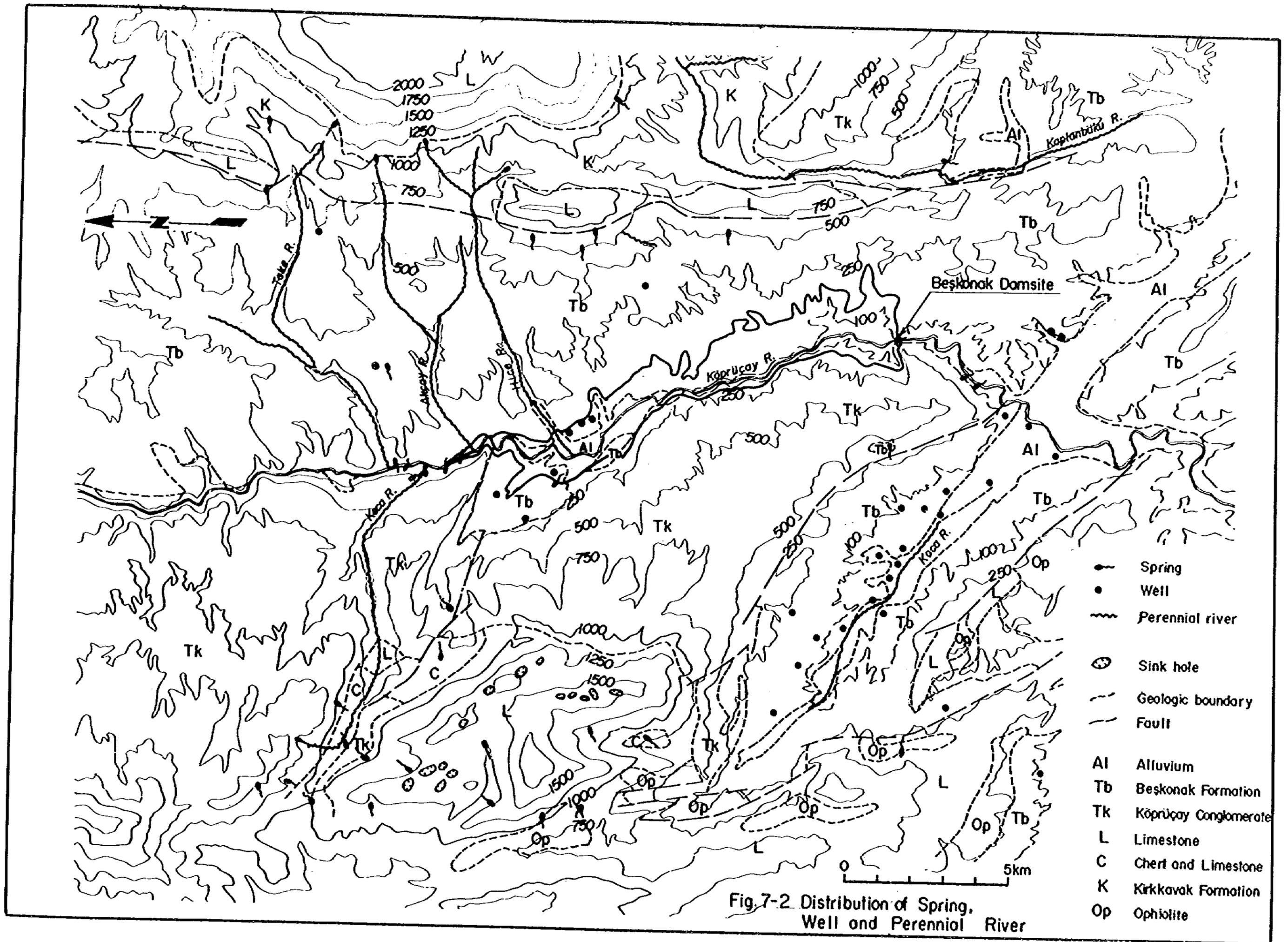


Fig.7-2 Distribution of Spring, Well and Perennial River

- Spring
- Well
- ~ Perennial river
- ⊙ Sink hole
- - - Geologic boundary
- - - Fault
- Al Alluvium
- Tb Beşkonak Formation
- Tk Köprüçay Conglomerate
- L Limestone
- C Chert and Limestone
- K Kırkkavak Formation
- Op Ophiolite

### (3) 各地層の透水性

各地層の水理地質的な性格については、構成岩石、カルスト地形の発達の有無、河川の表流状況、湧水、井戸等の分布等により以下のように判断される。

#### (a) Kirkkavak 層

頁岩および砂岩より構成され非石灰質である。本層と石灰岩との境界に湧水が認められる。また本層分布域の河川は通年表流するものが多い。したがって本層は難透水性であると判断される。

#### (b) 赤色石灰岩およびチャート層

本層は石灰岩およびチャートより構成されており、チャートが挟在しているために全体としては難透水性を示すであろう。

#### (c) オフィオライト

本層はハンレイ岩および蛇紋岩より構成されており難透水性を示すと判断される。

#### (d) 白亜紀石灰岩

本層は石灰岩より構成され、その分布域にはカルスト地形の発達が著しいことから、透水性が著しく高く代表的な透水層と判断される。

#### (e) Köprücay 礫岩

本層の分布域にはカルスト地形は発達していない。しかし本層は石灰岩礫を多含し基質も石灰質であり、ダム地点より採取した試料の化学分析の結果、非溶解性成分 ( $\text{SiO}_2$  および  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) の含有率は石灰岩礫で 2.2%、基質で 15.6% である (Table 7-7 参照)。ダム地点におけるボーリングや横坑の調査の結果、Köprücay 礫岩はカルスト化を受けており地下水位が低いことが明らかにされている。本層分布域の山麓部や山腹部には湧水や井戸が認められず河川も季節表流のものが多い。以上の点より透水層であると判断される。

#### (f) Beskonak 層

本層は砂岩、頁岩より構成されている。湛水域より採取した試料を化学分析した結果は Table 7-7 に示す通りであり、非溶解性成分の含有量は 30~40% を占める。本層の分布域には湧水や井戸が多く、河川は通年表流するものが多い。また本層と Köprücay 礫岩の境界付近より湧水が認められる場合が多い。したがって本層はかなり石灰質であるが難透水性であると判断される。

Table 7-7 Qualitative Analysis of Calcareous Rock Collected from Beşkonak Area

Sample No.	Locality	Formation	Rock Name	Result of analysis		Norm calculation (1)		Norm calculation (2)	
				Composition	% (wt)	Composition	% (wt)	Composition	% (wt)
BC-1	Drillhole LS-1 on the left bank in the vicinity of Dam site	Köprüçay Cgş.	Cgş. (gravel)	CaO	36.6	CaCO <sub>3</sub>	65.5	CaCO <sub>3</sub>	28.5
				MgO	14.9	MgCO <sub>3</sub>	31.1	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	68.1
				SiO <sub>2</sub>	1.9	SiO <sub>2</sub>	1.9	SiO <sub>2</sub>	1.9
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.3
				Total	53.7	Total	98.8	Total	98.8
BC-2	ibid.	Köprüçay Cgş.	Cgş. (matrix)	CaO	42.4	CaCO <sub>3</sub>	75.9	CaCO <sub>3</sub>	68.4
				MgO	3.0	MgCO <sub>3</sub>	6.3	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	13.8
				SiO <sub>2</sub>	14.7	SiO <sub>2</sub>	14.7	SiO <sub>2</sub>	14.7
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9
				Total	61.0	Total	97.8	Total	97.8
BC-4	Beşkonak gauging station	Beşkonak F.		CaO	29.2	CaCO <sub>3</sub>	52.3	CaCO <sub>3</sub>	36.8
				MgO	6.2	MgCO <sub>3</sub>	13.0	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	28.5
				SiO <sub>2</sub>	26.6	SiO <sub>2</sub>	26.6	SiO <sub>2</sub>	26.6
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.3
				Total	67.3	Total	97.2	Total	97.2
BC-5	Road-cut on the south of Hortu	Beşkonak F.		CaO	28.2	CaCO <sub>3</sub>	50.5	CaCO <sub>3</sub>	41.1
				MgO	3.8	MgCO <sub>3</sub>	7.9	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	17.3
				SiO <sub>2</sub>	30.0	SiO <sub>2</sub>	30.0	SiO <sub>2</sub>	30.0
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.5
				Total	68.5	Total	94.9	Total	94.9

## 7.2.5 貯水池の保水性

貯水池の保水性に関して貯水池とその周辺地域を水理地質条件を異にする4つの地域に分けて検討を行なった。

### (1) 貯水池上流地域

この地域は Beskonak 村より上流の貯水池上流部とその周辺である。

#### (a) 地 質

貯水池上流地域には Beskonak 層と Köprücay 礫岩が分布する。Beskonak 層は Köprücay 川左岸に分布し、また右岸においても Beskonak 村対岸の低標高部に分布する。本層は東側において Kepez 断層で不透水層である Kirkkavak 層に接している。Köprücay 礫岩は右岸に分布し、その東側は Beskonak 層と指交関係にあり、西側で主に白亜紀石灰岩にアバットしている。したがって貯水池上流域は右岸に Köprücay 礫岩および白亜紀石灰岩より構成される透水層が広く分布している。

#### (b) Oluk - köprü 湧泉群

Oluk - köprü 湧泉群は、湛水域上流端付近の Köprücay 川の河岸に川沿い約 2 km にわたり Köprücay 礫岩より湧出している湧泉群で、湧出標高は 160 ~ 170 m である。

Karanjac (1976) によれば Oluk - köprü 湧泉群の水理状態は以下の通りである。

- i) 湧水量の合計は、乾期において  $30 \text{ m}^3/\text{sec}$  であり、雨期においてはこの 2 ~ 3 倍に達する。
- ii) 年間湧水量は約  $1450 \times 10^6 \text{ m}^3$  であり、下流約 4 km の位置にある Beskonak 測水所における年間流量の 50% 以上を占める。
- iii) 水質分析の結果湧水は純粋な地下水と判定される。
- iv) Beskonak 測水所の年間流量の約 1/3 は流域外より供給されている。
- v) 湧水の供給範囲として、貯水池上流域の透水層 (Köprücay 礫岩および石灰岩) が考えられるが、年間湧水量はこの地域からの可能な供給量の約 2 倍である。

Oluk - köprü 湧泉群が湧出している Köprücay 礫岩は、東側および南側を不透水柱の Beskonak 層に限られている。Oluk - köprü 湧泉群付近の地質状態をさらに明らかにするために、UNDP/DSI プロジェクトの一環として 3 孔 742 m のボーリングが実施された。その結果は以下のようにとまとめられる。

- i) 湧水地点付近の Köprücay 礫岩は左岸において 1 孔のボーリングにより孔底 (標高 - 138 m) まで、右岸においては 1 孔のボーリングにより孔底 (標高 1 m) まで連続し、不透水性の挟在層は認められなかった。
- ii) Köprücay 礫岩中のボーリング孔の孔内水位は河川水位よりやや高い。
- iii) Köprücay 礫岩は下流において断層により Beskonak 層に接しているが、この Beskonak 層は 1 孔 243 m のボーリングにより、孔底 (標高 - 45 m) まで連続していることが確

認められた。

以上の点より Oluk-köprü 湧水群は、右岸に広く分布する白亜紀石灰岩や Köprücay 礫岩を通過してきた地下水が、Köprücay 礫岩の東側および南側に接して分布する Beskonak 層に遮られたために Köprücay 川の河岸に湧出したものであると考えられる。なお Köprücay 礫岩は、さらに南方に連続しているが、Beskonak 村対岸付近に地下水の下流への浸透を妨げる何らかのバリアーが存在している可能性が強く、Karanjac (1976) は Köprücay 礫岩の下位に不透水層 (チャート層) の高まりの伏在を推定している。

#### (e) 保水性

貯水池上流域において、貯水池の保水性の面で問題になるのは Köprücay 礫岩である。Köprücay 礫岩のカルスト化の詳しい状態については、なお明らかでなく、また Köprücay 川右岸の Beskonak 層の下位に伏在している可能性がある。

このように貯水池上流域の地下の地質状態は十分に解明されてはいない。しかし、Oluk-köprü 湧水群が標高 160~170m より湧出していることは、貯水池上流域の地下水水位が貯水池の計画洪水水位の 155m よりやや高く、貯水池上流域において貯水池からの漏水が発生する可能性のないことを示している。

#### (2) 貯水池左岸地塊

この地塊は Köprücay 川の Beskonak 村より、ダム地点直上流までの左岸を範囲とする。この地塊には Beskonak 層が分布する。Beskonak 層は不透水性の頁岩の優勢な頁岩、砂岩の互層より構成されており、礫岩をわずかに挟在している。Beskonak 層には Köprücay 川に平行な軸を有する背斜構造 (Koriudag 背斜) が発達しており、地層面は貯水池側に傾斜している。したがって Beskonak 層中に礫岩等の透水層が挟在していても Beskonak 層を通じた貯水池からの漏水の可能性は小さい。

ダム地点付近の左岸では、ボーリングによって Beskonak 層下に、ややカルスト化した Köprücay 礫岩が分布することが確認されており、同様に貯水池左岸一帯の Beskonak 層の下に Köprücay 礫岩が伏在することが予想される。したがって貯水池からの漏水が、この Beskonak 層下の礫岩を経由し、ダム付近を通過してダム下流に達する可能性がある。なお Beskonak 層下の伏在する Köprücay 礫岩は、集水範囲外の Kaplanbuku 谷 (ダム地点より 22km 東方) に連続している可能性があるが、この地塊には標高 130m 以上に湧水が存在し地下水水位が高いことが Tarıncı (1982) の報告書で明らかにされ、また 1982 年 10 月に調査団による現地調査で確認されているため Kaplanbuku 谷への漏水の可能性は殆んどない。

#### (3) 貯水池右岸地塊

この地塊の範囲は Beskonak 村より、ダム地点直上流までの右岸である。

##### (a) 地質

貯水池右岸地塊には Köprücay 礫岩が分布する。Köprücay 礫岩の地表における分布幅

は3~8 kmであり、西側で白亜紀石灰岩および Beskonak 層に接している。

調査団の勧告に基づき、RB-1とRB-2の2本のボーリングがDSIにより掘削された。これらのボーリングはKöprücay 礫岩中に掘削されており、孔内において水位の測定と、透水試験が実施された。それらの結果はFig.7-3, 7-4および次の表に示す通りである。

Item	Unit	RB-1	RB-2
Test Section	Section	52	44
Mean Lu. Value	Lu	2.8	37
Section: injection pressure at hole top not increased to specified level	Section (%)	2 (4)	6 (14)
Water level in drillhole (June 23th, 1983)	m (Depth)	56.5	23.4

RB-1およびRB-2孔における調査結果は以下のようにとまとめられる。

- I) 表層部の透水性の高い部分の厚さは14 mである。
- II) 深さ60 m (あるいは標高70 m) 以下では、透水性の高い部分は限定され、殆ど  
の区間は0 Luを示す。
- III) 礫岩中には頁岩の挟在は認められない。
- IV) 孔内水位は、河川水位より低い。

以上のボーリング孔の結果およびダム地点付近の既存の調査工事の結果より、köprücay 礫岩は標高155 mの計画水位以下においてもカルスト化を受け、透水性が高いと判断される。

Köprücay 礫岩は、ダム右岸を経てダム下流へ連続し、西側では顕著なカルスト地形を呈し透水性が高いと予想される白亜紀石灰岩にアバットしている。一方南西側はBucak 断層により、不透水性の Beskonak 層が分布している。Bucak 断層付近に分布する Beskonak 層は貯水池水位より高い標高180m以上まで連続的に分布している。なお礫岩の下位には白亜紀石灰岩をはじめとする先第三系が伏在していると考えられる。

#### (b) 保水性

貯水池右岸において保水性の面で問題となるのは Köprücay 礫岩および白亜紀石灰岩である。貯水池から Köprücay 礫岩を介してダム地点下流および他流域への漏水の可能

性のある経路として

- 1) 礫岩分布域に沿って下流へ達する経路
  - 2) 西方の白亜紀石灰岩を通して他流域へ達する経路
- が考えられる。

1) の経路については7.3 “ダム地点周辺の地質”に述べるように、ダム地点周辺の Köprücay 礫岩は深部までカルスト化を受けており、かなり透水性が高いためこの経路で漏水が発生する可能性は極めて大きいと考えられる。

2) の経路による漏水の可能性については、白亜紀石灰岩の分布状態によって判断しなければならぬ。Eroskay (1968) の1/25,000 地質図は白亜紀石灰岩の分布域全体をカバーしていないが、Karanjac (1976) の1/250,000 地質図で補足すれば白亜紀石灰岩の分布の概略は以下の通りである。

- i) 白亜紀石灰岩は西側では Aksu 川流域において北々西—南々東に連続するオフィオライトに接している。このオフィオライトは Köprücay 川流域に分布する透水層（白亜紀石灰岩や Köprücay 礫岩）の西側の境界を成している。白亜紀石灰岩とオフィオライトとの関係の詳細はわからないが、オフィオライトが幅5kmにわたって分布していることから有効な不透水層を成すと考えられる。白亜紀石灰岩とオフィオライトとの境界の標高は、貯水池の計画満水位より高い標高300m以上である箇所が殆んどである。
- ii) 白亜紀石灰岩は北側では Köprücay 礫岩に不整合に覆われる。この Köprücay 礫岩は貯水池上流域右岸に分布し連続であり、西側をi)で述べたオフィオライトに限られている。したがって Köprücay 礫岩分布域中の地下水は Oluk -köprü 湧泉群（標高160～170m）に湧出するか、南側の白亜紀石灰岩中に達するかのいずれかである。
- iii) 白亜紀石灰岩は南側では Koca Dele (ダム地点下流で Köprücay 川に合流) 流域で Beskonak 層に不整合で覆われており、境界の標高は貯水池の計画満水位より高い標高200m以上を示しているようである。以上のように白亜紀石灰岩の分布状態については概略が知られているに過ぎないが、この石灰岩を経由しての漏水の可能性は小さいと考えられる。

(4) ダム地点周辺地域

本地域の保水性に関する詳細は7.3に述べる通りである。

(5) 貯水池の保水性の問題点

貯水池の保水性に関する問題点は以下に示す通りである。

- (a) 貯水池からの漏水は Köprücay 礫岩を通して発生する可能性がある。
- (b) 漏水の可能性のある経路は以下の4つである。

- i) 右岸 Köprücay 礫岩を過って、ダム地点より下流に達する経路

- ii) 右岸の Köprücay 礫岩から左岸の Beskonak 層の下に伏在する Köprücay 礫岩を通過してダム地点より下流に達する経路
  - iii) 右岸の Köprücay 礫岩から、その西側に分布する白亜紀石灰岩を經由して他流域へ達する経路
  - iv) ダム地点周辺の Köprücay 礫岩を通過してダム下流へ達する経路
- (c) 上記経路のうち iii) の経路の可能性は小さく、また i), ii) の経路は iv) の経路に合流するものである。したがってダム地点周辺に分布する Köprücay 礫岩の透水性の評価が貯水池の保水性の検討の際に最も重要である。

#### 7.2.6 貯水池周辺の斜面の安定

貯水池周辺地域は、一般に比較的なだらかな傾斜を示し、これまでのところ、地すべり地形は認められていない。また斜面に表層堆積物が厚く堆積している箇所は認められない。したがって湛水により大規模な地すべりや、崩壊が発生する可能性は小さいと思われる。

Fig.7-3 Log of Drillholes RB-1 and 2

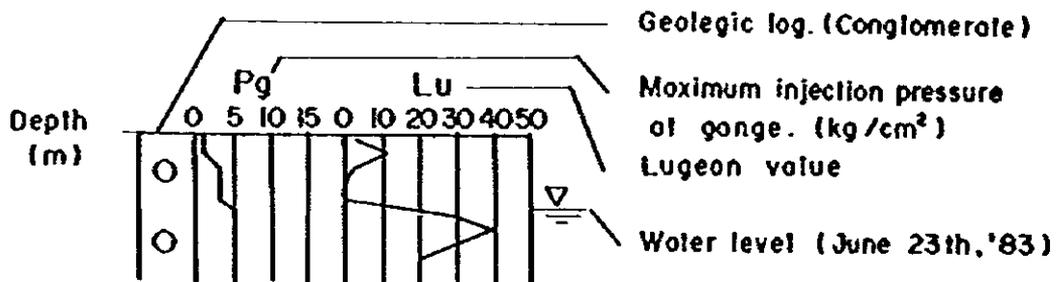
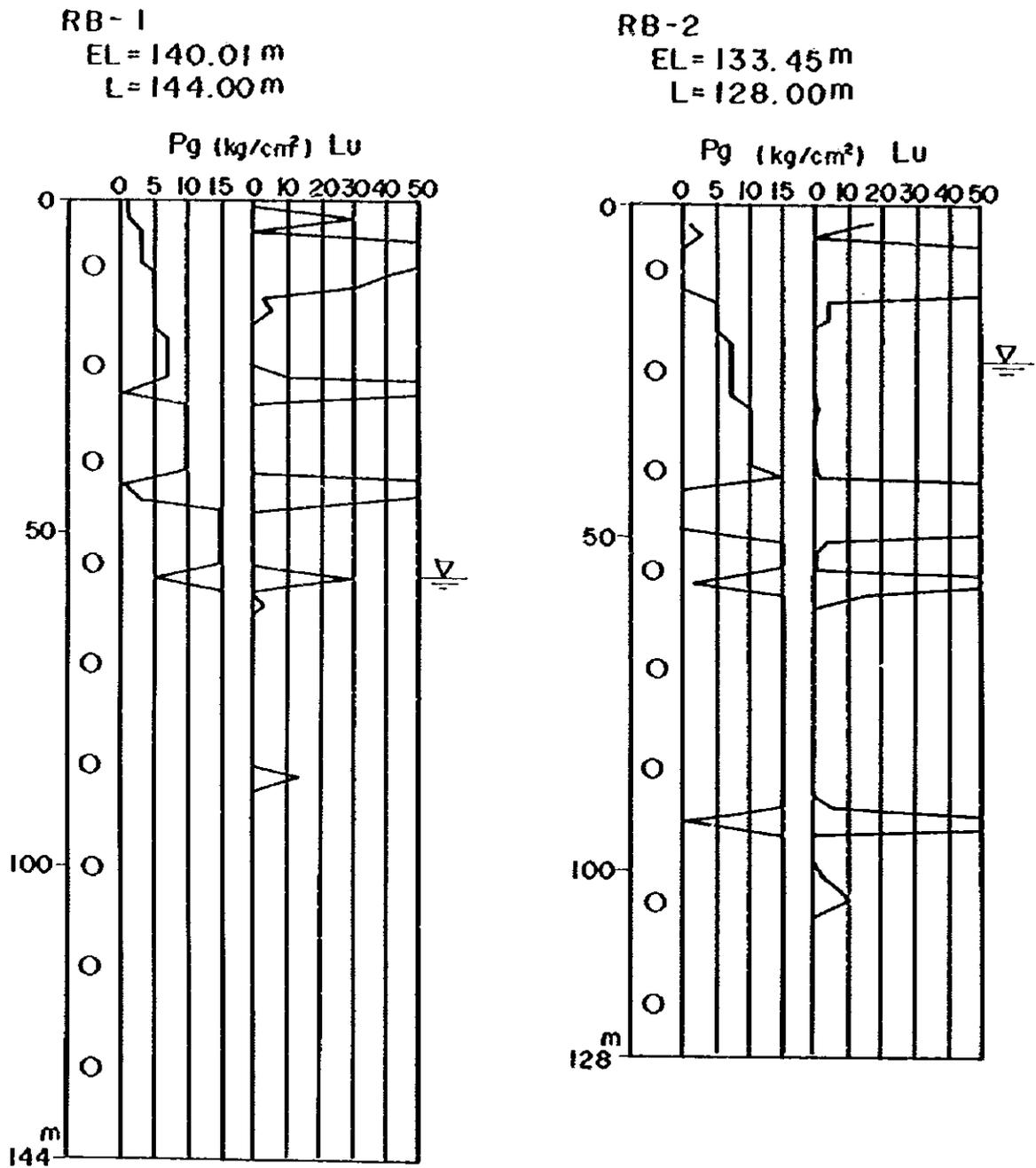
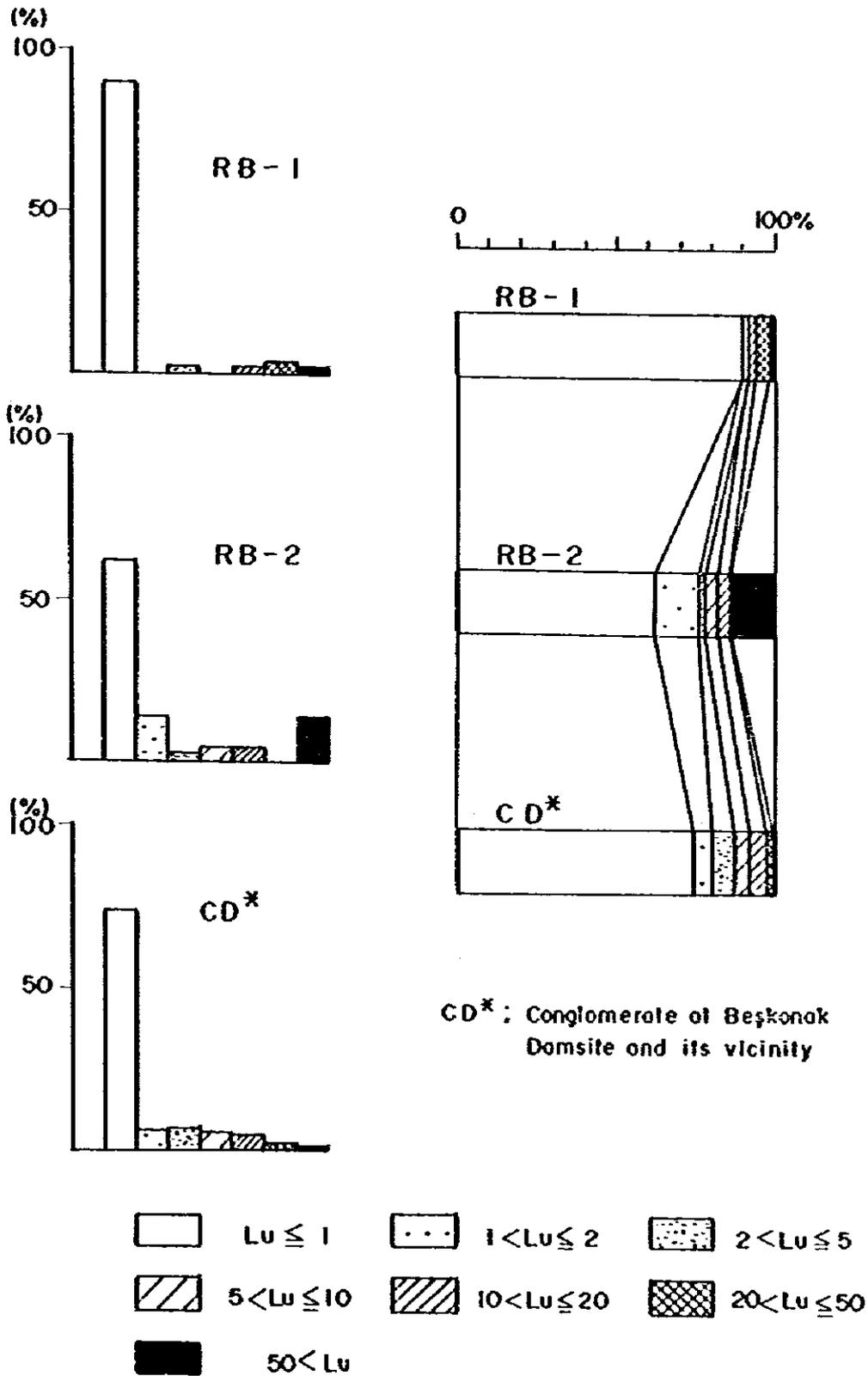


Fig. 7-4 Lugeon Value in Drillholes RB-1 and -2



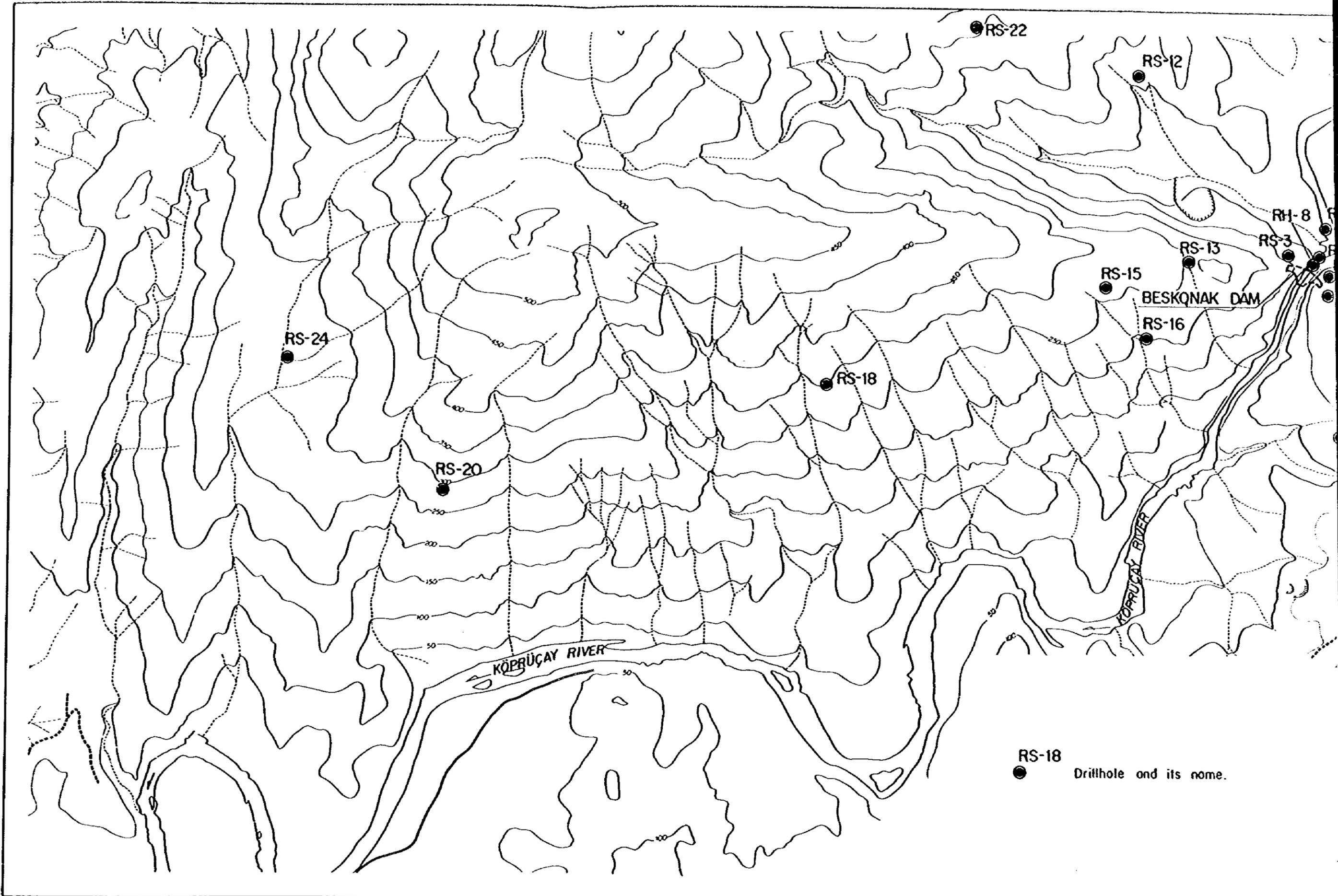
## 7.3 ダム地点周辺の地質

### 7.3.1 調査方法

ダム地点周辺については、地表地質踏査、ボーリングおよび横坑調査が実施されており、これらの調査結果は Sumerman (1973) にとりまとめられている。地表踏査の結果は縮尺 1/5,000 の地質図にまとめられている。

ボーリングは、ダム地点も含めて 26 孔 6,310.68 m が実施されており、それらの位置および数量は Fig.7-5 および Table 7-4 に示す通りである。ボーリング孔の長さの平均は約 240 m、最長の孔は LS-6 の 400.22 m であり、到達標高の最低は LS-19 の -236.86 m である。標高別の長さの分布は Fig.7-5 に示す通りであり、標高 200 ~ -120 m の範囲がよく調査されている。

ボーリング孔のうちダム地点より最も離れたものの距離は、左岸では LS-19 の 1.9 km、右岸では RS-24 の 3.5 km である。なおボーリング孔においては透水試験が実施されている。横坑はダム地点より 200 m 以内の範囲に計 6 坑 1,070.3 m が掘削されており、それらの位置および数量は Fig.7-6 および Table 7-5 に示す通りである。標高は 54 ~ 150 m でありボーリングと比べて分布が限定されている。( Fig.7-7 参照 )



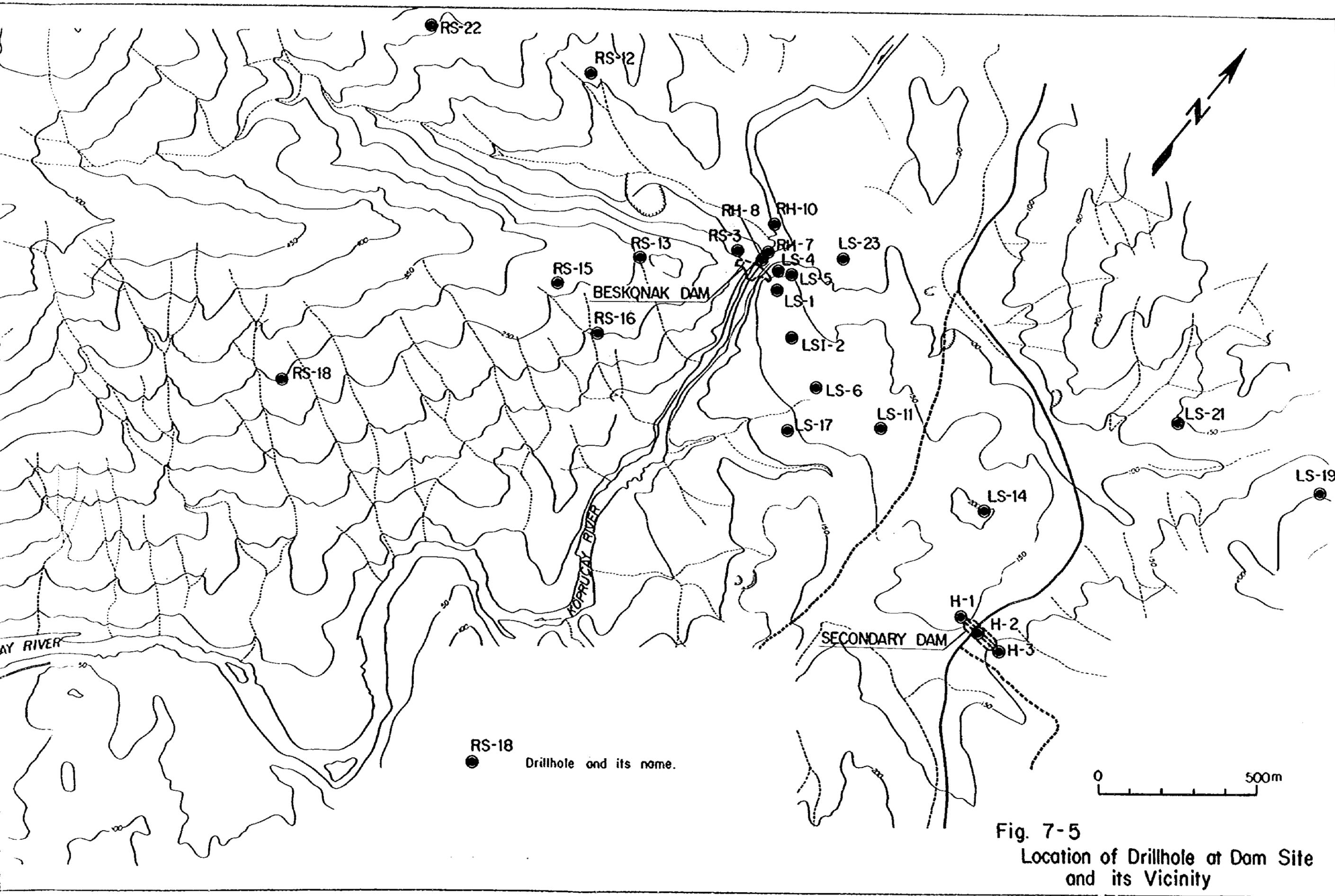


Fig. 7-5  
 Location of Drillhole at Dam Site  
 and its Vicinity

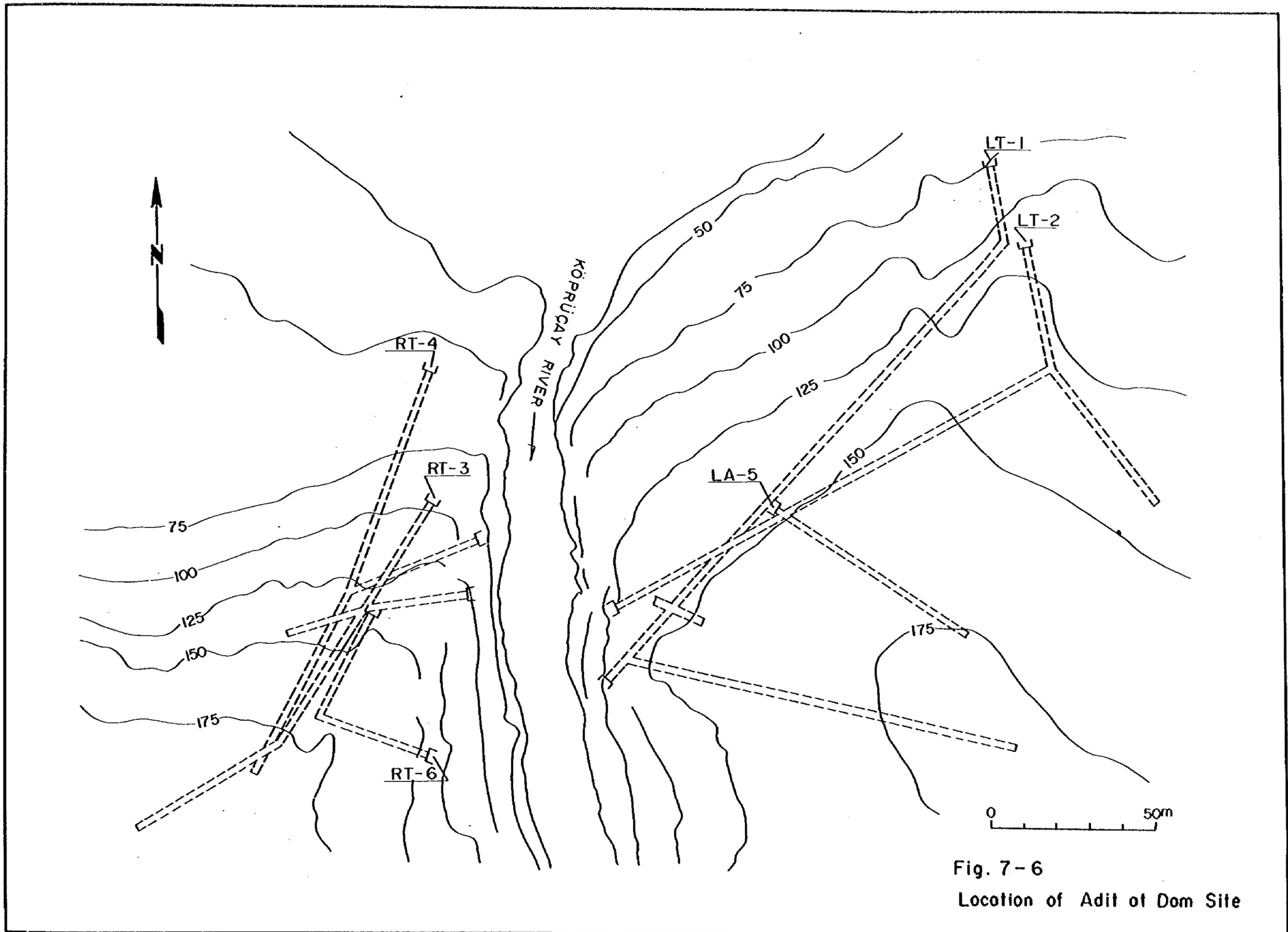
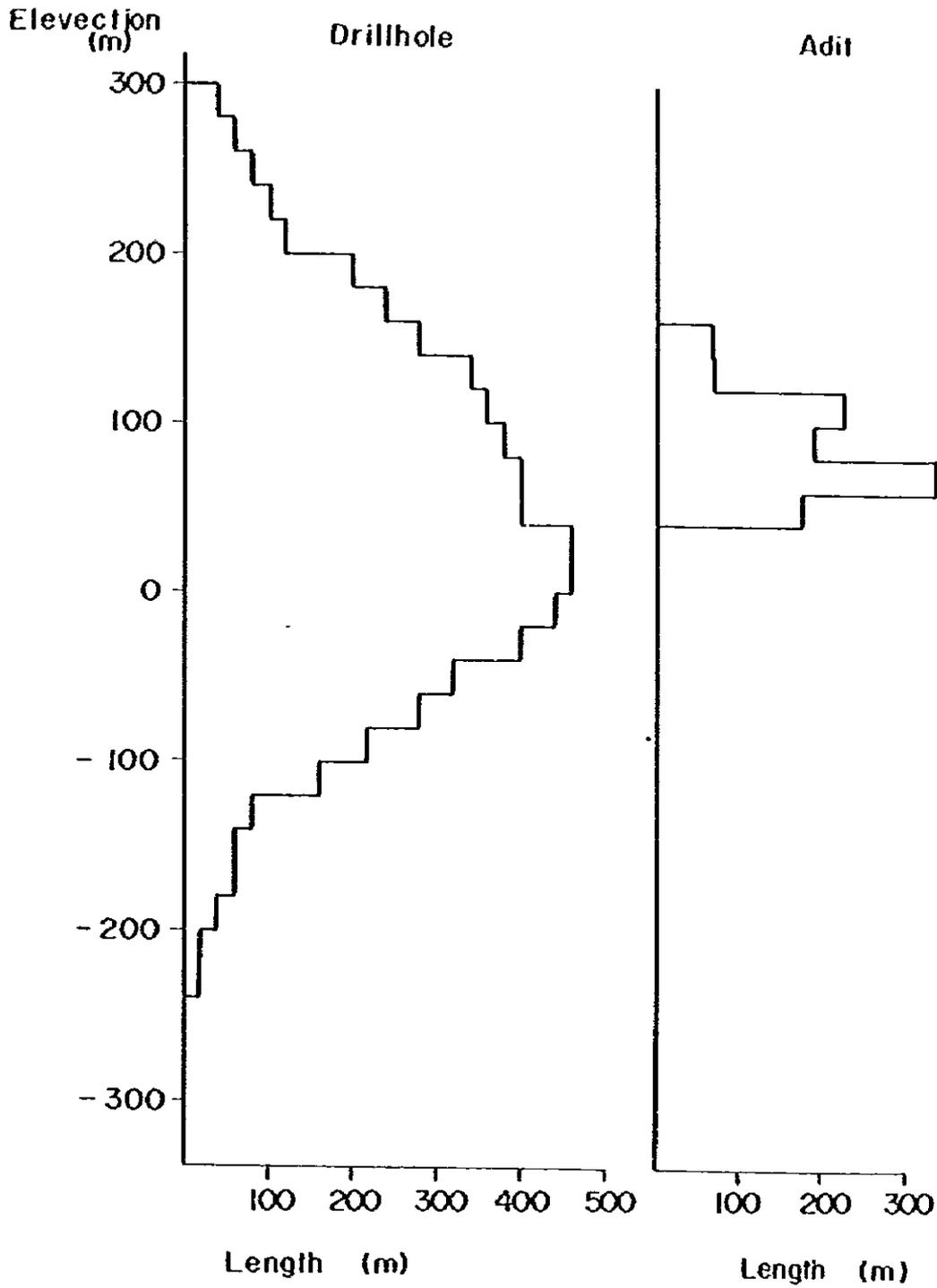


Fig. 7-6  
Location of Adit of Dom Site

Fig. 7-7 Investigation Work - Elevation  
in the vicinity of Dam Site



### 7.3.2 地形概要

Köprücay 川は、ダム地点周辺でやや蛇行しながら南下しダム地点付近の約 700m の区間は谷底幅 15～40m、深さ 150 m に達する峡谷となっている。この峡谷の上下流においては谷底幅は 100～300 m、両岸の斜面の傾斜は 20～40°である。

ダム地点下流約 700m で左岸より合流する Hortu Dele は深い谷を刻んでおり、ダム地点左岸より副ダム地点に達する尾根は、全般的に薄く、満水位標高 155m において幅 100～200m を示す部分が多い。副ダム地点は標高 144m の鞍部に位置しており付近にはなだらかな地形が拓がっている。

一方ダム右岸の尾根の上流側斜面は 60°以上を示して急峻であるが、下流側斜面は 20～30°を示し比較的なだらかであり、十分幅広い山体を成している。

### 7.3.3 地質概要

#### (1) 岩石の種類と分布

ダムサイト周辺には Köprücay 礫岩と Beskonak 層が分布する。Köprücay 礫岩は主に右岸に、Beskonak 層は主に左岸に露出しており、両者の境界は概して Köprücay 川に沿っている。なお、ダム地点上流にある Köprücay 川を横断する F-1 断層を境に両者の境界が食い違っており、この断層の下流側で Köprücay 礫岩の分布が左岸にまで及んでいる。つまり Köprücay 川は、F-1 断層の下流で Köprücay 礫岩分布域を流れており、Köprücay 川の侵蝕によりこの部分に形成された峡谷の上流端付近がダム地点に選定されている。

ダム地点周辺の右岸には主に Köprücay 礫岩が露出する。Köprücay 礫岩はダム地点より約 3.5km 離れた Bucak 断層にまで達しており、この断層により Beskonak 層に接している。右岸の礫岩は孔底が標高 -109m 達する RS-13 においても、分布の下限は確認されていない。なお右岸の一部には Beskonak 層が分布するが、その分布は F-1 断層より上流側の Goyal Yulu 谷の標高 100m 以下の狭い範囲に限られている。

左岸には Beskonak 層が広く露出している。Beskonak 層はダム地点より約 4.5km 離れた Kepez 断層に達し、この断層により Kikkavak 層または Köprücay 礫岩に接する。左岸の Beskonak 層の下位には Köprücay 礫岩が伏在する。Köprücay 礫岩はダム地点付近および Hortu 地点付近に露出しており、また上述のように Beskonak 層の下位に分布している。

Beskonak 層と Köprücay 礫岩との境界は数本のボーリングにより確認されている。それによると、両者の境界は F-1 断層より上流においては Köprücay 川より 1,440 m 離れた LS-21 孔で標高 -90 m、1900 m 離れた LS-19 孔で標高 -193 m に位置し、東側へ向って傾斜する傾向が明らかになっている。一方 F-1 断層の下流側における Beskonak 層と Köprücay 礫岩との境界は、Köprücay 川より 970 m 離れた LS-14 孔において標高 20 m に位置することが確認されている。

Hortu 鞍部に細長く露出する礫岩はH-2孔(孔口標高143.96m長さ200m)の孔底まで連続していることが確認され、Beskonak 層の挟在層ではないことが明らかになっている。以上述べたように、F-1断層を境としてBeskonak 層とKöprücay 礫岩との境界は、下流側でより高くなっている。なおKöprücay 礫岩の分布の下限位置および下位の地層に関する情報は得られていない。

## (2) 岩相および岩質

Köprücay 礫岩は、主に石灰岩の円～重円礫と石灰質の基質とから構成され(Table 7-7参照)成層しており、単層の厚さは3m以上のものが多い。Köprücay 礫岩中にはダム地点付近および右岸において砂岩層、頁岩層等の挟在は少ないが、左岸のBeskonak 層に近い位置においては、ボーリングLS-1, LSI-2, LS-6, LS-11, LS-16Kより、主に砂岩の薄層が挟在することが明らかになり、また右岸のBozburum 背斜付近では地表踏査およびRS-20孔より頁岩が挟在することが確認されている。Köprücay 礫岩は堅硬緻密であり、比較的塊状で節理の発達は少なめであるが、節理沿いにカルスト化が進んでいる。

Beskonak 層は主に頁岩優勢の砂岩、頁岩互層より構成されている。新鮮な部分ではよく締っているが風化により地表付近で茶色を呈し軟化が進んでいる。本層は石灰分をかなり含んでいるがカルスト化は受けていない。

## (3) 地質構造

### (a) 褶 曲

ダムサイト周辺に分布するKöprücay 礫岩とBeskonak 層は、一体となってKöprücay 川に平行するほぼ南-北方向の軸をもった褶曲構造を示す。褶曲構造は1つの向斜とそれを挟む2つの背斜より構成され、褶曲翼部における地層の傾斜が30°あるいはそれ以下の緩やかなものである。向斜軸はほぼKöprücay 川に一致して南-北方向に延びているのでダム地点はほぼ向斜軸上に位置する。

右岸の背斜(Bozburum 背斜)は、礫岩分布域の西に片寄って位置し、その背斜軸はダム地点の南西約3kmに位置し北西-南東の方向に伸びており、ダム下流約2kmでKöprücay 川を横断する。左岸の背斜(Korüdag 背斜)はBeskonak 層分布域中にあり、背斜軸はダム地点の東約2.5kmに位置し南北に伸びている。したがってダム地点周辺の地層の走向は全般的に南北を示し、Köprücay 川に向かって30°以下の緩い角度で傾斜する。

### (b) 断 層

ダム地点周辺における顕著な断層はF-1およびF-7断層である。F-1断層は上記の褶曲構造を横断する断層で、ダム地点の約150m上流でKöprücay 川を横断し、この付近で約1.5kmにわたってBeskonak 層とKöprücay 礫岩の境界を成している。断層の左岸側への延長はDegirmentlik 川に沿ってBeskonak 層分布域まで約1km追跡されるが、

さらに東側への延長は不明瞭である。また右岸側へは礫岩分布域中を約2kmにわたり Bucak 断層まで追跡される。この断層の走向はダム左岸側でE-Wであるが、右岸ではしだいに向きを転じて南西-北東方向を示す。なお断層面は50~60°上流側へ傾斜する。この断層はダム地点付近のRH-10, LS-13においてBeskonak層とKöprücay礫岩との境界を成す10~20m区間の破碎帯として確認されている。また断層に接する礫岩中には幅約40mゾーンに副断層が発達しており、これらの副断層はダム地点左岸の横坑LT-1およびLT-2の坑口付近に認められる。

F-7断層はダム地点より約1kmの距離にあり、ダム地点左岸のF-1断層東端付近より南西に延び、ダム地点下流約1.2kmでKöprücay川に達し、さらにKöprücay川に沿ってその右岸を通りBucak断層にまで延長している。この断層は、垂直に近い傾斜を有し、ダム地点左岸の地表において幅10~40mの破碎帯が認められる。

上記以外の断層として、比較的連続性のある断層が礫岩分布域に発達している。これらはいずれもF-1断層付近を上流端として南々西に延び、傾斜はほぼ垂直で幅1m以内の破碎帯を伴っている。

#### (c) 小断層および節理

Köprücay礫岩中には(2)で示した断層よりさらに破碎帯の幅が小さく(主に20cm以下)連続性に乏しい小断層および節理が発達している。これらの小断層や節理はダム地点付近においては、横坑における調査の結果、向斜軸にほぼ直交するN70°E~EWおよび向斜軸に斜交するN10°~30Eの走向を有し、いずれも鉛直に近い傾斜のものがかなり卓越している。またBozburum背斜付近では地表踏査の結果、北西-南東あるいは北東-南北方向の走向で鉛直に近い傾斜のものが卓越している。一方Beskonak層の分布域においては断層や節理は全般に不明瞭である。

#### 7.3.4 ダム地点周辺のカルスト化

ダム地点周辺に分布する岩石のうちBeskonak層は砂岩、頁岩互層より構成されており、カルスト化は認められないが、Köprücay礫岩は石灰質礫岩より成りカルスト化が認められる。Köprücay礫岩は既述の通りダム地点付近の右岸に広く分布し、左岸においてもBeskonak層の下位に伏在している。ダム地点周辺のKöprücay礫岩の分布域においてはシンクホール等の著しいカルスト地形は発達しておらず、Simerman(1973)の1/5000地質図には1個のクープ入口がダム地点下流800mの右岸の標高200mの位置に表示されているに過ぎない。しかし、ダム地点周辺で実施されたボーリングおよび横坑調査の結果、Köprücay礫岩の岩盤中には、溶蝕空洞や溶蝕亀裂が発達していることが明らかになっている。

・註 ここでは溶蝕空洞とは断面形状が円に近いもの、溶蝕亀裂は断面形状が細長いものを言う。なお、両者をまとめて溶蝕空洞と呼ぶ。

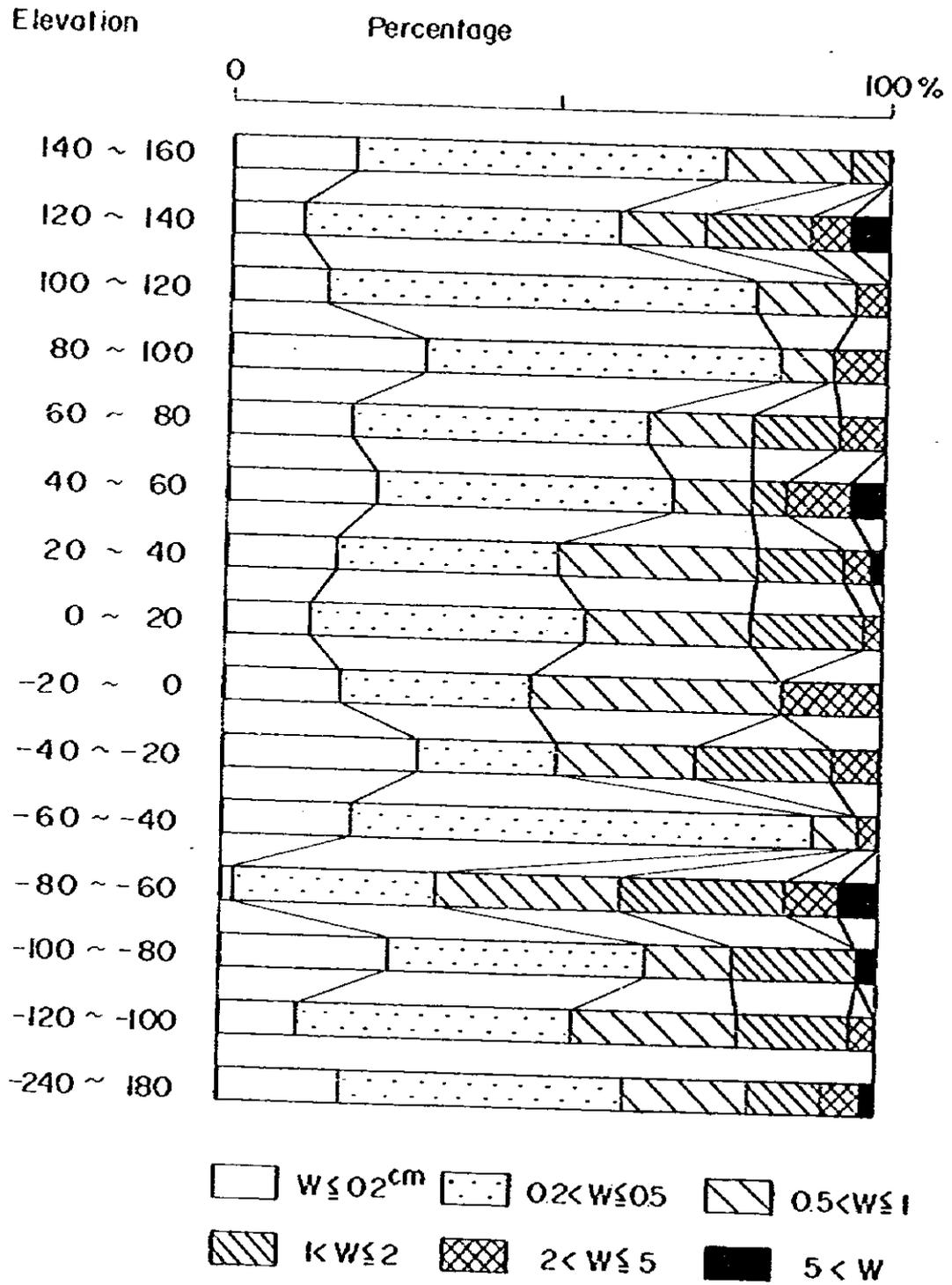
ボーリングおよび横坑の状態は Sümerman (1973) により、縮尺1/100のボーリング柱状図ならびに縮尺1/50および1/100の横坑展開図として記録されている。これらの記録に基づいてダム地点付近の Köprücay 礫岩のカルスト化について検討した結果は以下の通りである。ただし、これらの記録においては幅0.1 cm以下の溶蝕亀裂や径1 cm以下の溶蝕空洞は表示されていない。

#### (i) 溶蝕空隙の規模

ボーリング調査によって確認された溶蝕空隙の幅と標高との関係は Fig. 7-8 に示す通りである。溶蝕空隙の大半はダム地点付近の横坑で観察されるように粘土や方解石が挟在しており、その幅が有効間隙幅ではない。溶蝕空隙の幅は平均0.9 cmで最大はLS-11孔の深度260 mにおける4 mである。溶蝕空隙は幅0.2~0.5 cmの範囲のものが最も多く全体の42%を占め、幅5 cm以上のものは1%と少く全般的に小規模である。なお Fig. 7-8 より溶蝕空隙の規模に関する構成比率は標高0 m以深で変化があるものの、全体としてはほぼ一様であると言うことができよう。また-120 m以深には幅1 cm以上の溶蝕空隙は殆んど認められない。

横坑において確認された溶蝕亀裂の幅は平均1.1~3.4 cmであり、最大はLT-1坑M坑の46 mにおける80 cmである。溶蝕亀裂は幅2 cm以下のものが全体の70%を占め、幅10 cm以上を示すものは全体の7%を占めている。また溶蝕空洞の径は平均25~60 cmであり、最大はRT-4坑B坑43 m付近における150×300 cmである。溶蝕空洞は径10~50 cmのものが全体の58%を占め、径1 m以上のものは5%前後(4個)である。

Fig. 7-8 Width of Solution in Drillhole



## (2) 溶蝕空隙の分布頻度

ボーリング孔はダムやグラウトカーテンのための調査を目的としているため、北東-南西方向に延びる細長い地域に位置している。各ボーリング孔を Köprücay 川からの距離によってグループ化し、その標高別に Köprücay 礫岩中に発達する溶蝕空隙の分布を示したのが Fig.7-9 である。溶蝕空隙はボーリングの到達する最低標高である LS-19 孔の孔底(標高-236.86m)付近においても存在しており、溶蝕空隙の分布の下限は未だ確認されていない。

溶蝕空隙の分布頻度は河床および河床から 100m 以内において高く約 0.5 本/m を示す。また標高別には標高 120~140 m, 20~40 m, -40~-20 m においてやや高くなっており、標高-120 m 以深では、この標高のボーリング孔数が少ないため、明確なことは言えないが、分布頻度が低くなるようである。しかし Köprücay 礫岩の溶蝕の分布頻度はダム地点周辺全体としては、ほぼ均一と見做すことができその平均は 0.13 本/m (7.8 m 間隔) である。

横坑は Köprücay 川より 200 m 以内の標高 54~150 m の範囲内に掘削されている。溶蝕亀裂は平均 0.33 本/m、溶蝕空洞は 0.01 本/m の頻度で分布しており、横坑付近のボーリングにおける溶蝕の頻度より高い。

## (3) 溶蝕空隙の方向

ダム地点付近の横坑において観察される溶蝕亀裂の殆んどは、断層や節理に沿って発達したものであり、また溶蝕空洞の 87% は断層や節理に沿って発達している。一方断層および連続性のある節理の 93% は溶蝕亀裂や溶蝕空洞を伴っている。したがって Köprücay 礫岩のカルスト化は岩盤中の断層や節理に沿って進行している。断層や節理は 7.3.3 (3) で述べたように、N70°E~EW, N10~30°E の走向を有し、いずれも鉛直に近い傾斜のものがかなり卓越しており、溶蝕亀裂の発達方向もこれとほぼ一致していると考えられる。

## (4) 溶蝕空隙の連続性

ダム地点周辺の地下水の状態については 7.3.5 (I) で述べるが、地下水位が低く、かつ河川水位の変動にすばやく追従していることより礫岩々盤中には、互いに連結した空隙が発達していることが推定される。礫岩中には既に述べた如く節理や断層が 2 方向に発達する傾向が認められるため、これらに沿って発達する溶蝕亀裂や溶蝕空洞は互いに連結して立体網を成していると考えられる。

## (5) 旧地下水面と溶蝕の発達標高

地下水による溶蝕は、地下水面付近で最も進行すると一般に言われている。ダム地点周辺の地下水位は、ほぼ Köprücay 川の水位(標高約 38 m)に一致しており、河川水位付近の標高 20~40 m において、溶蝕空隙の分布頻度がやや高くなっている。したがって過去においても同様にかつての河川水位の標高に溶蝕亀裂や溶蝕空隙が集中して形成され

た可能性がある。

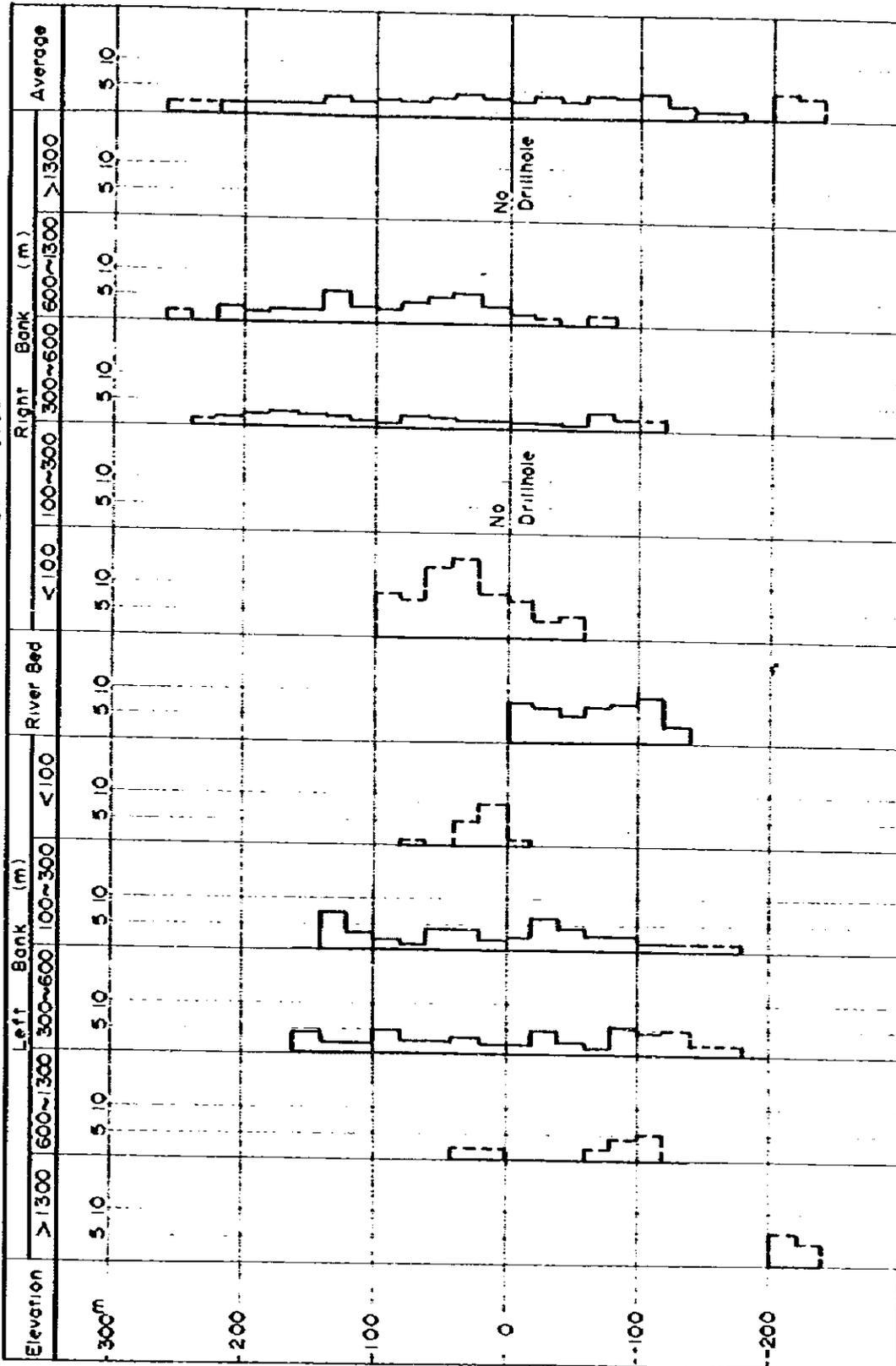
ダム地点付近における過去のおよその河川水位は周辺の地形より以下のように推定することが可能であろう (Fig. 7-10 参照)。

- (a) 標高 0 m : ダム地点河床の河床砂礫の底面標高
- (b) 標高 70 m : ダム地点下流 Koca Dele 川合流点付近に分布する段丘面を現在の河川勾配に平行してダム地点まで延長した場合の標高
- (c) 標高 90 m : ダム上流 Beskonak 村付近の緩い河川勾配をダム地点まで延長した場合の標高
- (d) 標高 220 m : ダム地点上流左岸に分布する扇状地 (あるいは段丘) 面をダム地点まで延長した場合の標高

一方、溶蝕の分布頻度が不明瞭ながらもピークを成す標高は 120 ~ 140 m, -20 ~ -40 m があげられる。これらのうち -20 ~ -40 m が (a) の標高 0 m に対応するようである。

その他については対応がつけ難いが今後検討すべき課題と思われる。なお、地中海の海面は約 2 万年前の Würm 氷期に現在より約 100 m 低下したといわれている。Beskonak ダム地点周辺では標高 -120 m 以深でカルスト化の程度が弱くなる傾向が認められるようであり、また Köprücay 川の東岸の Manavgat 川流域に建設中の Oymapinar ダム地点においても標高 -100 m 以深に著しいカルスト化は認められないと報告されており、これらの現象は広域的に共通した地質現象であり Würm 氷期の海水準と関係するのかもしれない。

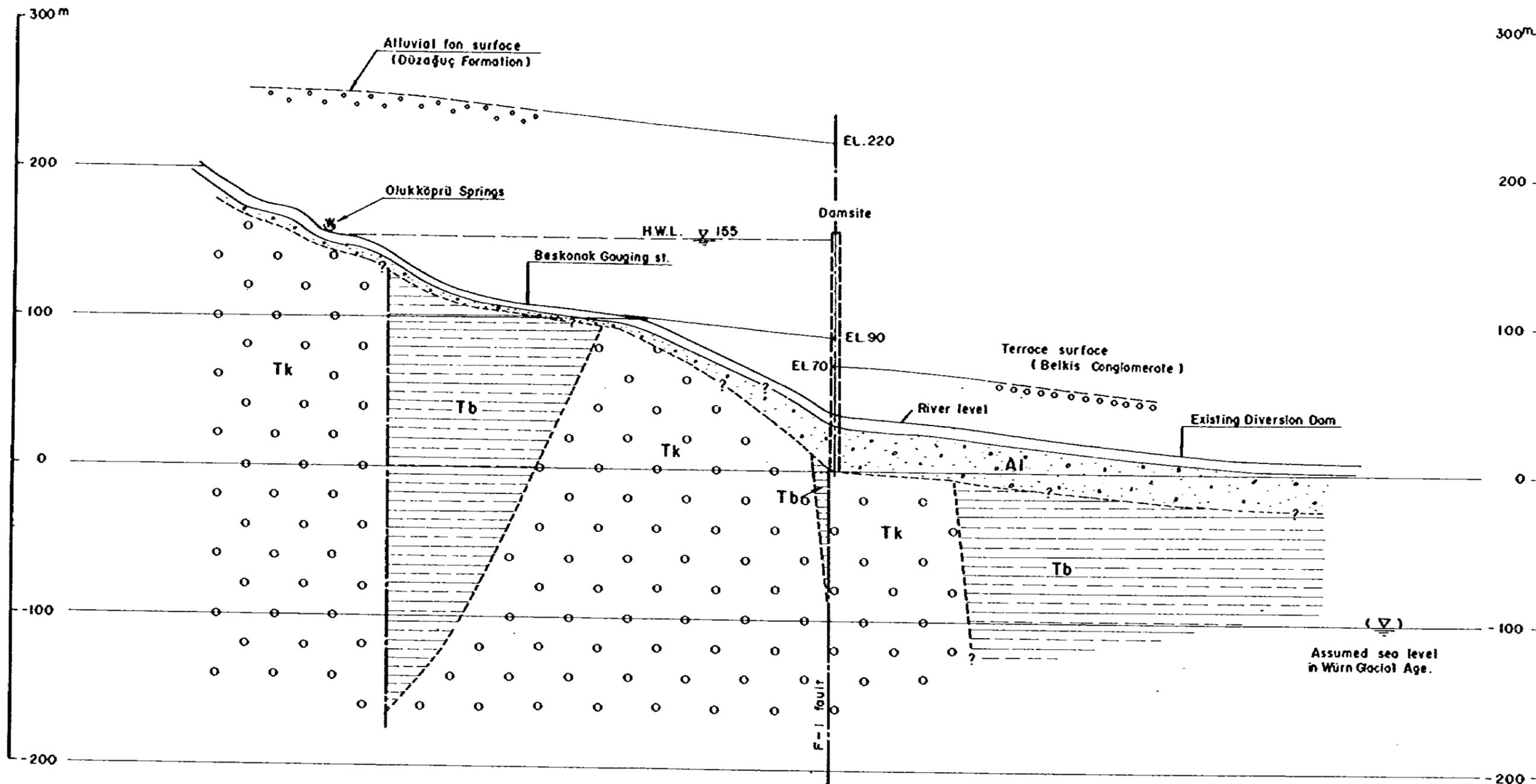
Fig. 7-9 Distribution of Solution in Drillholes



Note: RS-24 is excluded

0 20 cracks/20m





- |   |   |  |                   |
|---|---|--|-------------------|
|  | <b>ALLUVIUM</b><br>Sand, silt, gravel                           |  | Geologic boundary |
|  | <b>BEŞKONAK FORMATION</b><br>Alternation of Shale and Sandstone |  | Fault             |
|  | <b>KÖPRÜÇAY CONGLOMERATE</b><br>Carcareous Conglomerate         |  |                   |



Fig. 7-10  
Topography along Köprüçay River

### 7.3.5 ダム地点周辺の地下水

#### (1) 地下水位

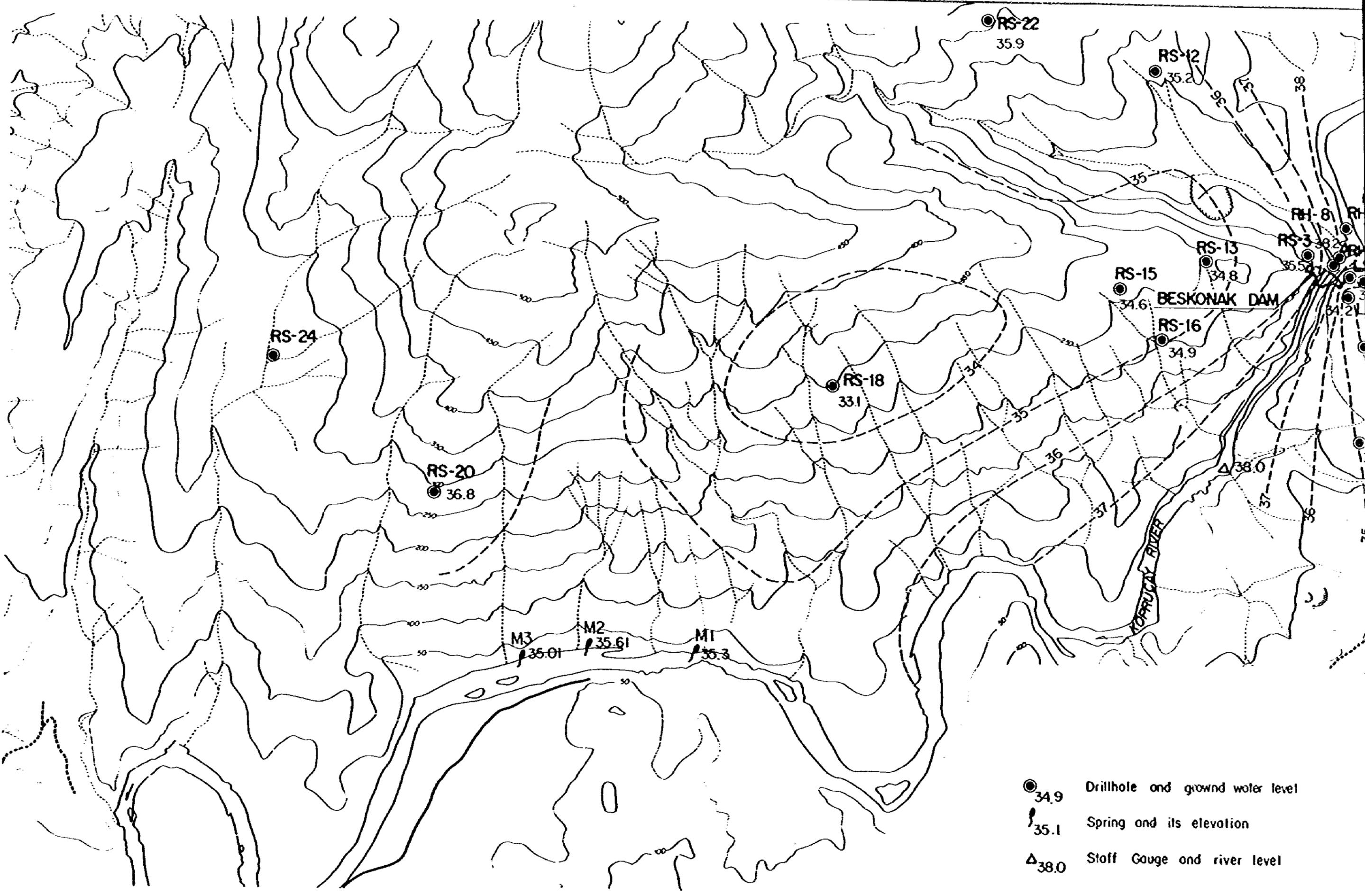
ダム地点周辺の地下水位については Sümerman (1973) の河川水位および孔内水位測定記録により明らかにすることができる。この記録は 1969 年～1971 年の 3 年間、ダム地点周辺のボーリング孔の孔内水位および Köprücay 川の水位をほぼ毎日測定した結果をグラフで示したものである。これによれば孔内水位は 12 月～5 月の高水期に短期間河川水位より高くなることはあるが、その他の期間はいずれも河川水位より低くなっている。ただしダム地点左岸の Hortu 鞍部の H-1 孔、H-3 孔は Beskonak 層中あるいは砂岩、頁岩の挟在の多い Köprücay 礫岩を削孔しているので例外的に河川水位よりかなり高い孔内水位（標高 100m 以上）を示している。

低水期におけるダム地点付近の地下水面は Fig.7-11 に示す通りであり、地下水位は Köprücay 川より離れるにしたがって低下する。左岸では LS-6 孔を通過して南東に延びる方向に河川水位より 3～4 m 低い地下水位の凹部が認められ、右岸では RS-13 孔から RS-18 孔に到る南西～北東方向に延びた細長い範囲で河川水位より 4～5 m 低い地下水面の凹部が認められる。このようにダム地点周辺の地下水位が河川水位より低いのは、ダム地点に広く分布する Köprücay 礫岩がカルスト化を受けていて、岩盤の保水能力が小さいためと考えられる。

なお低水期におけるダム地点付近の河川水位と孔内水位との差を Köprücay 川からの距離との関係で示したのが Fig.7-12 である。孔内水位は Köprücay 川より 100 m 程度離れた地点まで比較的急勾配（3/100 以上）で低下している。これは 7.3.4 で述べたようにこの部分における溶蝕空隙の分布頻度が高いことと関係があるようである。

Fig.7-13 は Sümerman (1973) の河川水位および孔内水位測定記録の一部であり、多くのボーリング孔における孔内水位が河川水位の変動にすばやく追従していることを示している。この現象はダム地点周辺の岩盤には、一般的に互いに連続している空隙が発達していることを示唆していると思われる。





- 34.9 Drillhole and ground water level
- ⌋ 35.1 Spring and its elevation
- △ 38.0 Staff Gauge and river level

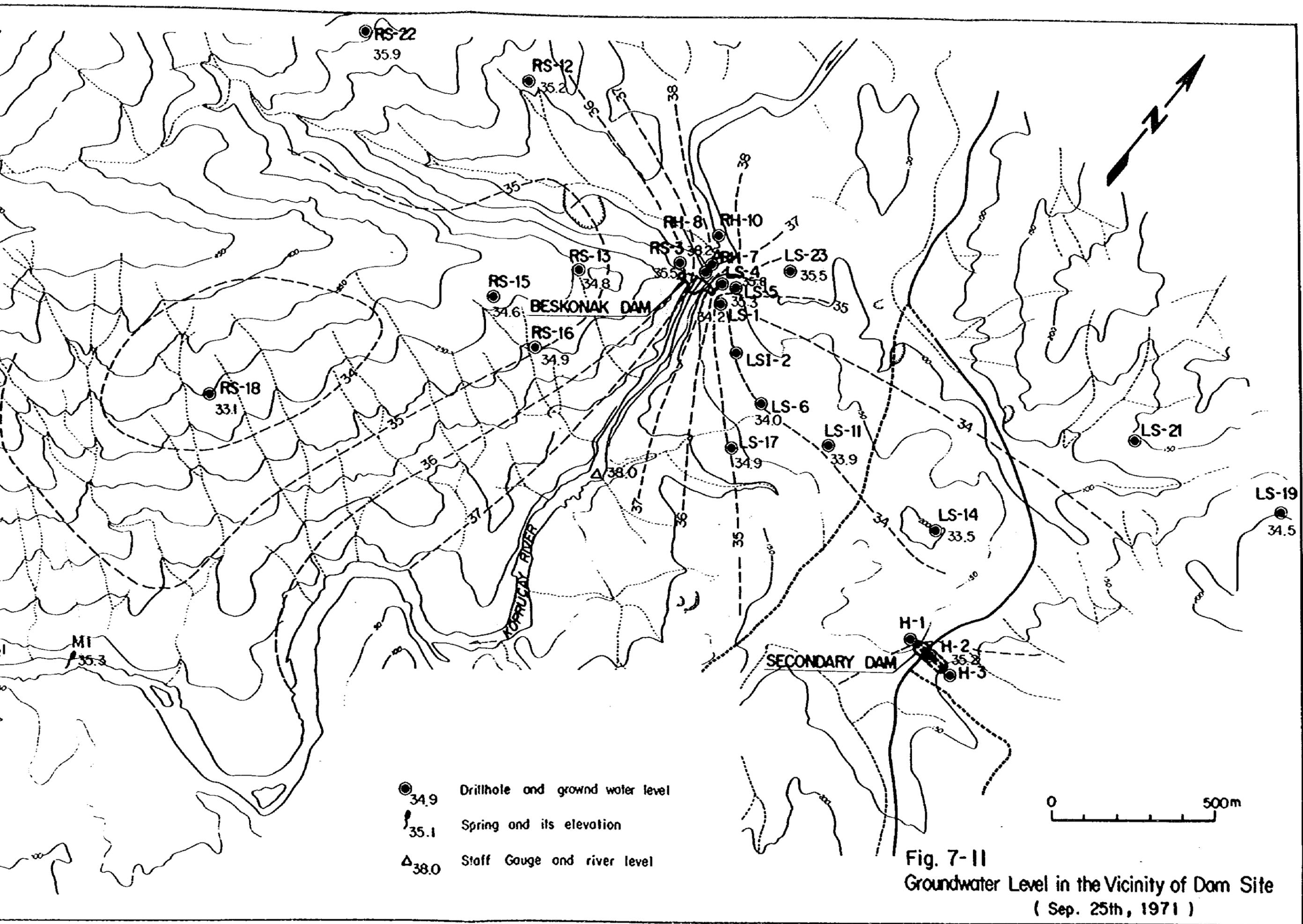


Fig. 7-II  
Groundwater Level in the Vicinity of Dam Site  
( Sep. 25th, 1971 )

Fig. 7-12 Elevation Head Between River Level and Water Level in Drillhole

( Sept: 25th, 1971 )

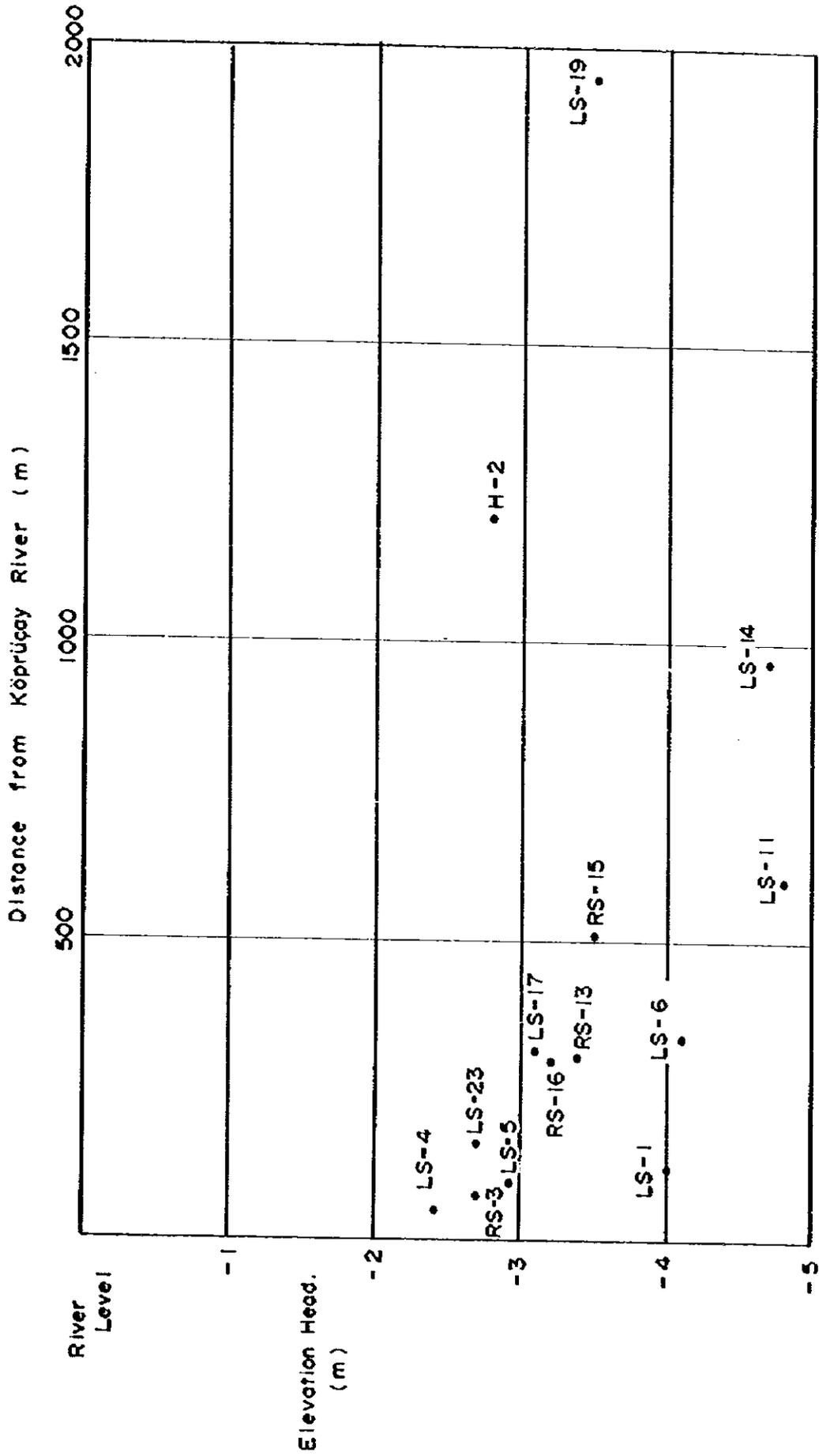
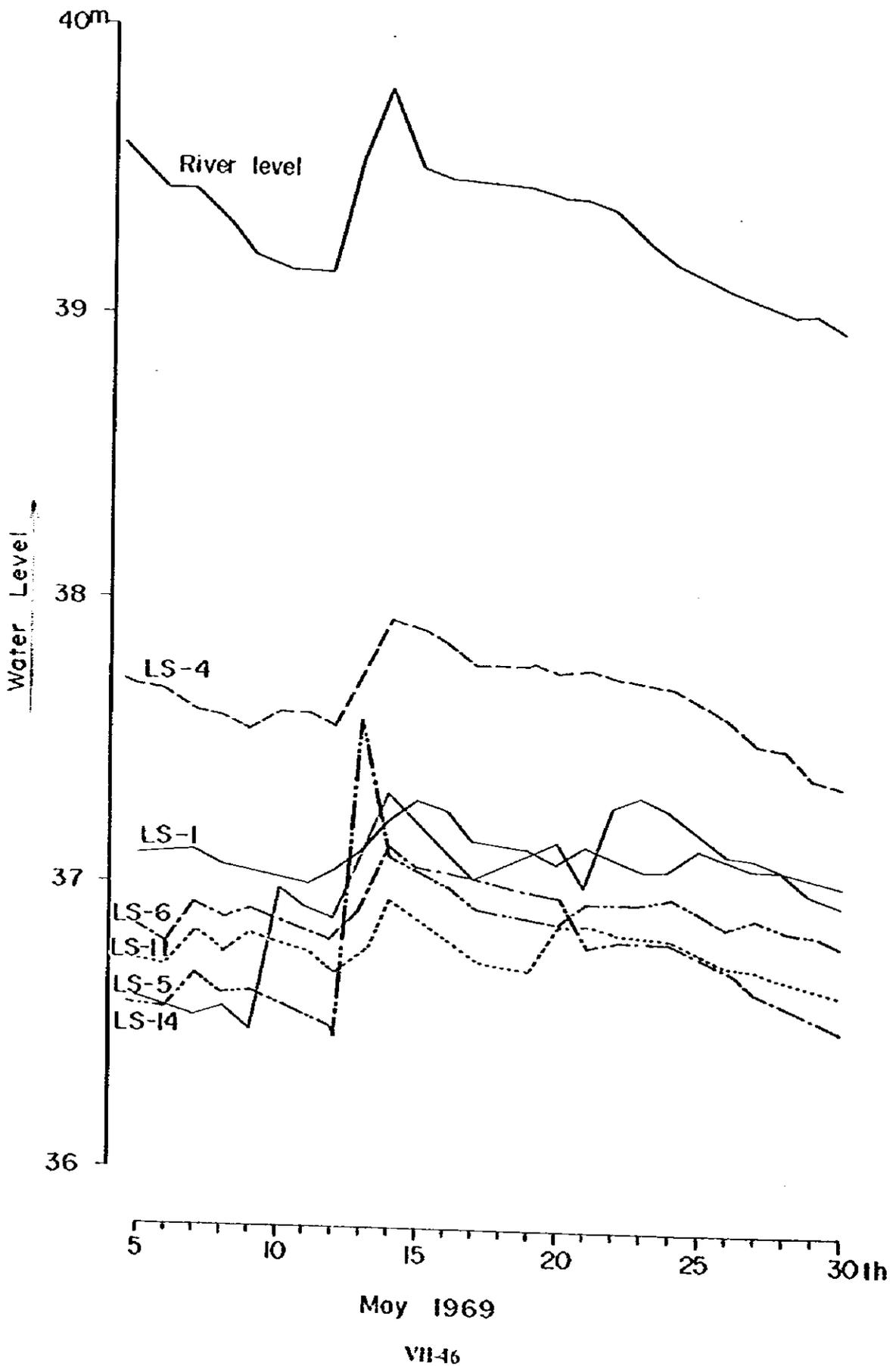


Fig. 7-13 Fluctuation of Groundwater Level  
in Drillholes in the Vicinity of Dam Site



(2) ダム地点下流の湧水

ダム地点下流の湧水は、ダム地点より約3km下流の Köprücay 川右岸に位置している。M1～M3と命名された主要な湧水は3ヶ所認められ、いずれも川岸の礫岩中より湧出し標高は35～36mである。

1982年にDS Iにより実施された河川流量測定 (Fig.7-14参照)の結果、計画地域とその周辺の河川流量はTable 7-8に示す通りである (Tarimci, 1982)。これによると、ダム地点付近の№5地点における流量は、上流の№4地点よりも $0.8\sim 11.4\text{ m}^3/\text{sec}$ 減少しており、河川水が地山に浸透していると推定される。また7月においてはダム地点周辺のすべての支流は涸れるため、下流地点における流量の増加分 (約 $3\text{ m}^3/\text{sec}$ )は、ほぼM1～M3の湧水量を示すものと思われる。

湧水地点は北西-南東方向の軸を有する Bozburum 背斜の翼部にあたり地層面は上流側へ傾斜しており礫岩中には頁岩や砂岩が挟在している。したがってこの湧水は礫岩中の地下水が頁岩や砂岩の挟在層により、下流側への移動を妨げられた結果 Köprücay 川河岸に湧水しているものと考えられる。

Sümerman (1973)はM1およびM2湧泉と Oluk-köprü 湧泉群およびダム地点の Köprücay 川の水質分析により以下のように述べている。

- (a) これらの水試料の溶存成分はほぼ同一であるが、塩素濃度よりみればM1, M2は、Olukköprü 湧水群と Köprücay 川の水との中間的なものである。
- (b) 水温の季節変化からみればM1, M2湧泉における湧水の一部は、Köprücay 川より供給されたものである。

また、調査団が1982年10月に実施した簡易水質調査の際にも、これらを否定するような結果は得られていない。

DS Iにより行なわれた水質分析結果をTable 7-9に示す。



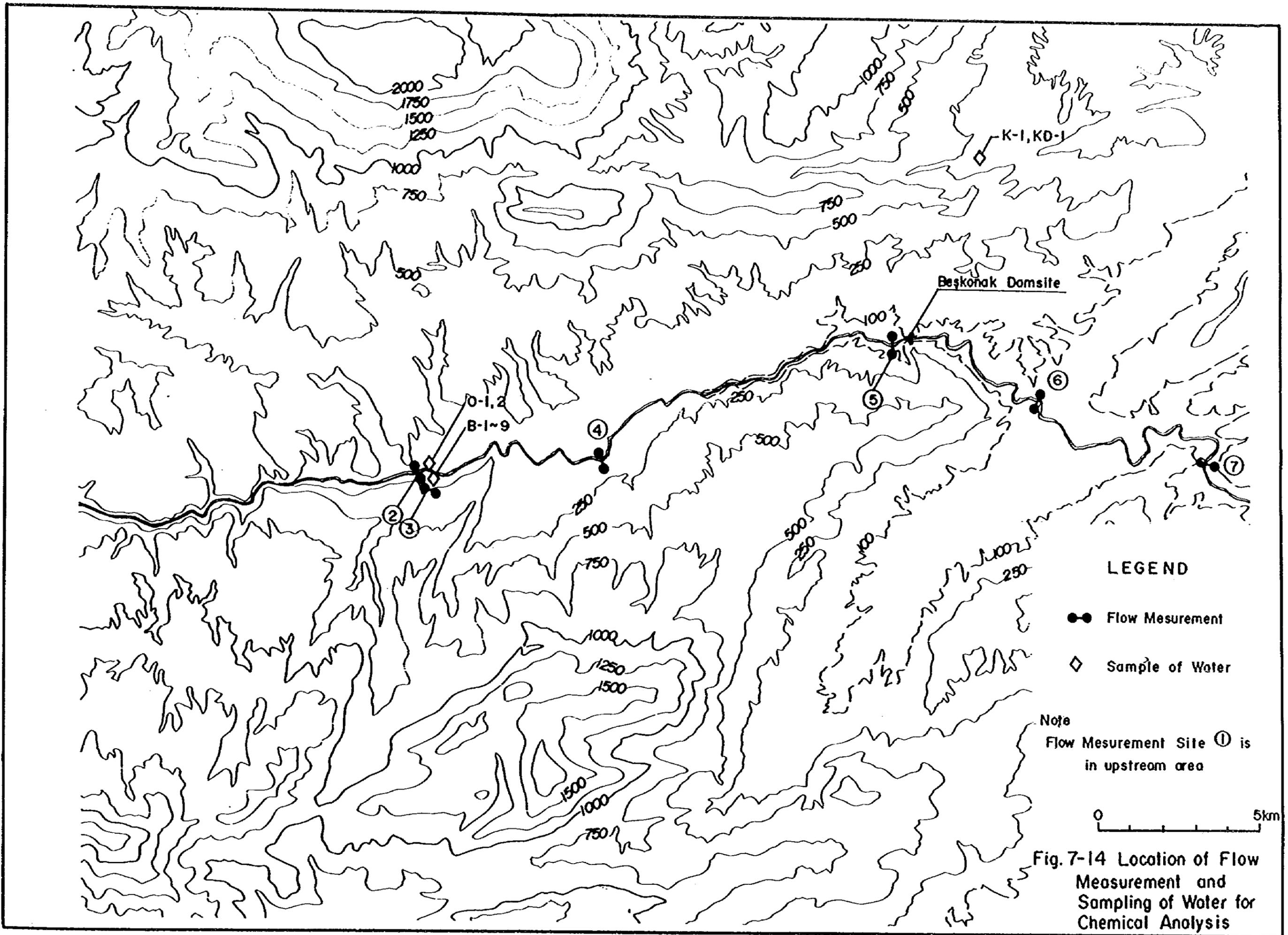


Fig. 7-14 Location of Flow Measurement and Sampling of Water for Chemical Analysis

Table 7-8 Results of River Flow Measurement

Site No.	(Unit: m <sup>3</sup> /sec)				
	Apr. 27,	May 10,	June 29,	July 28,	Sept 3,
1	-	-	17.119	8.039	2.785
2	94.512	94.784	52.228	42.015	33.616
3	5.395	6.350	13.645	2.493	2.476
4	-	118.994	67.360	51.189	-
5	-	107.586	60.667	50.410	36.620
6	-	117.310	66.525	53.498	40.681
7	-	107.961	54.000	53.000	37.000

Locations of measurement sites are shown in Fig. 7-14

Table 7-9 Water Quality Analysis

Locality No.	Temp. (°C)	PH	EC	DO (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Mg <sup>2+</sup> (ppm)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)
B-1	14	7.2	435	6.64	72	10.8	268.4	7.1	12.0
B-2	14	7.1	440	6.56	68	12.0	268.4	7.1	4.8
B-3	14	7.2	365	6.80	42	16.8	225.7	6.4	5.8
B-4	14	7.0	375	7.25	40	8.4	164.7	7.1	7.7
B-5	14	7.1	365	6.80	52	2.4	219.6	6.4	7.7
B-6	14.5	7.0	390	7.38	62	7.2	231.8	7.1	13.0
B-8	14.5	6.9	390	6.76	56	12.0	231.8	7.4	14.9
B-9	14.5	7.1	435	7.60	64	12.0	262.3	7.1	13.0
O-1	14	7.2	375	6.92	56	9.6	225.7	6.4	13.0
O-2	14	7.1	375	7.08	56	9.6	244.0	7.1	6.7
K-1	17	7.1	480	6.64	72	8.4	256.2	20.9	17.3
KD-1	17	7.3	485	6.76	46	10.8	195.2	20.6	7.7
River	18	7.4	345	7.20	52	7.2	195.2	12.4	13.0

Sampled on June 23th, 1982 and analyzed by DSI

### 7.3.6 ダム地点周辺の透水性

#### (1) 透水試験

ダム地点周辺のボーリング孔においては、削孔と平行して透水試験が実施されている。Siuneman (1973) によれば、試験は深度4 m以深の岩盤を対象として区間長2 m、孔口圧力は深度42 mまでの区間において1~10 kg/cm<sup>2</sup>、深度42 m以深の区間において10 kg/cm<sup>2</sup>にそれぞれ設定し、この条件下で10分間の注入量を測定するものである。なお試験結果は柱状図に示されている。この試験結果よりルジオン値を算定し、ダム地点周辺の岩盤の透水性に関し以下のような検討を行なった。

#### (a) Köprücay 礫岩のルジオン値の分布

Köprücay 礫岩は一般に表層の厚さ20~40 mで透水性が高く10~70 Luを示す場合が多い。40 m以深においては平均5.9 Luを示し、1 Lu以下を示す区間は全体の74%、10 Lu以上を示す区間は7%である (Fig.7-15 参照)。

深度40 m以深の礫岩のルジオン値の分布をKöprücay川からの距離および標高との関係で示したのがFig.7-16である。この図に示されているように、Köprücay川からの距離の点からみて特にルジオン値の大きい部分は認められない。一方、標高の点からは、ルジオン値の大きい部分は左岸においては不明瞭であるが河床より右岸にかけて標高120~140 m、20~60 mおよび-60~-80 mにおいてかなり明瞭に認められる。全体としては標高40~60 mおよび-60~-80 mにおいてルジオン値がやや大きくなっている傾向があり、また標高-100 m以下は、試験区間数が少ないが、透水性は低くなっているようである。

なお断層周辺の礫岩のルジオン値は一般に大きく、F-1断層周辺はRH-10孔、LS-23孔における試験の結果、幅20~50 mにわたり40 Lu前後を示し、その他の主要な断層は幅5~20 mにわたり4~30 Luを示す場合が多い。

#### (b) Beskonak 層のルジオン値の分布

Beskonak 層は、一般に表層の40 mは風化しており、試験を実施していない区間や20 Lu以下を示す区間が多い。深度40 m以深においては平均1.6 Luを示し、1 Lu以下の区間は全体の88%、10 Lu以上の区間は2%であり、礫岩に比べるとかなりルジオン値が小さくなっている (Fig.7-15 参照)。なおBeskonak層に関しては断層の周辺でルジオン値が大きいゾーンは認められない。

Fig.7-15 Frequency of Lugeon Value  
at the depth deeper than 40m

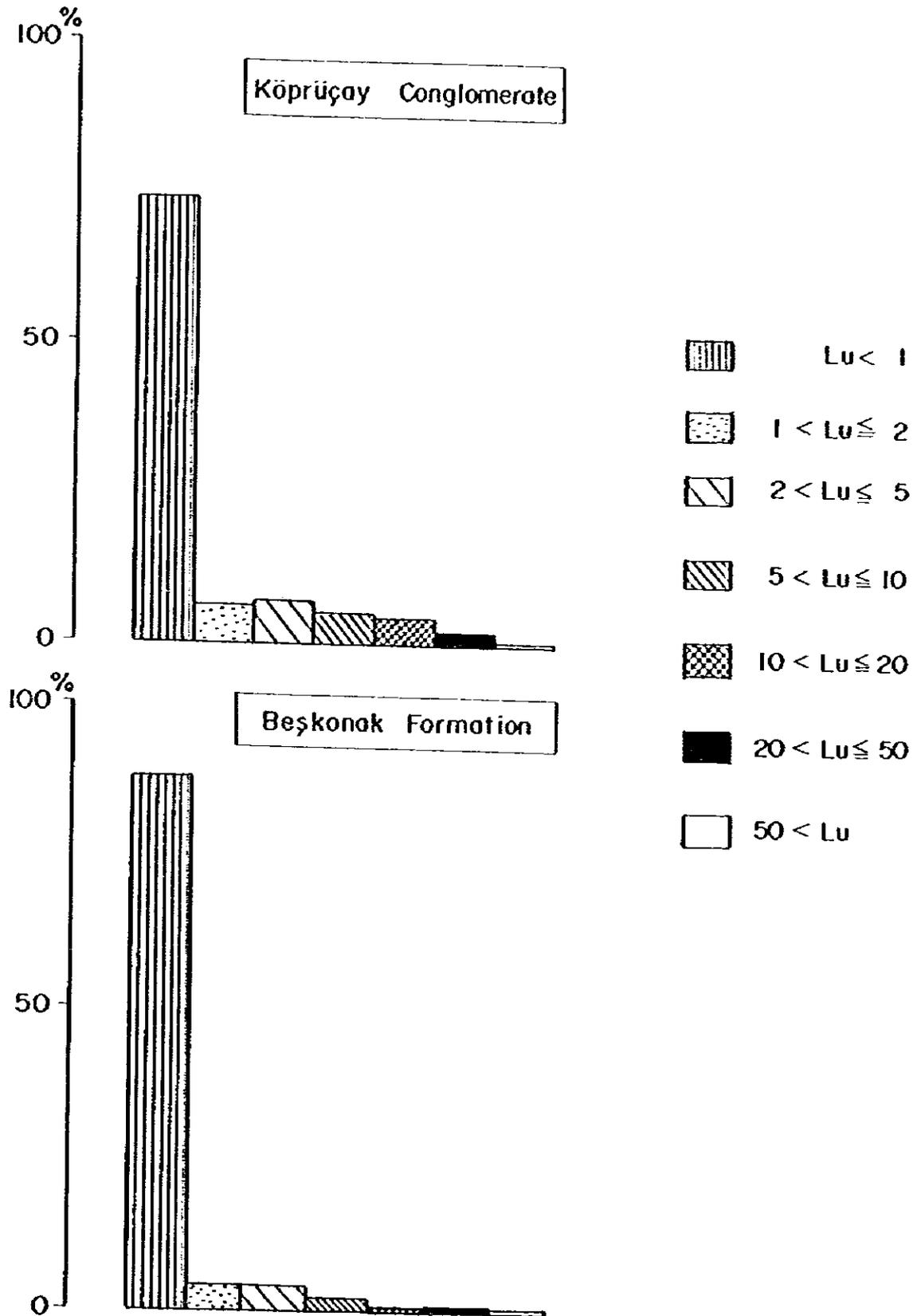
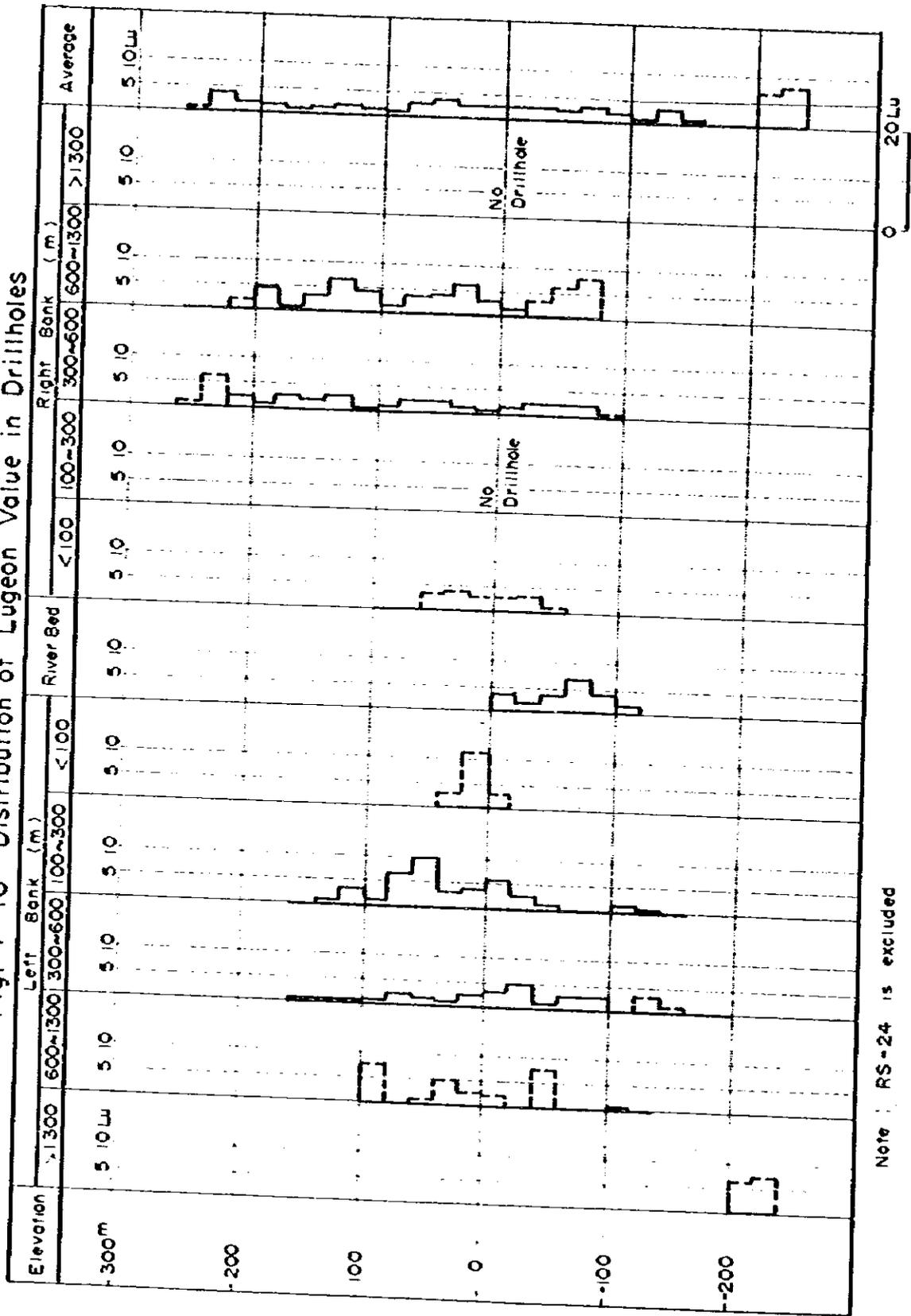


Fig. 7-16 Distribution of Lugeon Value in Drillholes



## (2) 透水試験結果の検討

### (a) 溶蝕空隙とルジオン値

Köprücay 礫岩はカルスト化を受けており、岩盤中の溶蝕空隙の分布状態が透水試験結果に及ぼす影響は大きいと予想される。実際に個々の透水試験区間において、ルジオン値が高い区間には溶蝕空隙が存在することが多い。またダム地点右岸においては、ルジオン値と溶蝕空隙の分布頻度とは比較的良い一致を示している。しかし、河床付近および左岸においては両者の一致は殆んど認められない (Fig.7-9 および Fig.7-16 参照)。また、個々の透水試験区間において、溶蝕空隙のある場合必ずしもルジオン値が高いわけではない。ダム地点付近の横坑で観察されるように溶蝕空隙が粘土あるいは方解石によって充填されていること、あるいは溶蝕空隙の中には連続性に乏しいものがあることが原因であると思われる。

### (b) 孔口注入圧力が $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下の区間

透水試験において深度 42 m 以深においては、孔口における注入圧力を  $10\text{kg}/\text{cm}^2$  に設定するよう規定されているが、深度 42 m 以深の礫岩中で実施された試験区間のうち、孔口圧力が所定の  $10\text{kg}/\text{cm}^2$  に達しないものは 7.9% ある。

これらの区間におけるルジオン値は平均 24.7 Lu と高く、20 Lu 以上の区間が 45% を占めている。所定の孔口圧力に達しない理由として、試験区間に連続性のある溶蝕空隙があつて、注水量が多いためポンプ能力の限界を超えていることが多いと思われる。したがつて、これらの区間においては透水性を実際より過小評価していると考えられる。特に孔口圧力が得られない区間は透水性が著しく高いと考えられる。

孔口注入圧力が所定の  $10\text{kg}/\text{cm}^2$  に達しない区間は平均すると 25.2 m 間隔で出現する。一方礫岩中の溶蝕空隙は平均 7.8 m の間隔で出現する。したがつて溶蝕空隙の約 31% が透水試験の際孔口圧力を  $10\text{kg}/\text{cm}^2$  に保てない状態、すなわち、連続性のある空隙を伴うものであると概略的に推定することができよう。

### (c) 地下水位とルジオン値

ダム地点周辺の地下水位に関しては 7.3.5 で述べたように以下の 2 つの特徴が認められる。

- 1) 地下水位は河川水位より低い
- 2) 地下水位は河川水位の変動にすばやく追従する

このような現象は、ダム地点周辺の Köprücay 礫岩がカルスト化を受けて保水能力が低いためであり、岩盤中には溶蝕により形成された空隙が互いに連結し合う状態で発達していることを示唆していると思われる。このことは、透水試験で求めた礫岩の平均ルジオン値 (5.9 Lu) では説明し難い。したがつて地下水位の状態は (b) 「孔口注入圧力が  $10\text{kg}/\text{cm}^2$  に達しない区間」で述べたと同じように、ルジオン値が岩盤の透水性を過小評価

している可能性を裏付けるものである。

(3) Köprücay 礫岩の透水性の評価

ダム地点周辺に分布する Köprücay 礫岩については以下のようにまとめることができる。

- (a) 分布幅は右岸で 3.5 km 左岸では 1.5 km 以上であり、下限の標高は -200 m 以下である。
- (b) Köprücay 礫岩は溶蝕を受けており、その下限は未確認であるが、標高 -120 m 以下では分布頻度、規模ともに小さくなる傾向にある。
- (c) Köprücay 礫岩の溶蝕空隙の規模は小さく、標高 -120 m 以上ではその分布はほぼ一様である。
- (d) 溶蝕空隙は大半が節理や断層に沿って発達している。
- (e) ほとんどの溶蝕空隙には粘土や方解石が挟在している。
- (f) 透水試験の結果 Köprücay 礫岩のルジオン値は標高 -120 m 以上でほぼ均一な分布を示し、その平均は 5.9 Lu である。
- (g) 透水試験の際 Köprücay 礫岩中の試験区間の 7.9 % は所定の孔口圧力が得られず、この区間におけるルジオン値は岩盤の透水性を過少評価するものである。
- (h) Köprücay 礫岩中の地下水位は河川水位より低く、河川水位の変化にすばやく追従する。

これらをまとめれば、Köprücay 礫岩には標高 -120 m 以上において一様に小規模な溶蝕空隙が三次元的に連続して発達していると考えられる。したがってダム地点周辺において予想される貯水池からの漏水の検討の際、標高 -120 m 以上における Köprücay 礫岩を巨視的に透水性に関して均質な媒体であると見做すことができよう。

しかし、ダム地点周辺の Köprücay 礫岩の分布範囲は広く、従来の調査結果から連続性のある大規模な溶蝕空隙の存在を全く否定することはできない。貯水池上流地域の Oluk-Köprü 湧泉群は Köprücay 礫岩中に連続性のある空隙が相当数存在することを現実的に示しており、また、ダム地点周辺で地下水位が低い現象も十分に解明されておらず、連続性のある空隙が数多く存在することによるものである可能性があり、今後調査により明らかにする必要がある。なお、Köprücay 礫岩は透水試験の結果平均 5.9 Lu を示しているが、この値は孔口における注入圧力が所定の圧力に達しない試験区間を含めており、Köprücay 礫岩の透水性を過少評価したものであることに留意する必要がある。

## 7.4 ダム地点および隣接構造物地点の地質

### 7.4.1 ダム地点

#### (1) 調査方法

ダム地点については、地表踏査、ボーリング調査および横坑調査が実施されている。地表踏査の結果は縮尺1:1000地形図にまとめられている。ボーリングは7孔計1383.23m (Table 7-2 参照) が掘削され、また孔内において透水試験が実施されている。横坑は6坑計1070.3m (Table 7-5 参照) が掘削されている。

#### (2) 地形

ダム地点は Köprücay 川によって刻まれた峡谷の上流端より50m前後下流に位置する。ダム地点においては峡谷は深く狭いV字状を呈する。すなわち谷底(標高38m)における谷幅は15~25mで、左岸の標高150m以下および右岸の標高200m以下は傾斜70°以上の急崖となっており、計画溝水位(標高155m)における谷幅は70~100mとなっている。なお両岸の急崖より上部は傾斜約30°の斜面となっている。

#### (3) 地質

##### (a) 表層堆積物

ダム地点の殆んどは露岩しており、表土は岩盤表面の凹部を埋めて分布するに過ぎない。河床砂礫の厚さはダム軸上のRH-8孔で33.54m、ダム軸上流50mのRH-7孔で19.15m、峡谷入口より上流のRH-10孔で14.98mである。河床砂礫は砂および礫(石灰岩および砂岩)より構成されており、RH-8孔においては、最大3.2mの石灰質礫岩の岩塊が混在している。

##### (b) 基礎岩盤

ダム地点の基礎岩盤は Köprücay 礫岩のみから構成されている。この礫岩は主に石灰石の円礫や亜円礫と石灰質の基質より構成されており、頁岩や砂岩の薄層がわずかに挟在する。Köprücay 礫岩はボーリングにおいては1m以上の棒状コアとして採取されている部分が多く全般に塊状堅硬であり、Table 7-10に示す基準で、岩盤分類をすれば、

Weathering : 2あるいは3

Hardness : B

Interval of Cracks : IあるいはII

と評価される。

Table 7-10 Standard of Rock Evaluation

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

(c) 構造地質

ダム地点の構造地質は以下に示す通りである。

- i) ダム地点は Köprücay 川に沿った緩い向斜 (Köprücay 向斜) の軸部付近に位置し、層理面は一般にダム軸に平行あるいは斜交する  $N30^{\circ}E \sim 80^{\circ}E$  の走向を示し、下流側へ  $4 \sim 11^{\circ}$  傾斜する。
- ii) ダム地点付近に分布する顕著な断層は Table 7-11 に示す通りである。ダム地点付近には、これらの他にも断層が分布するが、いずれも破砕幅  $1\text{ m}$  以下で連続性に乏しい。
- iii) 断層や節理は  $N70^{\circ}E \sim EW$  および  $N10 \sim 30^{\circ}E$  の走向を有し、いずれも鉛直に近い傾斜のものがかなり卓越している。

(d) カルスト化

ダム地点を含めたダム地点周辺の Köprücay 礫岩のカルスト化の一般的な傾向は 7.3.4 で述べた通りである。ダム地点付近については、これに加えて以下の傾向が認められる。

- i) 溶蝕の分布頻度については河床部および右岸で高いことが、RH-7 孔、RH-8 孔および RS-3 孔で明らかになっている。また分布頻度は標高の点では標高  $100\text{ m}$  以上で高く標高  $-120\text{ m}$  以上では減少の傾向を示さない (Fig. 7-17 参照)。
- ii) 溶蝕の幅は分布頻度とは逆の傾向を示し、標高  $60 \sim 80\text{ m}$  で広がっており、また標高  $-40\text{ m}$  以下では幅  $2\text{ cm}$  以上のものは殆んど認められない。(Fig. 7-18 参照)。

Table 7-11 Major Faults in the Vicinity of the Dam Site

Name of Fault*	Sheared Zone Width (ca)	Strike, Drip	Location	Chief Location Confirmed
F-1	400	EW-57°N	At 120 m upstream from upstream end of dam foundation. Minor faults are numerous in a range to approximately 40 m downstream of this fault, but the dam foundation is outside the range of influence.	RH-10: 122.0 - 129.5 m LS-23: 83.9 - 89.4 m
F-3	10-50	N5-15°E 65-71°NW	At left abutment of dam foundation. The fault has a strike in the upstream downstream direction, and dips toward the mountain side.	Adit RT-3: left lateral adit 25 m Adit RT-4: left lateral adit 18 m
F-4	50-100	N15°E 76-81°NW	At left bank side of dam site in roughly upstream-downstream direction. Distance from dam site is approximately 60 m, and crosses Koprucay River approximately 180 m downstream of dam site.	Left bank upstream slope Adit LT-1: middle adit 45.5 m Adit LT-2: 42 m Adit LA-5: 39 m

\* Names of faults according to Sumerman (1973)

Fig. 7-17 Distribution of Solution at Dam Site

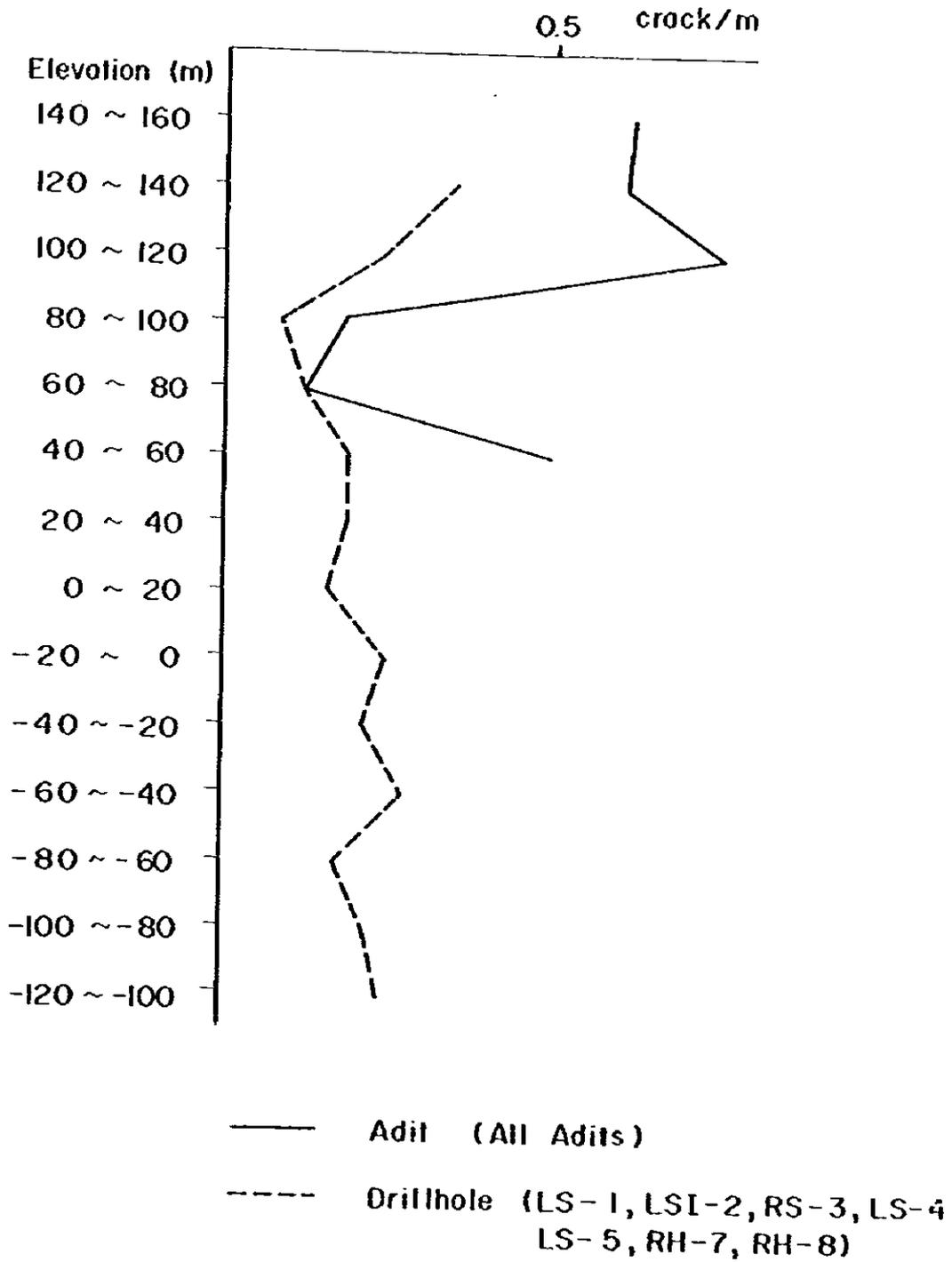
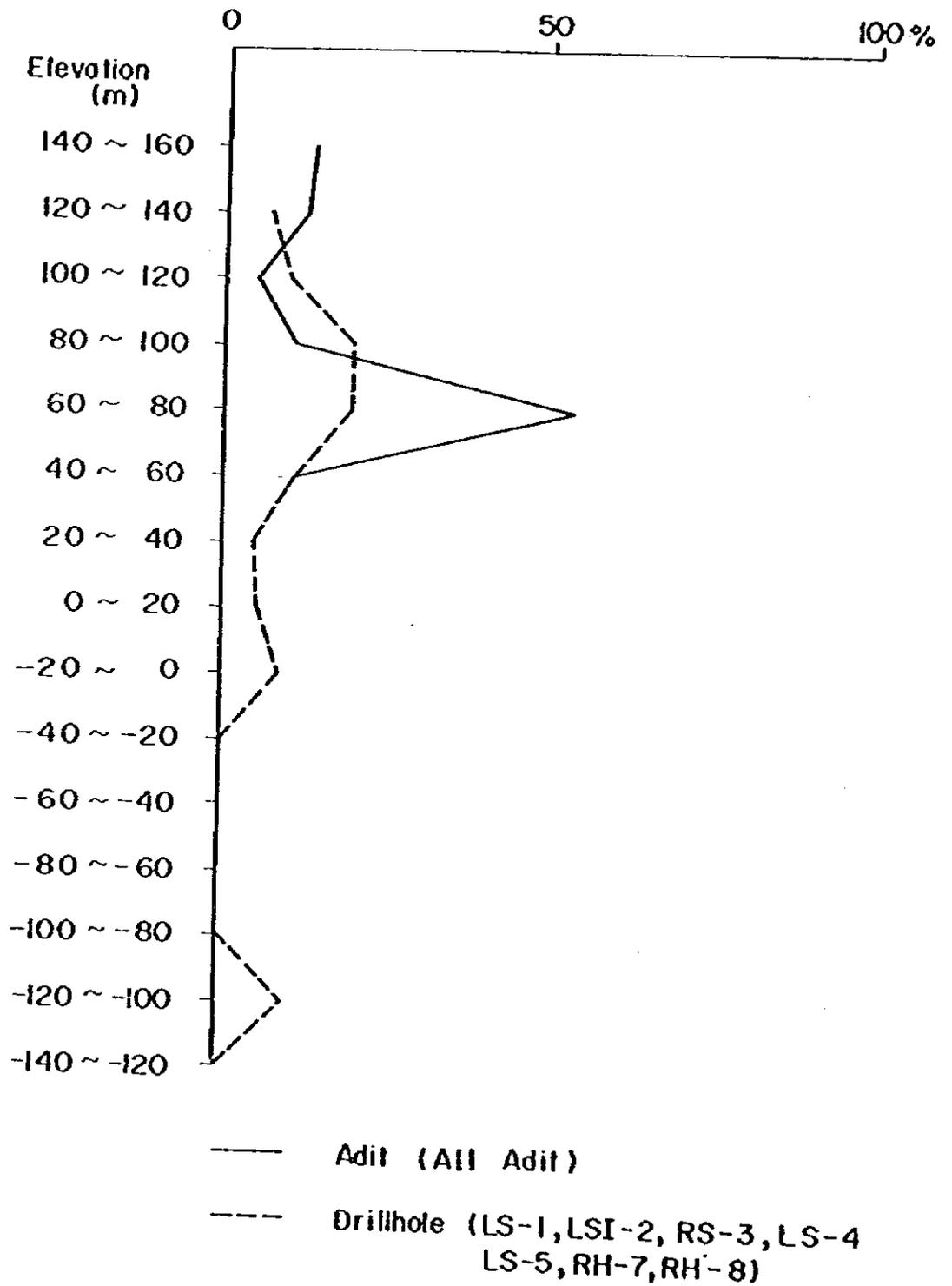


Fig.7-18: Width of Solution at Dam Site  
 (Percentage of solution which is more than 2 cm wide )



#### (e) 地下水

ダム地点周辺の地下水に関しては7.3.5に述べた通りである。

#### (f) 透水性

ダム地点周辺の Köprücay 礫岩の透水性についての一般的な傾向は7.3.6に述べた通りであり、ダム地点においても同様である。すなわち Köprücay 礫岩は標高-120m以上においては、溶蝕空隙がほぼ一様に分布しており透水性に関して巨視的に均質な媒体と考えられ、その透水性は透水試験結果より平均値5.9 Luを示している。

なお、これに加えてダム地点においてはボーリング孔における透水試験の結果以下の点が判明している。

i) Köprücay 礫岩の表層部の透水性の高い(20 Lu以上を示す区間の多い)ゾーンの厚さは、左岸LS-1孔においては45mであるが、同じく左岸のLS-4孔とLS-5孔および右岸のRS-3孔においては、地表より90~100mの深度にある地下水面付近まで20 Lu以上を示す区間が多い。

ii) 河床のRH-7孔およびRH-8孔においては、岩盤表層より深さ10m以内の部分および標高-60m付近で透水性が高い。

iii) 断層周辺において10 Lu以上を示す区間が多いのは、LS-1孔の深さ166~200m(標高14~-20m, 延長方向は詳細不明), LS-4孔の深さ60~70m(標高14~4m:F-4断層)およびRH-7孔の深さ78~102m(標高-50~-74m:ダム地点直上流で河を横断し上流側に傾斜するF-2断層)である。

#### (4) 土壌地質

##### (a) 強度

ダム地点を構成する Köprücay 礫岩は塊状堅硬であり、岩盤表層の風化は軽微である。また、ダム構造物の安定に影響するような顕著な断層、その他の弱線は認められない。したがって、ダム地点においては計画構造物の基礎として十分な強度と安定性を有していると判断される。

##### (b) 透水性

ダム基礎岩盤を構成する Köprücay 礫岩はダム地点周辺に広く分布し、そこでの透水性については7.3.6に述べた通りである。すなわち、ダム地点を含めたダム地点周辺の Köprücay 礫岩は透水性が高く、これを通して貯水池からの漏水の発生する可能性が大きい。したがって、ダム基礎岩盤の透水性の改良に関してはダム地点周辺を含めた広い範囲で検討する必要がある。

#### 7.4.2 他の構造物地点

##### (i) 取水口地点

取水口地点はダム地点左岸の上流側斜面に位置する。取水口地点にはダム基礎岩盤調査のためのLT-2坑のLeft lateral aditが延びている。斜面の傾斜は20~30°である。斜面には露岩が多く表層堆積物は薄い。基礎岩盤はKöprücay 礫岩より構成されている。このKöprücay 礫岩はLT-2坑のLeft lateral aditにおいては、小断層が多くやや破砕されているが、坑内には支保工施工区間はなく、かなり安定した岩盤となっている。以上のことから判断し、取水口地点の岩盤は計画構造物の基礎としては問題はないと思われる。

#### (2) 導水路, 水圧管路地点

導水路および水圧管路地点はダム地点左岸に位置している。この地点にはボーリングや横坑は実施していない。この地点の地表部は傾斜30°以内の緩斜面であり、計画構造物の地山の被りは導水路地点で30~90m, 水圧管路地点で30~70mである。基礎岩盤はダム地点に分布すると同様にKöprücay 礫岩から構成されている。導水路および水圧管路地点のKöprücay 礫岩は、ダム地点周辺の調査工事の結果より塊状堅硬であると判断される。これらの地点に顕著な断層は確認されておらず、また計画構造物は地下水面上に位置している。したがってこれらの地点においては、地質上の問題は殆んどないと思われる。

#### (3) 発電所

発電所地点はダム地点より約600m下流の峡谷下流端左岸に位置する。この地点には調査工事は実施されていないが、地表部に堅硬塊状なKöprücay 礫岩が露出しているから、発電所基礎として十分な強度を有し、また掘削法面の安定上の問題も少ないと判断される。

#### (4) 副ダム地点

副ダム地点はダム地点左岸に位置し、主ダム地点からの距離は1400mである。この地点においてはTable 7-2に示す3孔365.0mのボーリングが実施されている。副ダム地点は標高144m(満水位より11m低い)の鞍部となっており、付近はなだらかな地形を呈する。この地点については地表地質踏査および3孔計365mのボーリングが実施されており、それらの結果判明した副ダム地点の地質は以下に示す通りである。

- (a) 表層堆積物は薄く、厚さ1m以内の表土が分布するに過ぎない。
- (b) 基礎岩盤はBeskonak層とKöprücay 礫岩より構成されている。
- (c) Beskonak層は副ダム地点付近の地表に広く分布し、頁岩を優勢とする砂岩、頁岩互層より構成されており、亀裂が少くまたカルスト化を受けていない。
- (d) Köprücay 礫岩は、副ダム基礎左岸部を通り、ダム軸にほぼ直交する方向に総長く分布している。この礫岩はH-2孔においては孔口より孔底(標高-56.04m)までの200m間連続しており、Beskonak層中の挟在層ではなく主ダム地点付近に分布する礫岩と連続していると考えられる。なお、副ダム地点のKöprücay 礫岩の表層部は砂岩、頁岩の挟在が顕著である。Köprücay 礫岩は一般に塊状堅硬であるが節理沿いにカルスト化を受けている。

- (e) 副ダム地点付近には顕著な断層は確認されていない。
- (f) 基礎岩盤表層の風化部の厚さは Beskonak 層で 8 m (H-1 孔), Köprücay 礫岩で 4 ~ 5 m (H-2 および H-3 孔) である。
- (g) Köprücay 礫岩は H-1, H-2 および H-3 孔における透水試験の結果低いルジオン値を示し, 10 Lu 以上を示す区間は殆んどない。しかし H-2 孔の孔内水位は Köprücay 川本流の河川水位より低く, この礫岩の透水性は上記の透水試験結果のように低いとは言えないと思われる。

以上の地質状態より副ダム地点は土木地質的に次のように判断される。

- (a) 副ダム地点の基礎岩盤として強度的に問題となる Beskonak 層の風化部の厚さは 8 m 以内である。
- (b) 副ダム地点における Köprücay 礫岩は, 透水性が高い可能性があるが, 副ダム地点周辺において分布範囲が狭いこと, ダム基礎表層部において礫岩等の挟在が多いこと, また湛水時に作用する水圧が小さいことから判断して大規模な漏水は発生しないであろう。

## 7.5 建設材料

### 7.5.1 概要

Beskonak ダムはコンクリートダムを建設する計画であり、ダムコンクリートの量は約488,000 m<sup>3</sup>となる。このダムの他水路構造物および発電所を含めると使用予定のコンクリート総量は約632,000 m<sup>3</sup>となる。一方仮締切ダムおよび副ダムはロックフィルダムを建設する計画であり、そのうち速水壁材料が約68,000 m<sup>3</sup>、フィルター材が約61,000 m<sup>3</sup>、ロック材が約350,000 m<sup>3</sup>である。これらの材料の採取地および材質については1967年にEIECによって調査が行われ、次節に述べる適当な採取地が見い出された。JICA調査団は現地での採取地を調査すると共に試験結果についての評価を行なった。一方Hortu Creekの副ダム地点周辺に分布するBeskonak層の頁岩の風化した材料についても調査した。さらに、仮締切ダムおよび副ダム建設に使用するフィルター材およびロック材の採取地についても調査を実施した。DSIおよびEIECによって実施された材料の試験結果は、Table 7-12, 7-13およびFig. 7-19 ~ 7-21に示す。

### 7.5.2 コンクリート骨材

コンクリート骨材の採取地は、DWG. 1-2およびFig. 7-19に示すように、ダムサイトの下流約10kmのSagirin川の兩岸に沿って広がる堆積地が選定された。材料の性質を調査するためEIECによって3ヶ所の調査孔が掘られ、その試料が試験所でテストされた。試験結果の評価は以下のとおりである。

- (1) 砂の単位重量は1,669 ~ 1,803 kg/m<sup>3</sup>であり標準的な値である。
- (2) 砂および砂利の比重、吸水量はともに良好である。
- (3) 細粒子および粘土の含有量がやや多いので使用に際しては十分な水洗いが必要である。
- (4) 有機物は少なく、特に問題はない。
- (5) 砂および砂利の安定性は良好である。
- (6) 砂利の粒度で40 mm以上が若干少ないと思われるが堆積量が十分あるので特に問題はないと考えられる。
- (7) 砂の粒度を粗粒率(F.M)から検討すると、A-2孔が若干粗粒であり、実際の使用にあたっては調整が必要である。
- (8) アルカリ抵抗からは無害である。

全般にこれらのコンクリート骨材は、物性値は良好であるが、細粒分(0.075 mm通過率)および粘土含有量が若干多いので、砂および砂利とも水洗いをして使用することが望ましい。なおこの地域では約1,200,000 m<sup>3</sup>の材料が採取可能と見込まれており、コンクリート総量に対する骨材量として十分であると判断される。

### 7.5.3 透水壁材料

透水壁材料の採取地は DWG. 1-2 および Fig. 7-19 に示すように、コンクリート骨材採取地に隣接した地域が E I E によって選定された。この地域の材料の特性を調査するため、DSI は 5ヶ所の調査孔を掘り必要なテストを現地と試験所で実施した。試験結果の評価は以下の通りである。

- (1) 5試料のうち A-2, A-3, B-2 の粒度分布は、細粒土 (0.074 mm 以下) の含有量が 89~97% と多く単独使用は好ましくない。
- (2) 試料 A-1, B-1 は細粒土 (0.074 mm 以下) の含有量が 40~50% であり、単独使用が可能であると思われるが若干低塑性材である。
- (3) 有機物の量は平均 0.5%~1% であり非常に少ない。
- (4) 透水係数は  $5.7 \times 10^{-7} \sim 9.0 \times 10^{-8}$  cm/sec の値であり透水性は十分期待できる。

上記のように、この地域の材料は全般に細粒土の含有量が多く、かつ低塑性材であるので粗粒材を混合して改善することが望ましい。一方、この採取地に隣接した地域に広く分布する Beskonak 層の頁岩および風化頁岩も透水壁材として使用できることが、調査の結果得られている。この種の頁岩はダムサイトの左岸、特に副ダム周辺にも多量分布しているので、副ダムの透水壁材としてはむしろこの頁岩を使用した方が材質的にも経済的にも有利であると考えられる。さらに、仮橋切ダムの透水壁材料についても上記の風化頁岩を使用することが望ましく、将来詳細に調査することが望ましい。

### 7.5.4 フィルター材料

仮橋切ダムおよび副ダムには総量 61,000 m<sup>3</sup> のフィルター材料を使用する計画である。これらの材料は Beskonak ダム地点上流に堆積する河床礫を使用する計画である。これらの材料の粒度分布および埋蔵量については、将来さらに調査することが必要である。

### 7.5.5 ロック材料

仮橋切ダムおよび副ダムの建設には、総量 350,000 m<sup>3</sup> のロック材を使用する計画である。これらの材料のうち、仮橋切ダムのロック材料は主として仮橋水路トンネルおよび取水口部の掘削屑を流用する計画である。この材料はすべて Köprücay 礫岩でありロック盛立材料として適当である。一方副ダムのロック材料は主として発電所および開閉所の掘削屑を流用する計画である。

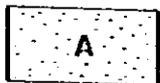
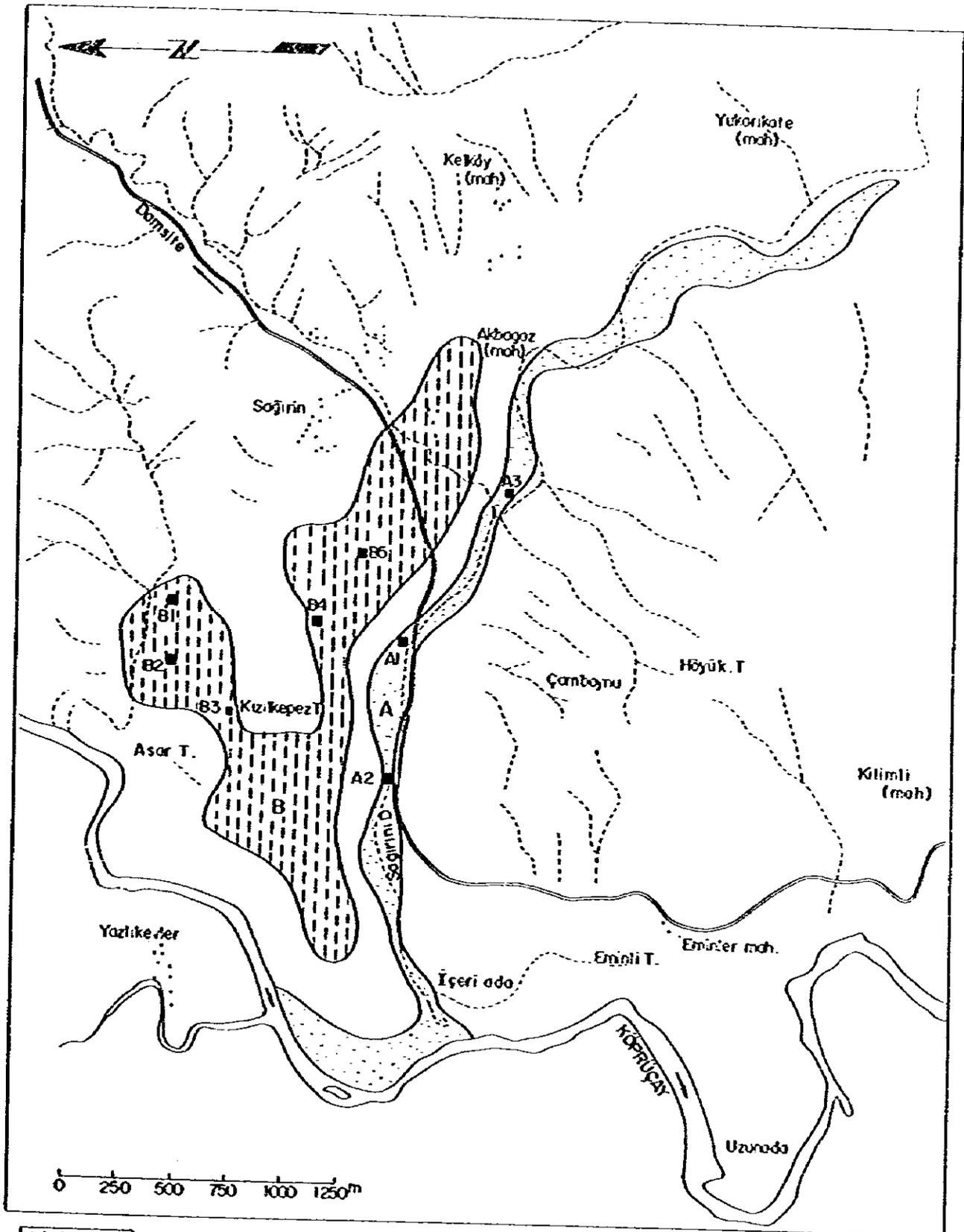
Table 7-12 Test Results of Impervious Core

Sample No.	Specific Gravity	Compaction		Atterberg Limits			Permeability Coefficient (cm/sec)	Triaxial Shear		Classification Symbol
		max. (t/m <sup>3</sup> )	Wopt (%)	LL	PL	PI		C	°	
A-1	2.68	1.87	14.5	26.1	18.0	8.1	2.90 x 10 <sup>-7</sup>			CL
A-2	2.70	1.66	19.2	45.8	24.2	21.6	0.90 x 10 <sup>-7</sup>			CL
A-3	2.68	1.62	19.1	50.5	24.3	26.2	3.40 x 10 <sup>-7</sup>			CL-CH
A-4	2.70	1.89	13.6	23.6	-	-	1.80 x 10 <sup>-7</sup>			GM
A-5	2.70	1.79	16.4	31.9	19.8	14.1	0.90 x 10 <sup>-7</sup>			CL
	2.70	1.76	18.2	36.3	23.2	13.1	5.70 x 10 <sup>-7</sup>	1.10	19°30'	CL-ML

Table 7-13 Test Results of Concrete Aggregate

Sample No.	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )		Specific Gravity & Absorption		Percent Passing from #200	Clay Amount		Frost Action		Rattler Test	
	Sand	Gravel	Sand	Gravel		Sand	Gravel	Sand	Gravel	Sand	Gravel
A-2	1803	-	2.62 2.0%	2.64 0.9%	4.8	6.1	0.6	4.4	3.5	3.8	19.5
A-1	1669	-	2.62 2.1%	2.67 0.7%	3.2	0.7	0.65	3.95	2.8	3.8	18.9
A-3	1740	-	2.62 2.1%	2.65 1.0%	4.6	1.8	0.5	4.20	3.1	3.6	

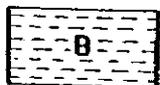
Fig.7-19 Location of Borrow Area



Concrete aggregate material

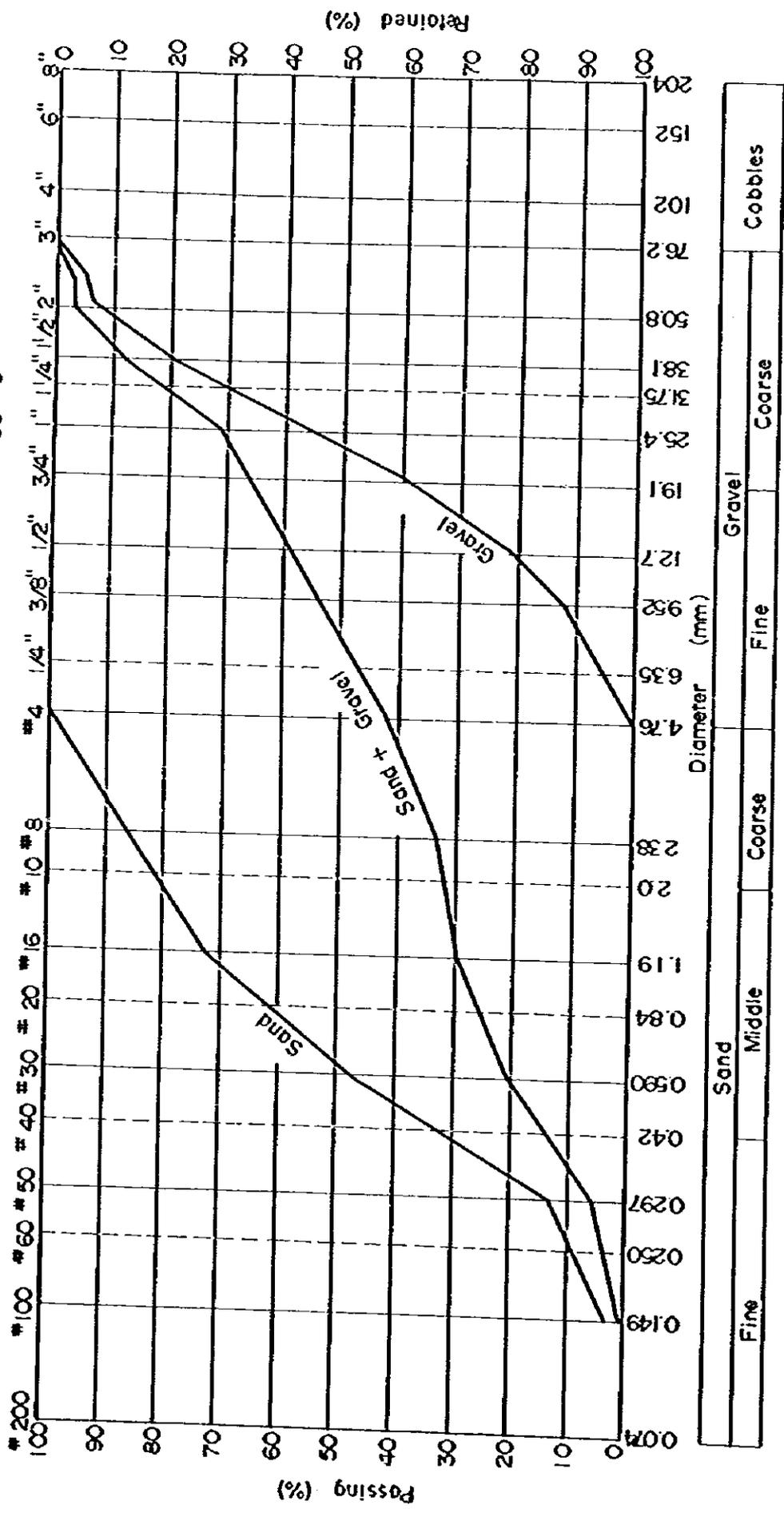


Test Pits



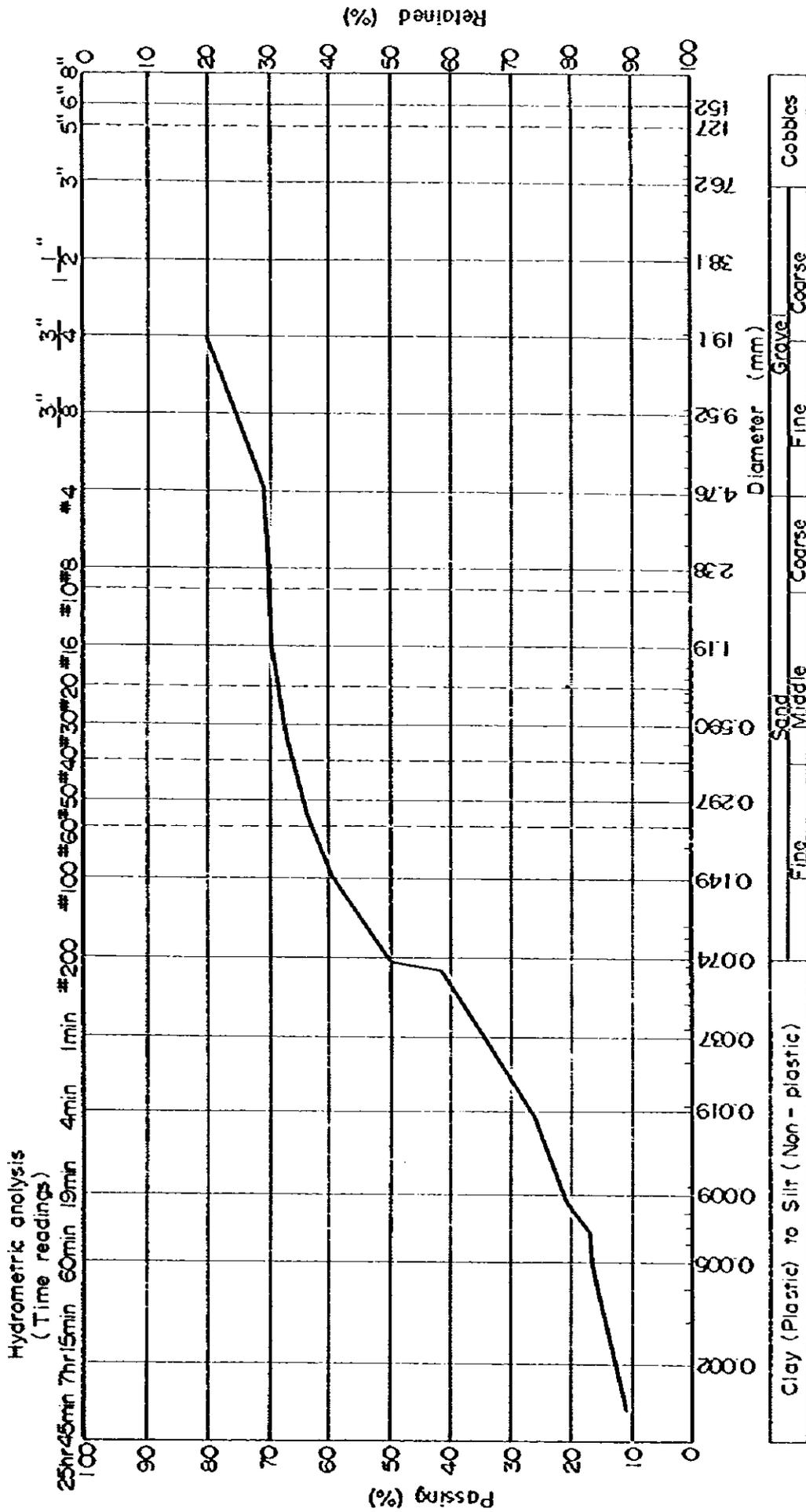
Impervious core material

Fig.7- 20 Distribution Curve of Concrete Aggregate



Note : A - 1 Test Pits

Fig.7-21 Distribution Curve of Impervious Core



Note : B-1

## 7.6 問題点と追加調査の勧告

### 7.6.1 問題点

本計画の土木地質上の問題点は、貯水池の保水性に限られており以下に示す通りである。

- (1) 貯水池からの漏水は、ダム地点周辺のカルスト化した Köprücay 礫岩を通じて、ダム地点下流へ達する経路で発生する可能性が大きい。
- (2) ダム地点周辺の Köprücay 礫岩は、ダム地点左岸で1.5km以上、右岸で3.5kmの幅で分布しており、標高-120m以上で、透水性が高い。したがって漏水の発生する可能性のある範囲が広い。

### 7.6.2 今後解明すべき事項

貯水池からの漏水に対する対策を検討するにあたって、ダム地点周辺の Köprücay 礫岩の透水性を正確に把握することが最も重要であり、そのためには、この礫岩のカルスト化の状態を明らかにする必要がある。この礫岩については本報告書では7.3.6で述べたように、今までの調査結果から標高-120m以上において、小規模な溶蝕亀裂がほぼ一様に発達しており、透水性に関して巨視的に均質な媒体と想定している。しかし、ダム地点周辺に広く分布する Köprücay 礫岩のカルスト化の状態は、今までの調査で、十分明らかにされたとは言えず、また透水性に関しても今までに実施された透水試験では十分把握されていないと思われる。したがって今後更に追加調査を行なって以下に示す事項を解明する必要がある。

- (1) Köprücay 礫岩のうち透水性に関して巨視的に均質であると見做すことができない部分すなわち比較的規模の大きく連続した溶蝕の発達した部分の有無あるいは分布範囲。
- (2) Köprücay 礫岩のうち巨視的に均質であるとみなすことができる部分の平均透水性（透水係数）

なお、これらの事項の解明に際しては、地下水に関する現象すなわち地下水位が川から離れるに伴いしだいに低下していること、地下水位が河川水位にすばやく追従して変化することに十分留意する必要がある。

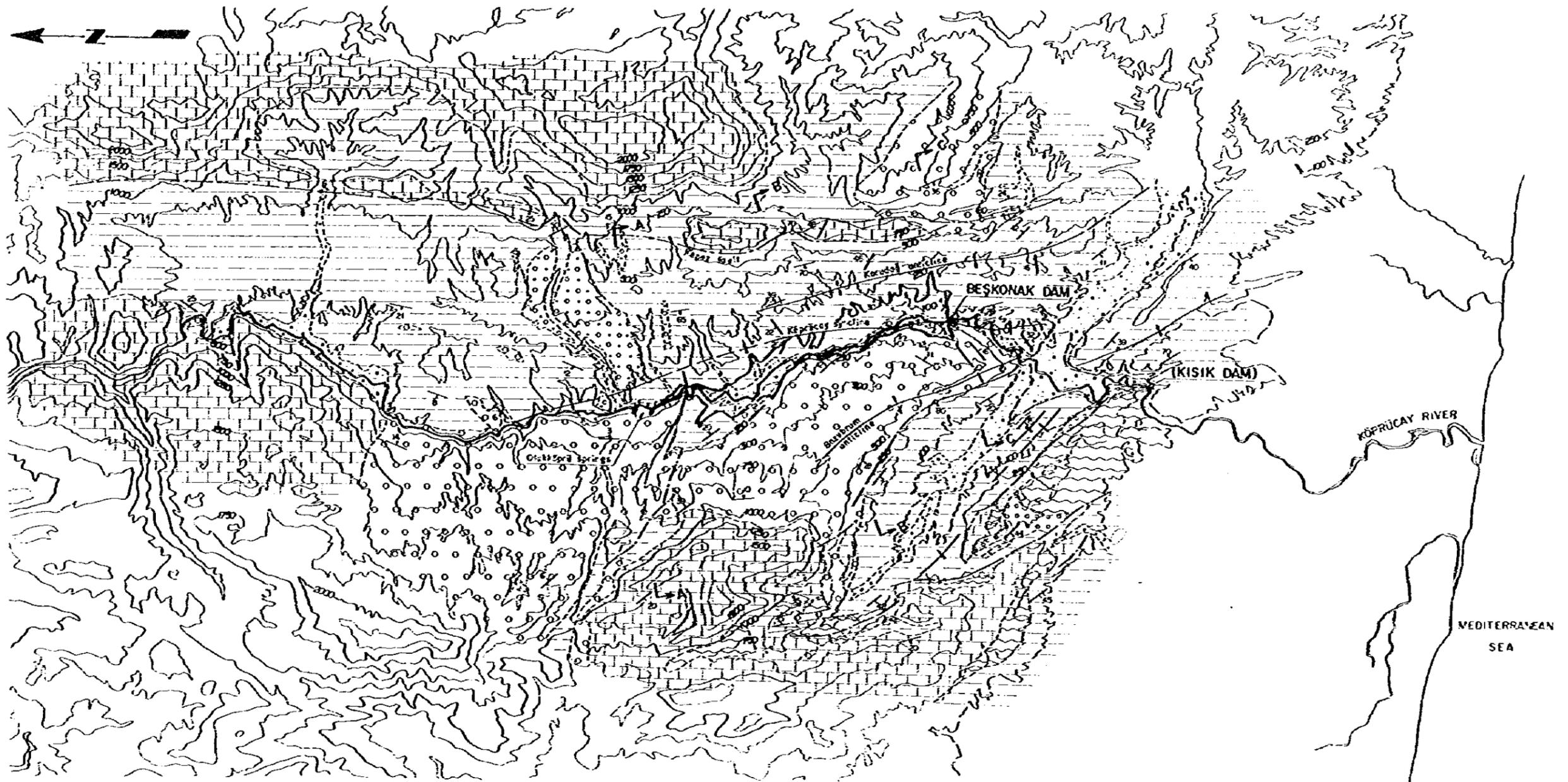
### 7.6.3 追加調査の勧告

7.6.2に示された事項の解明のためにTable 7-14に示す追加調査を勧告する。

Table 7-14 Additional Investigations

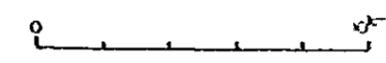
Type	Location	Purpose	Approximate Quantity	Method
Core boring	Damsite vicinity	Clarification of state of karstification of Köprüçay Conglomerate in damsite vicinity	6-8 holes, total 2,000 m	To be inclined about 60 deg in direction perpendicular to strike of predominant joints. Hole-bottom elevation to be about -100 m  Part of these holes to be provided at concave portion of groundwater table
	Damsite vicinity	Confirmation of boundary between Köprüçay Conglomerate and Beskonak Formation at left abutment of damsite	2 holes, total 300 m	Vertical direction. Hole bottom elevation to be about 0 m
Permeability test	Damsite vicinity	Accurate grasping of permeability of Köprüçay Conglomerate in damsite vicinity	12-15 holes	To be performed along with drilling of abovementioned holes, including some of existing holes  Injection pump to be of enough capacity
Test pit	Adit RT-4, at right abutment of damsite	Clarification of detailed distribution of solutions in vicinity of groundwater table	1 pit, 20 m	
Pumping test	Adit RT-4	Grasping of permeability, Grasping of continuity of solutions		Pump-up of water at the abovementioned vertical shaft and observation of water level fluctuation in surrounding drillholes
Temperature measurement in drillhole	Damsite vicinity	Detection of groundwater passages from variations in water temperature distributions in drillholes		Periodic measurements from end of dry season to early part of rainy season
Dye test	Damsite vicinity	Confirmation of groundwater passages and grasping of permeability		Estimation of groundwater passages from results of past or above additional investigations. Dye introduced at drillhole or the pits, with detection attempted at projected locations



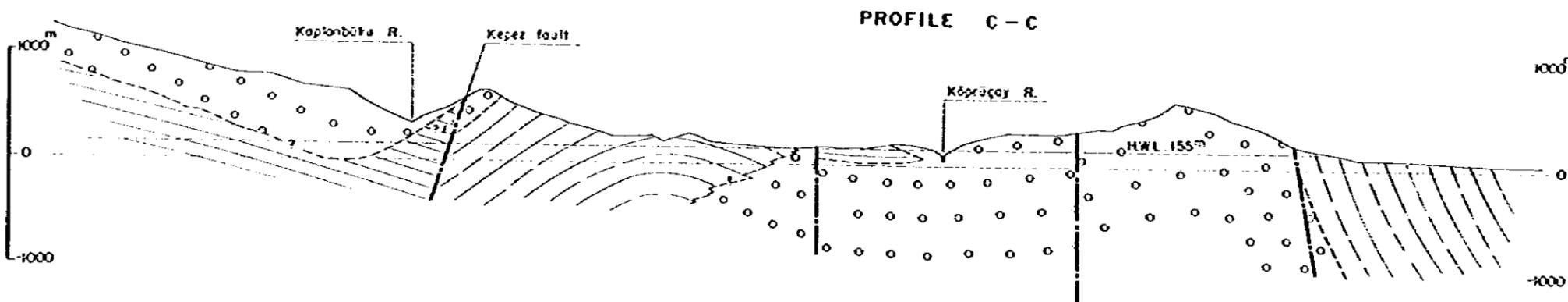
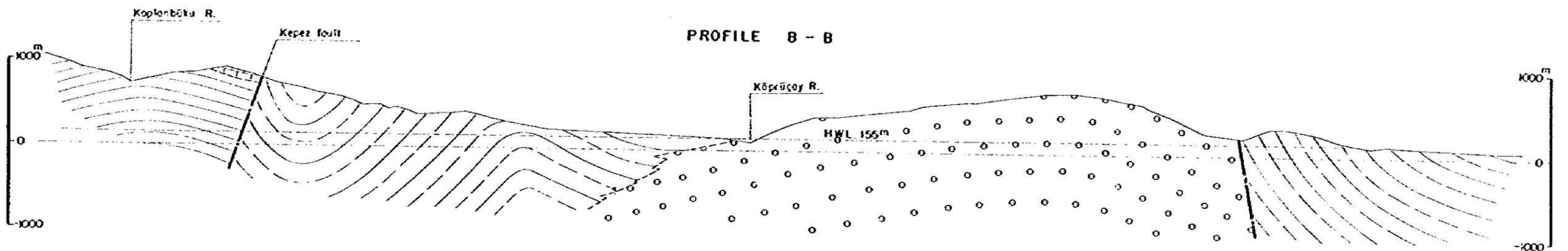
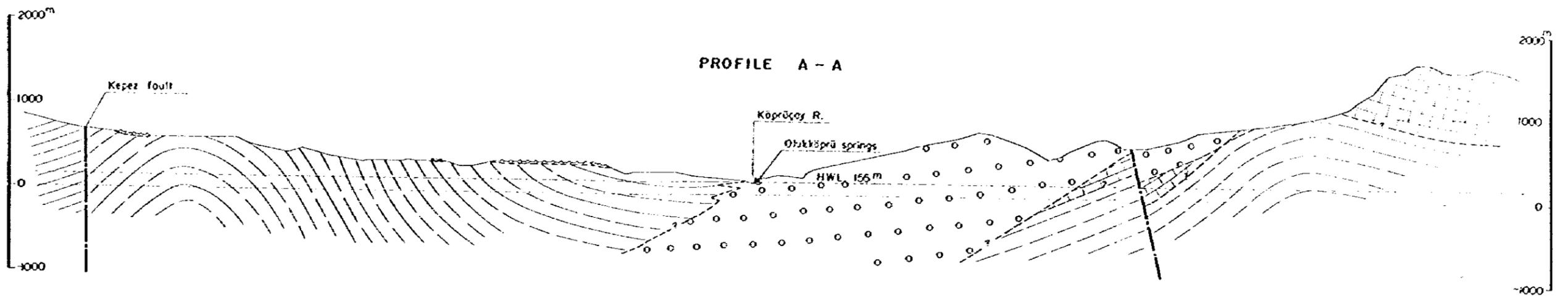


LEGEND

Quaternary		ALLUVIUM		Geologic boundary
		DÜZAĞUÇ FORMATION		Strike and dip of strata
Tertiary		BEŞKONAK FORMATION		Fault
		KÖPRÜCAY CONGLOMERATE		Assumed fault
		TAŞAĞIL CONGLOMERATE		Strike and dip of fault
MESOZOIC		(LIMESTONE)		Anticlinal axis
		(OPHIOLITE)		Synclinal axis
		(CHERT AND RED LIMESTONE)		Large spring
		KIRKAVAK FORMATION		

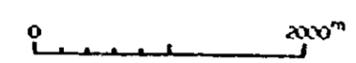


BEŞKONAK PROJECT  
 GEOLOGY  
 PLAN OF RESERVOIR AREA  
 AND ITS VICINITY  
 DWG. 7-1 NOV. 1953

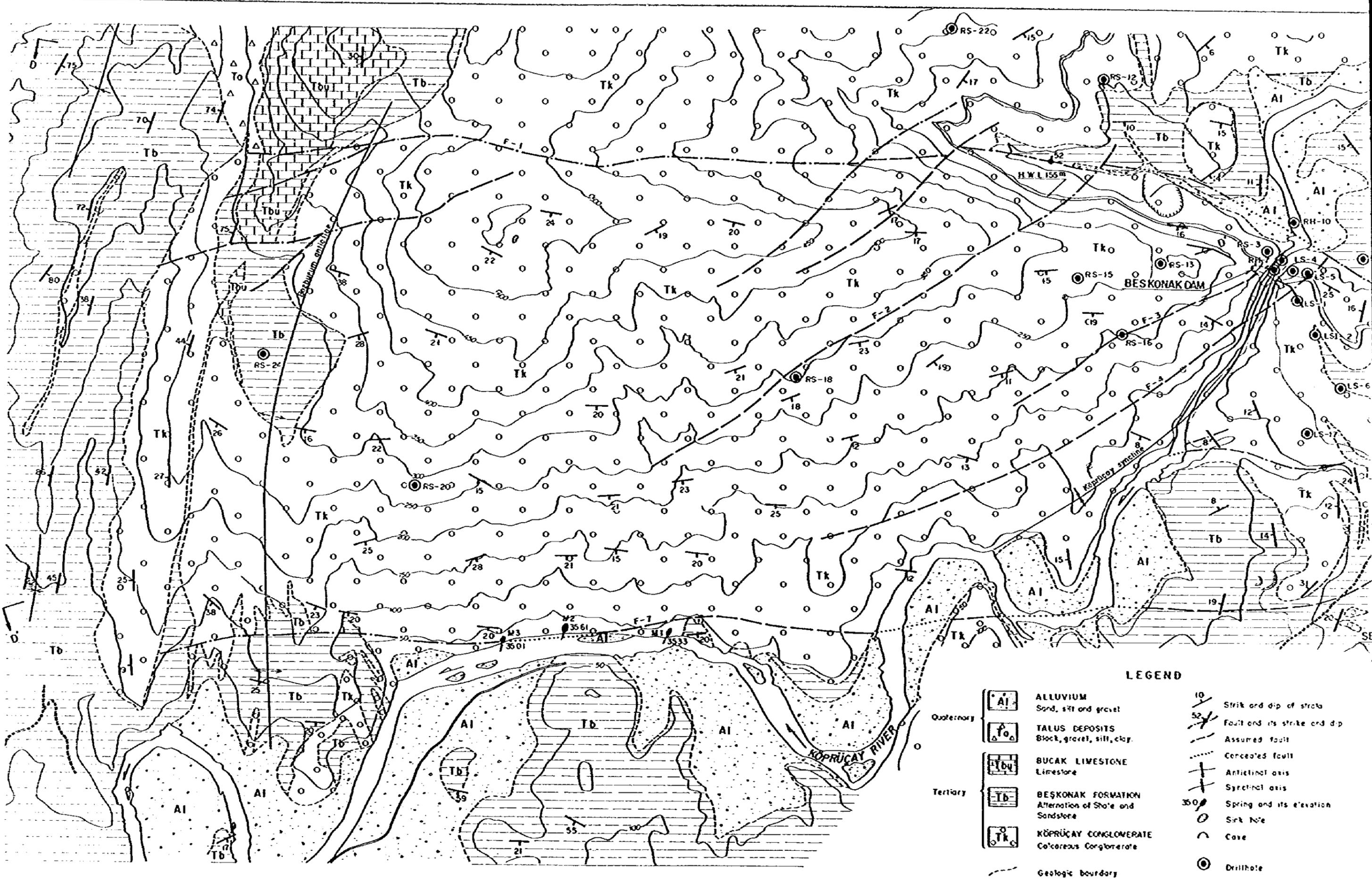


**LEGEND**

- Quaternary
  - DÜZAĞAÇ FORMATION  
Sand and gravel
- Tertiary
  - ▨ BEŞKONAK FORMATION  
Alternation of Shale and Sandstone
  - KÖPRÜÇAY CONGLOMERATE  
Calcareous Conglomerate
- Mesozoic
  - ▨ (LIVESTONE)
  - ▨ (CHERT AND RED LIVESTONE)
  - ▨ KIRKAYAK FORMATION  
Argillite, Sandstone
- Geologic boundary
- - - Fault

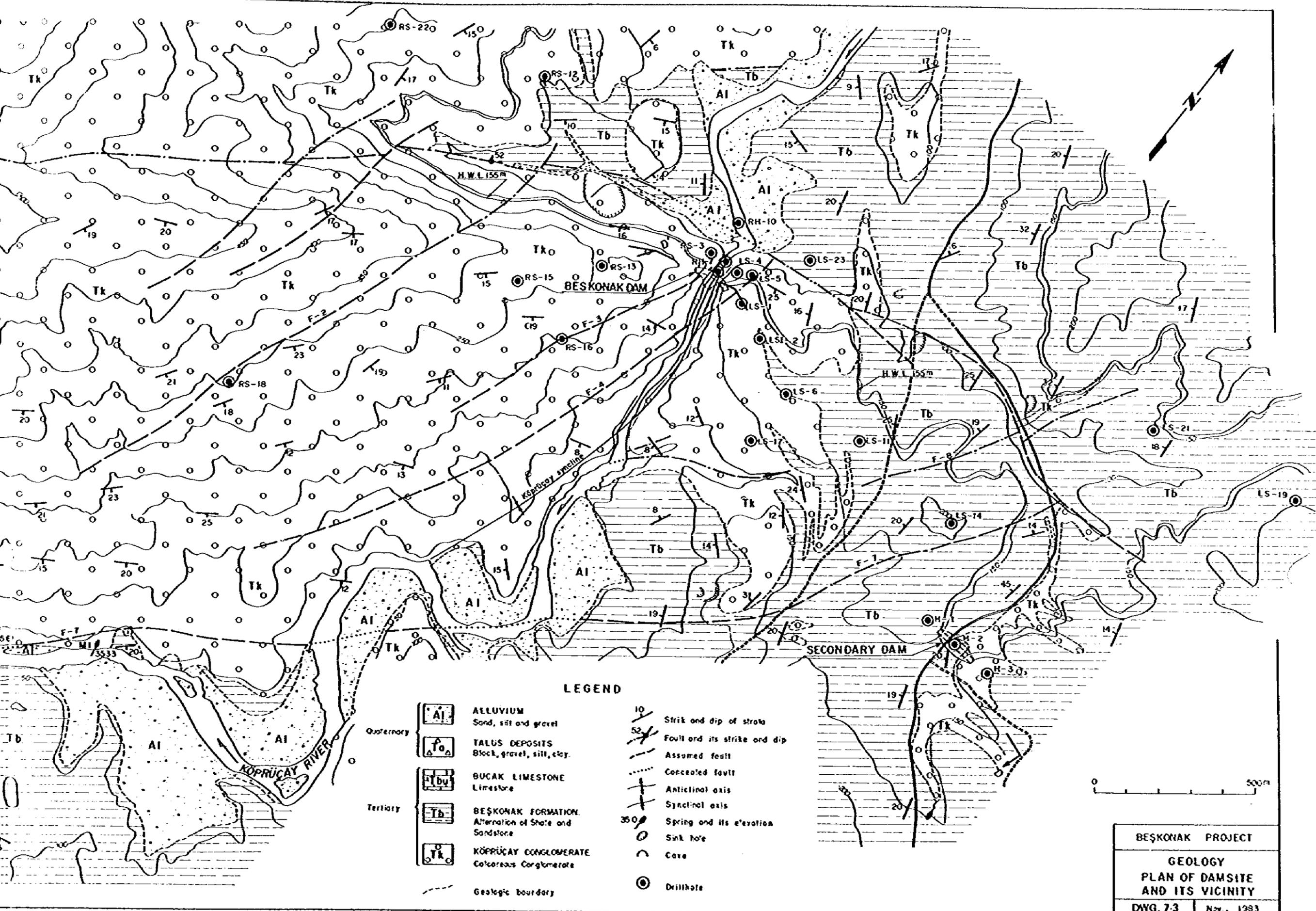


BEŞKONAK PROJECT	
GEOLOGY	
PROFILE OF RESERVOIR AREA AND ITS VICINITY	
DWG. 7-2	Nov, 1983



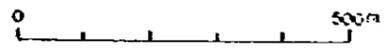
**LEGEND**

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Quaternary  |  | <b>ALLUVIUM</b><br>Sand, silt and gravel                        |  10<br> 52<br><br><br><br><br> 300<br><br><br> |
|   |  | <b>TALUS DEPOSITS</b><br>Block, gravel, silt, clay.             |  |
|   |  | <b>BUCAK LIMESTONE</b><br>Limestone                             |  |
| Tertiary  |  | <b>BESKONAK FORMATION</b><br>Alternation of Shale and Sandstone |  |
|   |  | <b>KÖPRÜÇAY CONGLOMERATE</b><br>Calcareous Conglomerate         |  |
|  |   | Geologic boundary   |  |

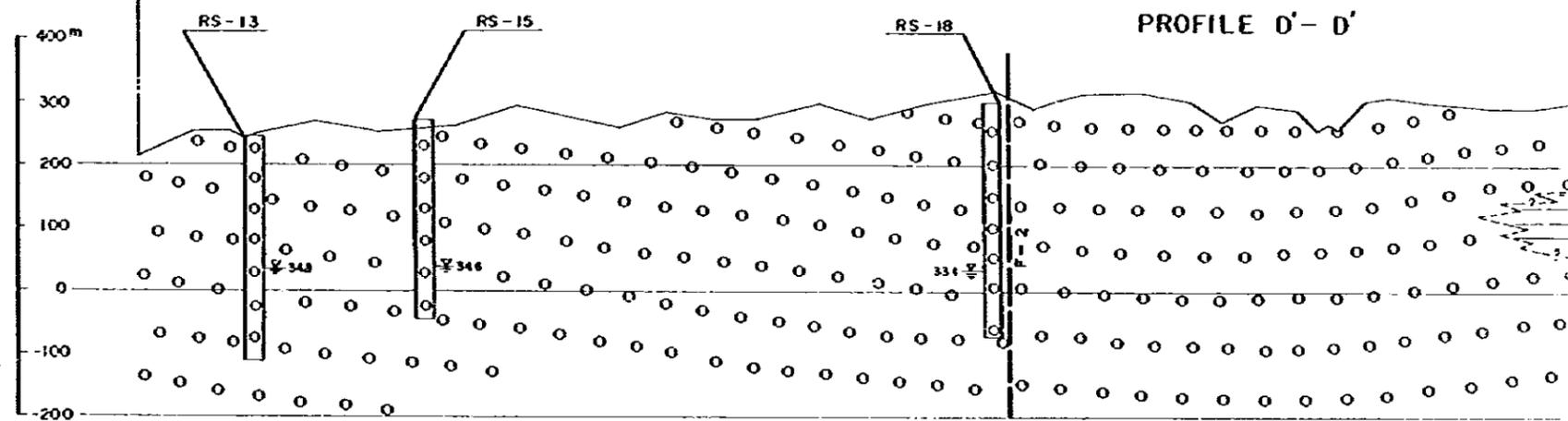
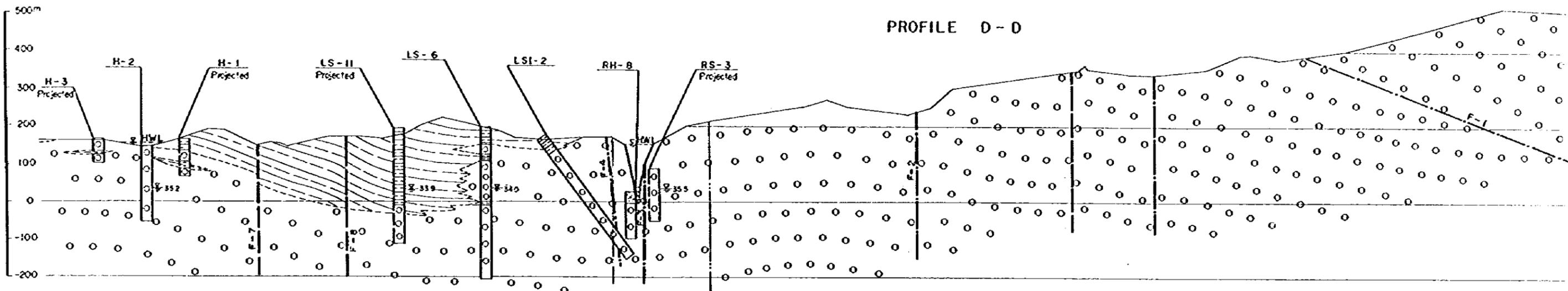


**LEGEND**

- |            |  |  |  |      |                              |
|------------|--|--|--|------|------------------------------|
| Quaternary |  | <b>ALLUVIUM</b><br>Sand, silt and gravel                         |  | 10   | Strik and dip of strata      |
|            |  | <b>TALUS DEPOSITS</b><br>Block, gravel, silt, clay.              |  | 52   | Fault and its strike and dip |
|            |  | <b>BUCAK LIMESTONE</b><br>Limestone                              |  |      | Assumed fault                |
|            |  | <b>BEŞKONAK FORMATION.</b><br>Alternation of Shale and Sandstone |  |      | Concealed fault              |
| Tertiary   |  | <b>KÖPRÜÇAY CONGLOMERATE</b><br>Calcareous Conglomerate          |  |      | Anticlinal axis              |
|            |  |  |  |      | Synclinal axis               |
|            |  |  |  | 350  | Spring and its elevation     |
|            |  |  |  |      | Sink hole                    |
|            |  |  |  | Cane |                              |
|            |  | Geologic boundary  |  |      | Drillhole                    |



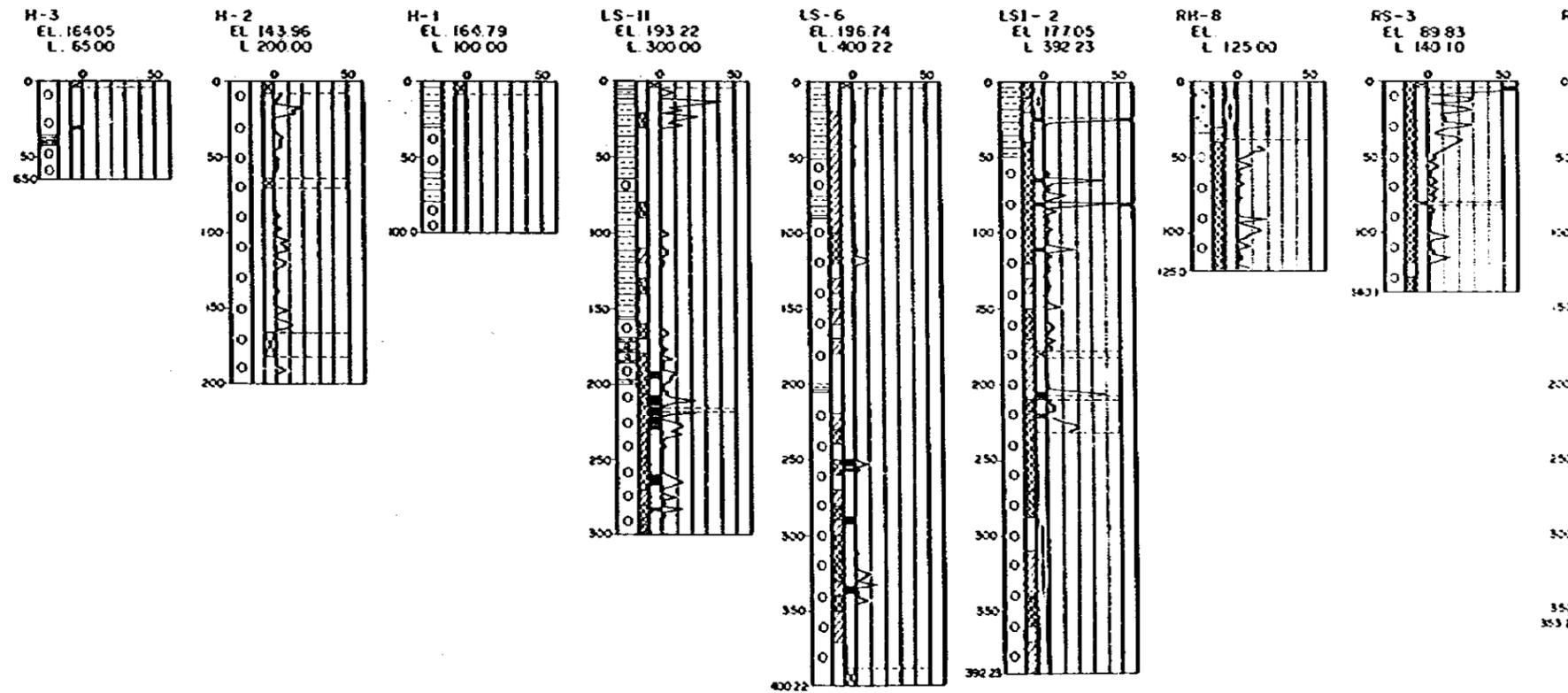
BEŞKONAK PROJECT  
**GEOLOGY**  
 PLAN OF DAMSITE  
 AND ITS VICINITY  
 DWG. 7-3 Nov., 1983



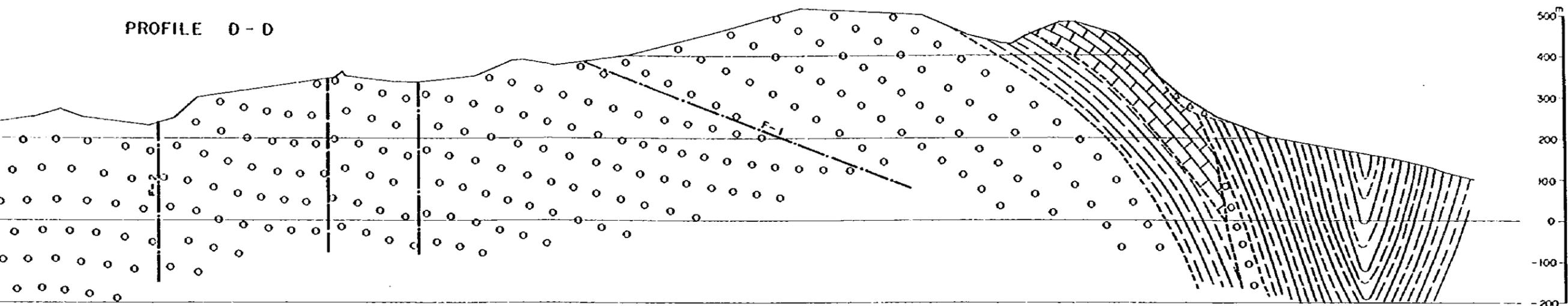
**LEGEND**

- For Profile**
- RIVER DEPOSITS  
Sand and gravel
  - TALUS DEPOSITS  
Block, silt and clay
  - BUCAK LIMESTONE  
Limestone
  - BEŞKONAK FORMATION  
Alternation of Shale and Sandstone
  - KÖPRÜÇAY CONGLOMERATE  
Calcareous Conglomerate
  - Geologic boundary
  - Fault
  - Assumed fault

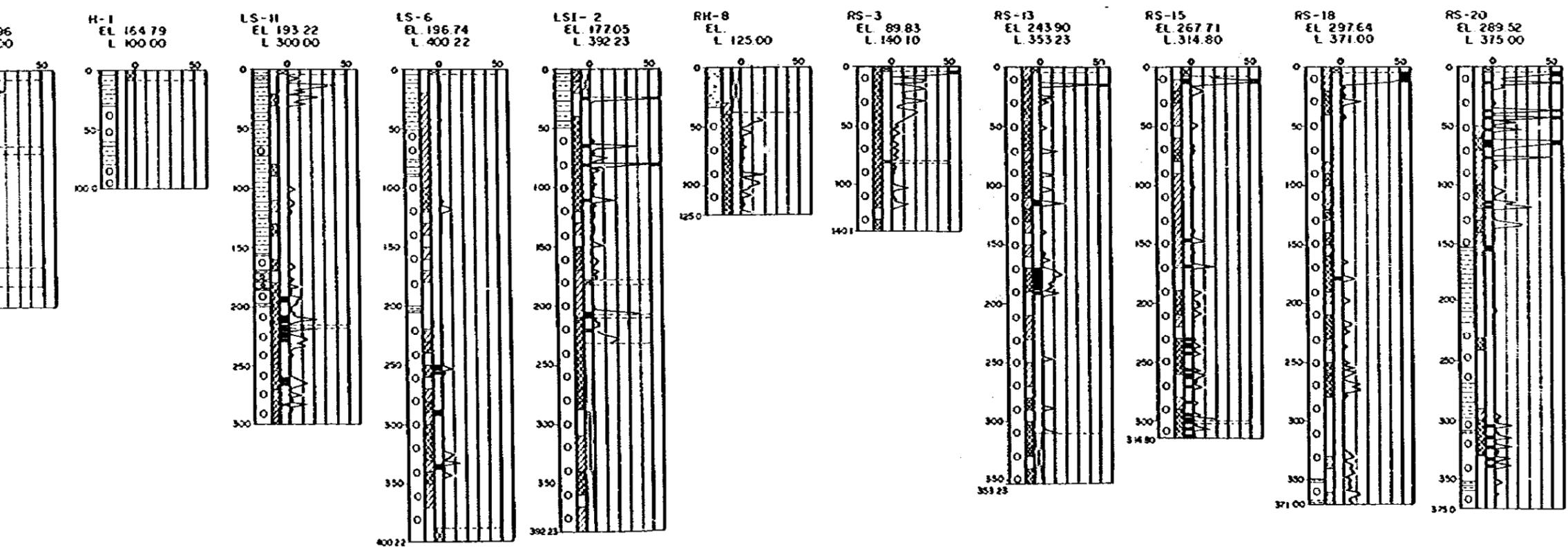
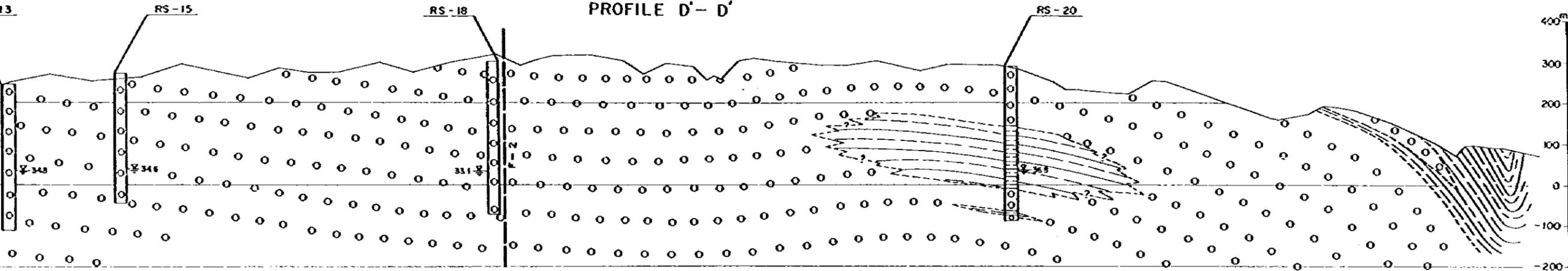
- For log of drillhole**
- 
- ① Geologic log
  - ② Karstification
  - ③ Section, injection pressure is less than specified
  - ④ Section water pressure test not executed
  - ⑤ Lugeon value
  - ⑥ Section, more than 50 Lu



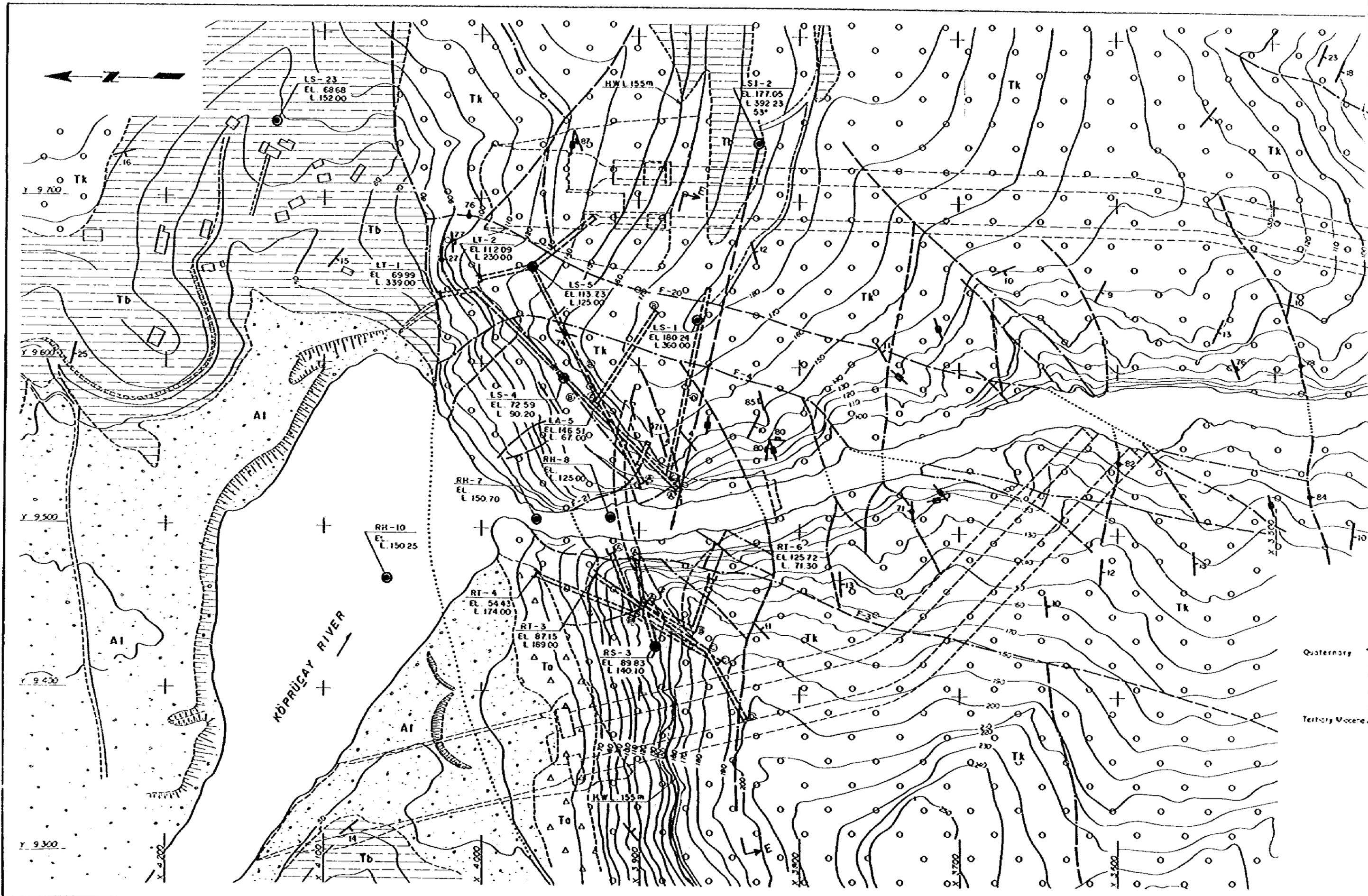
PROFILE D - D



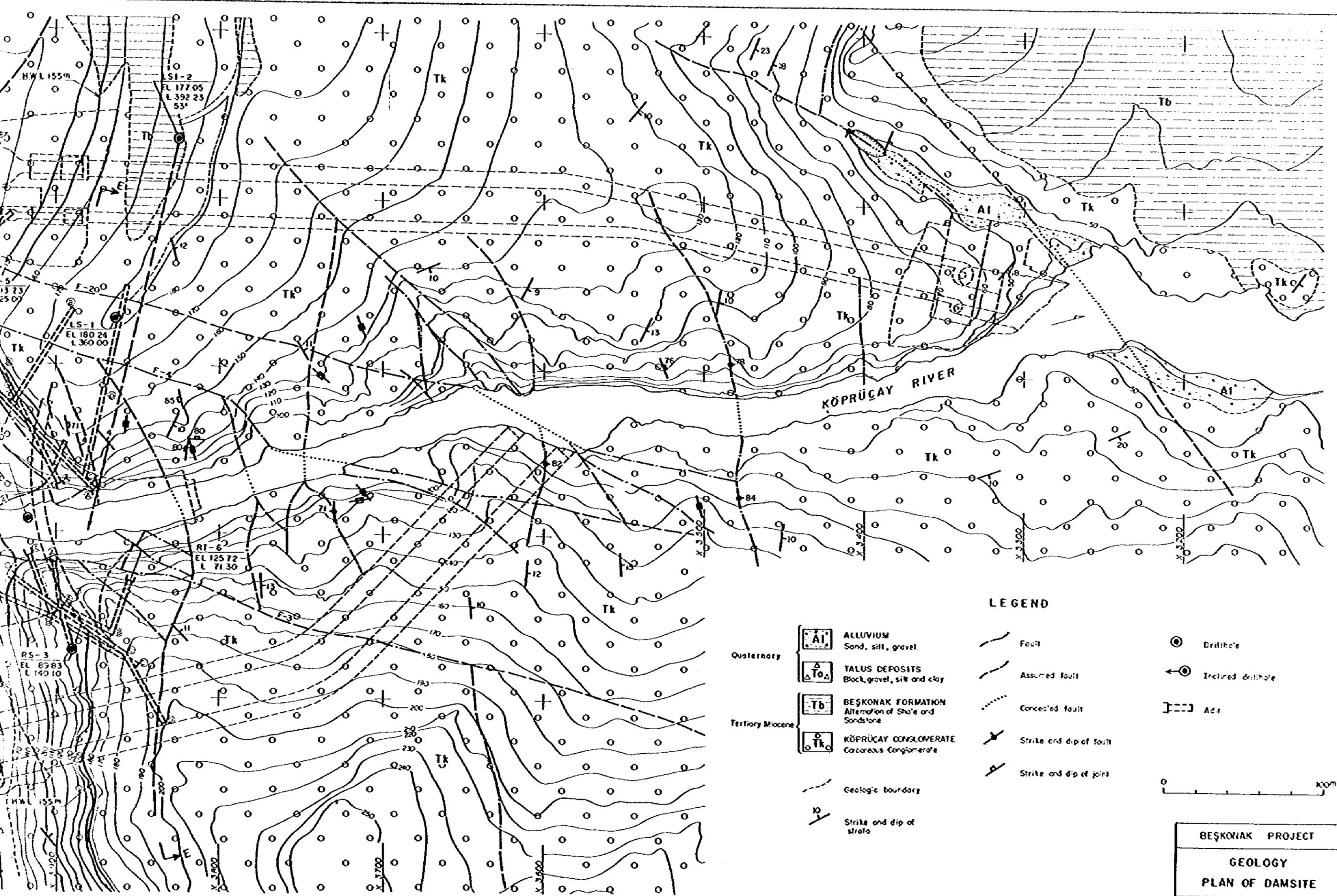
PROFILE D'-D'



BEŞKONAK PROJECT  
 GEOLOGY  
 PROFILE OF DAMSITE AND  
 ITS VICINITY  
 DWG. 7-4 N27, 1983



Quaternary  
Tertiary Miocene

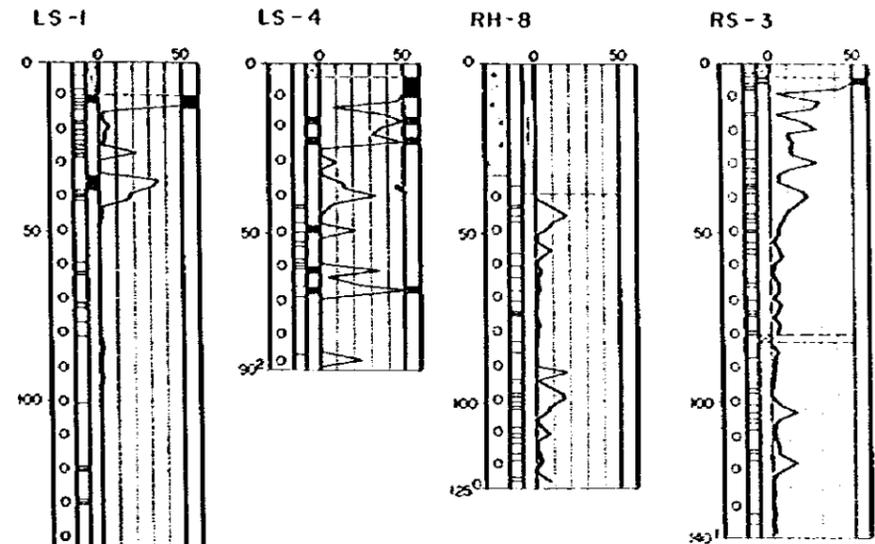
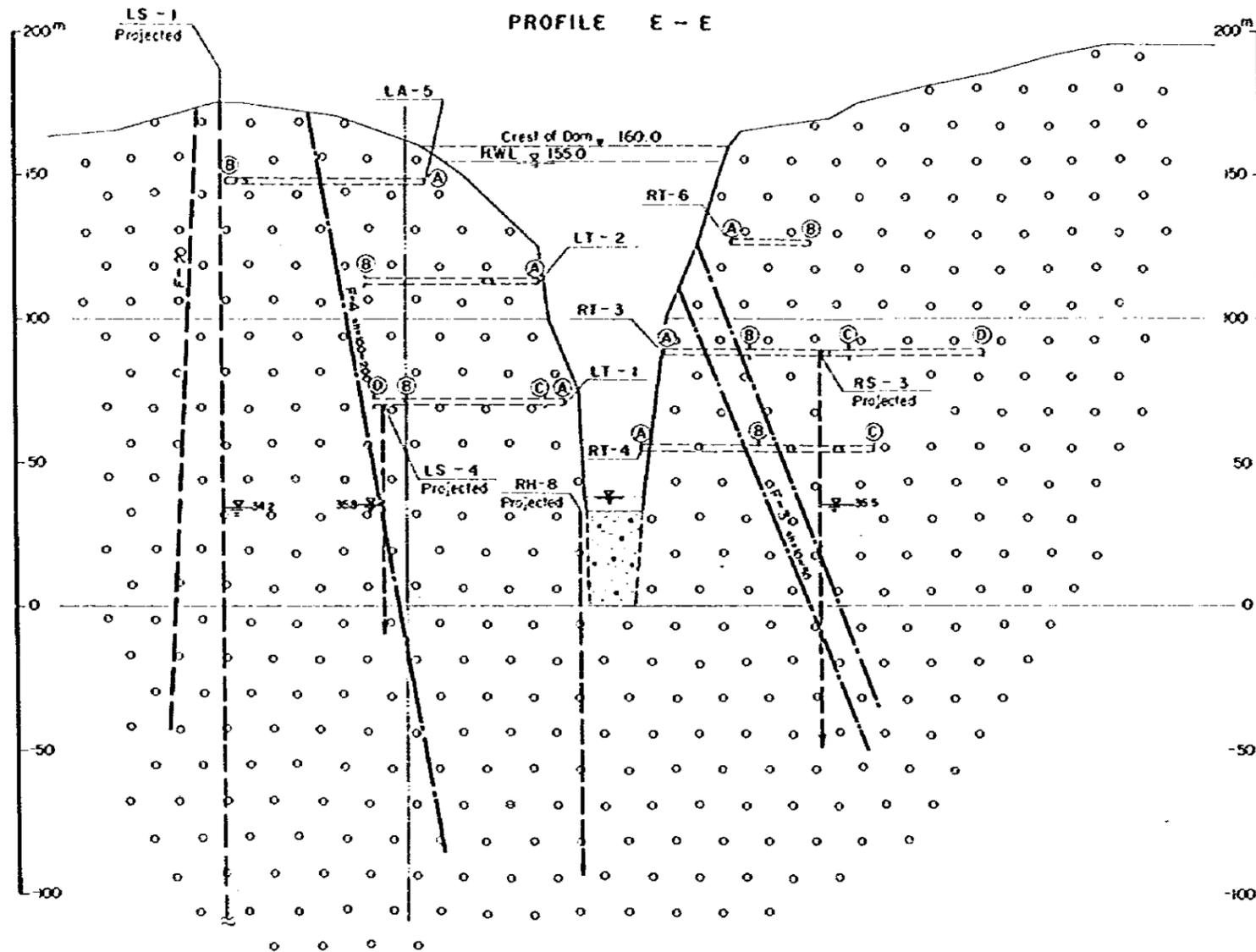


**LEGEND**

- |                  |  |   |   |
|------------------|--|---|---|
| Quaternary       |  ALLUVIUM<br>Sand, silt, gravel.                          |  Fault                   |  Drillhole               |
|                  |  TALUS DEPOSITS<br>Block, gravel, silt and clay           |  Assumed fault           |  Inclined drillhole      |
| Tertiary Miocene |  BEŞKONAK FORMATION<br>Alternation of Shale and Sandstone |  Concealed fault         |  Adr                     |
|                  |  KÖPRÜÇAY CONGLOMERATE<br>Calcareous Conglomerate         |  Strike and dip of fault |  Strike and dip of joint |
|                  |  Geologic boundary  |   |   |
|                  |  Strike and dip of strata                                 |   |   |

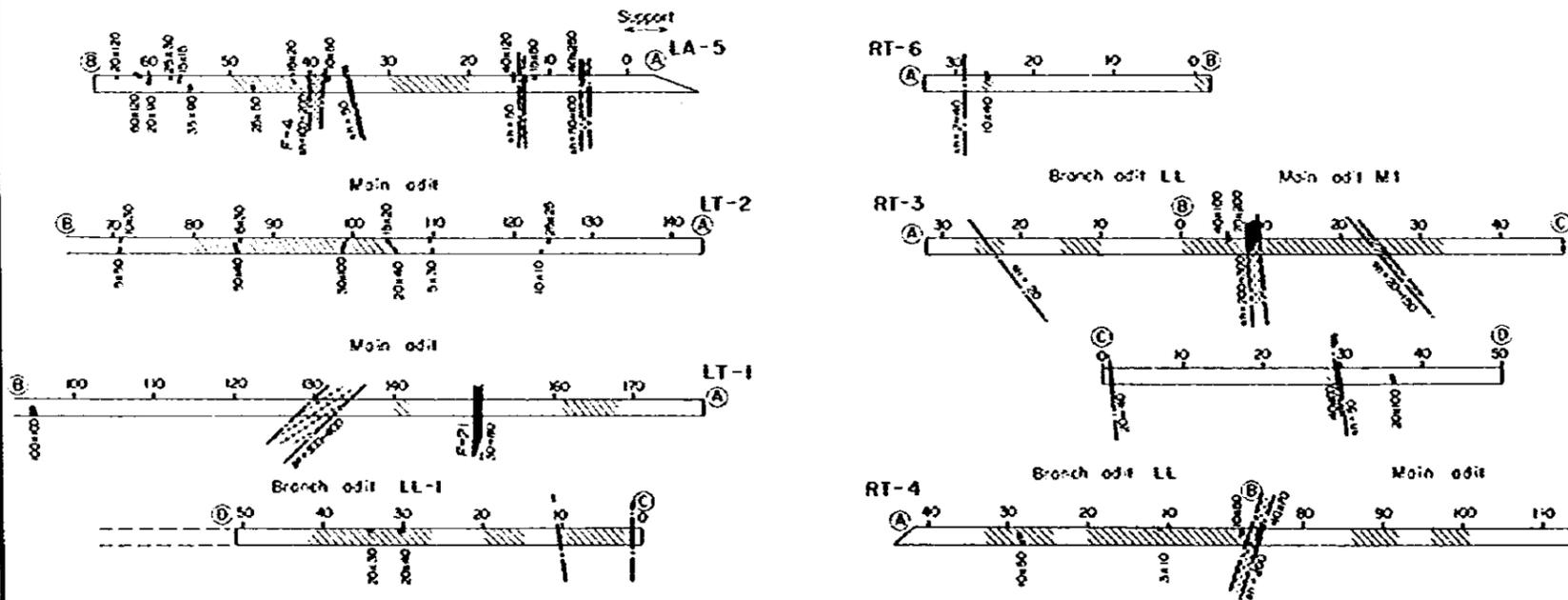


BEŞKONAK PROJECT	
GEOLOGY	
PLAN OF DAMSITE	
DWG. 7-5	Nov. 1993



- LEGEND For PROFILE**
- ALLUVIUM  
Gravel, sand and silt
  - KÖPRÜÇAY CONGLOMERATE  
Calcareous Conglomerate
  - Geologic boundary
  - Fault (sh: width of sheared zone (cm))
  - Assumed fault
  - Drillhole (projected) and ground water level on September 25th, 1971
  - Adit (projected)

- LEGEND For LOG OF DRILLHOLE**
- ① Geologic log
  - ② Solution cavity or channel
  - ③ Section where specified pressure was not obtained.
  - ④ Section where water pressure test was not executed
  - ⑤ Logon value
  - ⑥ Section, more than 50 logon



- LEGEND For PROFILE OF ADIT**
- Shear zone (sh: width in cm)
  - Jointed portion
  - Solution (width and length in cm)
  - A Location is shown on plan and profile

BEŞKONAK PROJECT  
GEOLOGY  
PROFILE OF DAMSITE  
DWG. 7-6 | Nov., 1983

**第 8 章 ダム地点周辺岩盤の浸透流解析  
およびグラウトカーテン工**



## 第 8 章 ダム地点周辺岩盤の浸透流解析およびグラウトカーテン工

8.1	ダム地点周辺岩盤の浸透流解析	Ⅷ-1
8.1.1	基礎的考察	Ⅷ-1
8.1.2	解析方法	Ⅷ-2
8.1.3	ダム地点周辺岩盤の透水係数	Ⅷ-2
8.1.4	均質な連続体としての浸透流解析	Ⅷ-5
8.1.5	卓越した亀理が存在する場合の浸透流解析	Ⅷ-47
8.1.6	浸透流解析結果についての考察	Ⅷ-54
8.2	グラウトカーテン工	Ⅷ-54
8.2.1	グラウトカーテン工の提案	Ⅷ-54
8.2.2	グラウトカーテン工についての考察	Ⅷ-55



## LIST OF FIGURES

- Fig. 8-1 Calculation Model of Right Bank  
(Slice Section, EL.80 m)
- Fig. 8-2 Calculation Model of Left Bank  
(Slice Section, EL.80 m)
- Fig. 8-3 Flow Net Diagram of Right Bank  
(Slice Section, EL.80 m)
- Fig. 8-4 Flow Net Diagram of Left Bank  
(Slice Section, EL.80 m)
- Fig. 8-5 Seepage Flow Distribution  
(Slice Section, EL.80 m)
- Fig. 8-6 Calculation Model of Dam Foundation
- Fig. 8-7 Calculation Model of Right Bank (R-1)
- Fig. 8-8 Calculation Model of Right Bank (R-2)
- Fig. 8-9 Calculation Model of Right Bank (R-3)
- Fig. 8-10 Calculation Model of Left Bank (L-1)
- Fig. 8-11 Calculation Model of Left Bank (L-2)
- Fig. 8-12 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-1-01)
- Fig. 8-13 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-1-03)
- Fig. 8-14 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-1-A1)
- Fig. 8-15 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-1-A3)
- Fig. 8-16 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-1-B1)
- Fig. 8-17 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-1-B3)
- Fig. 8-18 Leakage Per Unit Length
- Fig. 8-19 Total Amount of Leakage
- Fig. 8-20 Correlation Between Reservoir and Leakage
- Fig. 8-21 Seepage Flow Diagram along Solution Crack  
(R-1-A1-C2)

## LIST OF TABLES

Table 8-1	Lugeon Values Adopted for the Analysis
Table 8-2	Calculation Cases
Table 8-3	Result of Seepage Flow Analysis (Case of Permeability Coefficient $K_1$ )
Table 8-4	Result of Seepage Flow Analysis (Case of Permeability Coefficient $5K_1$ )
Table 8-5	Result of Seepage Flow Analysis (Case of Permeability Coefficient $10K_1$ )
Table 8-6	Total Amount of Leakage from the Reservoir
Table 8-7	Amount of Leakage at Dam Foundation
Table 8-8	Examples of Permissible Maximum Leakage Volume
Table 8-9	Calculation Cases
Table 8-10	Result of Seepage Flow Analysis Along Solution Crack (R-1)
Table 8-11	Total Amount of Leakage along Solution Crack
Table 8-12	Actual Result of Grout Curtain at Limestone and Karst Zone

## LIST OF DRAWING

DWG. 8-1	Grout Curtain Courses, General
----------	--------------------------------

## 第8章 ダム地点周辺の浸透流解析およびグラウトカーテン工

### 8.1 ダム地点周辺岩盤の浸透流解析

#### 8.1.1 基礎的考察

Beskonak貯水池の保水性については前章7.2.5で述べたように、貯水池からの漏水は上流域で発生する可能性は少ないが、貯水池右岸に分布する透水性の高いKöprücay 礫岩を通じて下流方向に発生する可能性があり、ダム地点周辺が最も重要な検討地域である。

ダム地点右岸は、Köprücay 礫岩が幅約3.5kmにわたって分布し、不透水性のBeskonak層に接している。一方左岸はBeskonak層の下位にKöprücay 礫岩が分布し、その範囲はダム地点から1.5km東方まで及んでいるがBeskonak層と礫岩との境界は不明確である。

このように広範囲にわたって分布する礫岩からの漏水を完全に止水することは不可能であるが、グラウトカーテンによってこの漏水を低減できると判断される。グラウトカーテンを礫岩部全区間(L=5km)にわたって施工するためには膨大な工事費と期間を要する。しかもそのグラウトによっても漏水を完全に防止することは困難であろう。本地点におけるグラウトカーテンは必ずしも不透水層まで延長しなくても、貯水池からの漏水が集中すると考えられるダム地点周辺のゾーンに限定して実施し、残りのゾーンでは若干の漏水を許容することが現実的であると考えられる。

一般に石灰質岩石分布地帯における貯水池では漏水を完全に止水することは不可能であるが、主要構造物の安全性が損われず、かつ隣接および下流地域に影響を与えなければ若干の漏水があっても貯水池の築造が可能であると考えられる。この場合、貯水池からの漏水をある程度まで許容して、経済的、技術的見地より許容最大漏水量を決定し、漏水をそれ以下に抑えるよう然るべき止水工を計画することが必要である。

以上のような観点から定性的に認められているダム地点周辺岩盤からの漏水の問題を、グラウトカーテンの範囲の検討も含めて数値的に解析することを試みた。数値解析は既調査により得られた透水テストの結果および溶蝕クラック等の資料をもとにこれらを整理分析し、透水係数を設定し以下のような計算を行なった。

- (1) ダム地点周辺岩盤をマクロ的に均質な連続体と仮定した場合の浸透流。
- (2) 岩盤内に卓越した節理(溶蝕クラック)が存在すると仮定した場合の浸透流。

本解析では主として(1)のケースについて検討を行ない、(2)のケースについては部分的な断面について行なった。なお、この数値解析には計算条件および計算手法に仮定を設定するため、解析結果はあくまでもグラウトカーテン計画の一つの参考資料として取扱うものとする。

浸透流解析に関する詳細な資料はAppendix A-4に添付してある。また、本解析は基本的検討であるため、第11章に述べる予備設計の諸元と一部相異なる点がある。

### 8.1.2 解析方法

浸透解析の計算には Darcy の法則を適用した。岩盤内の浸透現象は、不規則かつ複雑に分布する節理やクラック、および断層、破碎帯等の形状や規模に支配される。

特に Beskonak 地点のように長年に亘って石灰質岩石が溶蝕作用を受け、溶蝕クラックや溶蝕ホールを有する岩盤に対する浸透流解析に、画一的に Darcy の法則を適用することには多少問題がある。しかし、ボーリングおよび調査横坑などの調査工事より、

- (1) 地形、地質的な面で境界条件が明確である。
  - (2) 石灰質礫岩は大局的には等方性である。
  - (3) 溶蝕クラック等の空隙の規模に対し、対象区域が十分大きい。
  - (4) 小規模な亀裂や割れ目が十分にあり、透水経路が多重連結構造をなしている。
- 等、ダム地点周辺の地質が判明している、マクロ的にみれば、これらの岩盤は均質な連続体とみなされ、Darcy の法則が適用できると考えられる。

解析には、地盤内の浸透流の挙動を数値解析により検討するために開発された、有限要素法による二次元浸透流の電算解析プログラムを使用した。

### 8.1.3 ダム地点周辺岩盤の透水係数

ダム地点周辺岩盤の透水係数は前章 7.3.6 に述べた検討結果より決定した。その概略を示すと以下のとおりである。

- (1) 各ボーリング孔の透水試験より得られた Lugeon 値と標高および河川からの距離との相関を求めた。その結果は前章の Fig. 7-16 に示すとおりである。
- (2) 溶蝕クラックの分布状態と標高との相関を求めた。その結果は前章の Fig. 7-17 および Fig. 7-18 に示すとおりである。
- (3) 地表面付近および断層周辺の透水試験結果は(1)(2)とは別に整理した。

以上の結果よりダム地点周辺岩盤の透水性について次の事が明らかになった。

- (1) Köprücay 礫岩のうち、表層部(深さ約 40 m まで)、F-1 断層部(破碎帯幅 40 m) および F-1 断層以外の断層部(破碎帯幅 30 m) は透水性が高い。
- (2) Köprücay 礫岩の基岩は頁岩、砂岩互層部に対して 5 倍程度の透水性を有する。
- (3) Köprücay 礫岩内には局部的に高い透水性を有する箇所がある。
- (4) ダム周辺の Köprücay 礫岩は、一般に河川近傍および河川水位の変動区間で高い透水性を示す。
- (5) Köprücay 礫岩中の溶蝕クラックは EL. 60 m ~ EL. - 120 m の範囲において卓越している。

上記の考察より計算に用いる透水係数 (Lugeon 値) を Table 8-1 に示す通り設定した。なお計算にあたっては、 $1 \text{ Lugeon} = 1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$  として透水係数に換算した。

また 7.3.6 で述べた理由により Köprüçay 礫岩の岩盤の透水係数を過小評価していることも考えられるので、 $K_1$  を拡大した  $K_2 (= 5 K_1)$ 、 $K_3 (= 10 K_1)$  の透水係数についても計算を行なった。

Table 8-1 Lugeon Values Adopted for the Analysis

Unit: Lugeon

Item		Measured Average Value	Adopted Values		
			K1	K2	K3
Surface (Depth 40 m)	Köprüçay Conglomerate	35.2	40	200	400
	Shale and Sandstone	13.3	20	100	200
Facies	Köprüçay Conglomerate	5.9	10	50	100
	Shale and Sandstone	1.6	2	10	20
Sheared zone (width 40 m F-1 Fault )	Köprüçay Conglomerate	41	40	200	400
	Shale and Sandstone	-	40	200	400
Sheared zone (width 30 m Fault except F-1)	Köprüçay Conglomerate	9.9	20	100	200
	Shale and Sandstone	-	20	100	200
Grout zone	Curtain	-	5	5	5
	Consolidation	-	1	1	1

#### 8.1.4 均質な連続体としての浸透流解析

##### (1) 平面解析

ダム地点周辺岩盤の浸透流の浸透経路，流線方向，漏水量の平面的分布等の挙動を知り，計算断面を決定する目的で貯水池の中間水位である E.L. 80m の平面において

(a) グラウトカーテンなし

(b) グラウトカーテンあり (右岸側  $l = 1,100\text{m}$ ，左岸側  $l = 500\text{m}$ )

の2ケースについて透水係数  $K_1$  を用いて平面解析を行なった。計算モデルを Fig. 8-1 および 8-2 に，計算結果を Fig. 8-3 ~ 8-5 に示す。Fig. 8-3 および 8-4 はグラウトカーテンを施工しない場合の左右岸の流線網を表わし，Fig. 8-5 (a) は上流面流入部における浸透流の平面分布を示す。貯水池からの漏水量の大部分はダム近傍から発生し，ダムサイトより右岸側 800m，左岸側 400m の範囲で総流量の約 90% が流出する。この傾向は，グラウト有無に係らずほぼ同様な値を示す。また浸透流は透水距離に支配され，断層および地質境界による影響は少ない。

以上の結果より次節(2)で行う断面として，ダムサイト，および総漏水量に対する比が，右岸で 50%，70%，90%，左岸で 70%，90% の位置を選定した。計算断面 (R-1 ~ R-3，L-1，L-2) は Fig. 8-3 および Fig. 8-4 に示されている。

また，グラウト施工範囲の検討をするために  $K_2$  を用いて，

(a) グラウト施工延長，右岸  $l = 1,100\text{m}$ ，左岸  $l = 500\text{m}$

(b)                      右岸  $l = 550\text{m}$       左岸  $l = 250\text{m}$

の2ケースの計算を行なった。その結果を Fig. 8-5 (b) に示す。グラウト施工範囲についての考察は 8.4 の項で述べる。



Fig. 8-1 Calculation Model of Right Bank (Slice Section EL.80m)

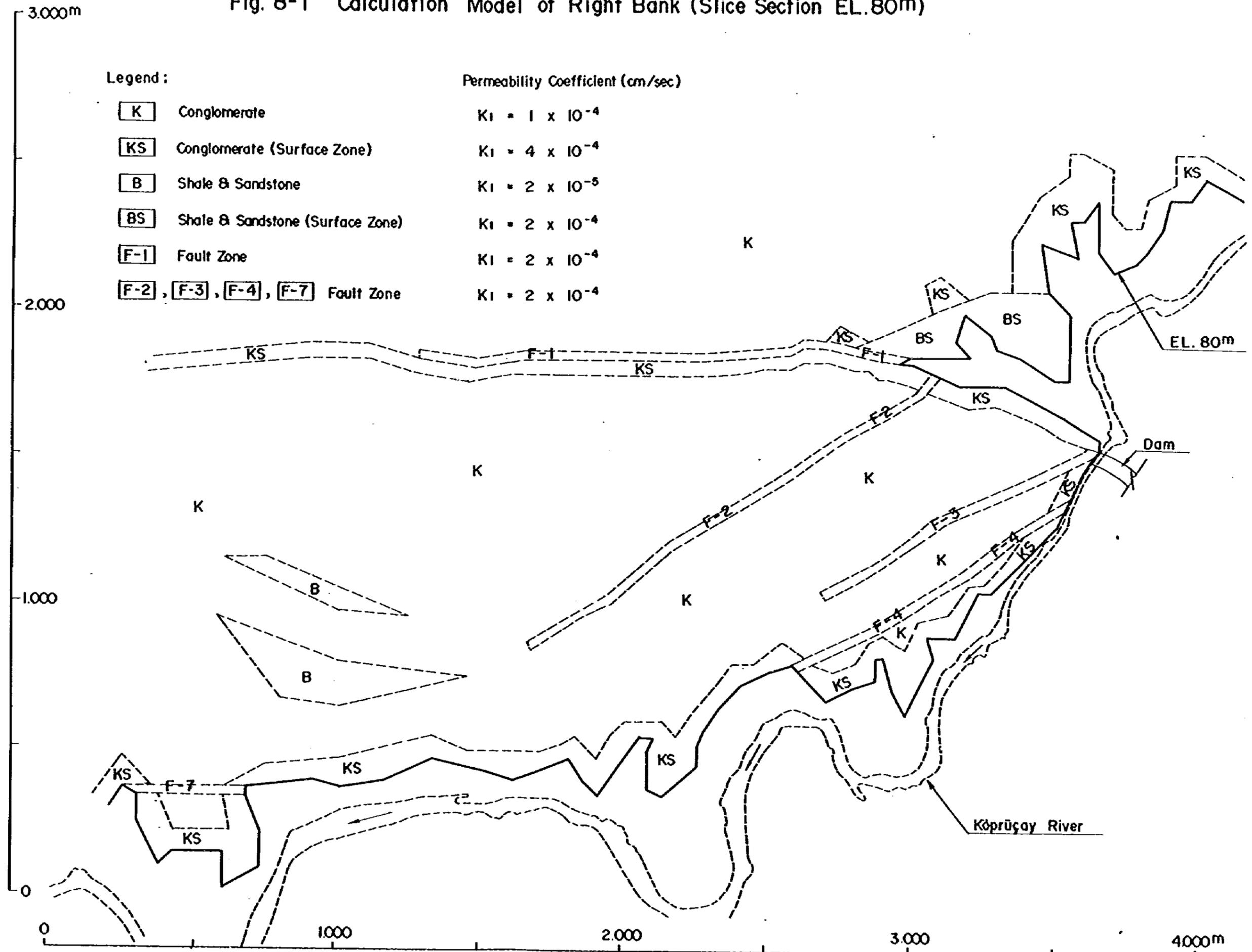


Fig.8-2 Calculation Model of Left Bank (Slice Section EL.80m)

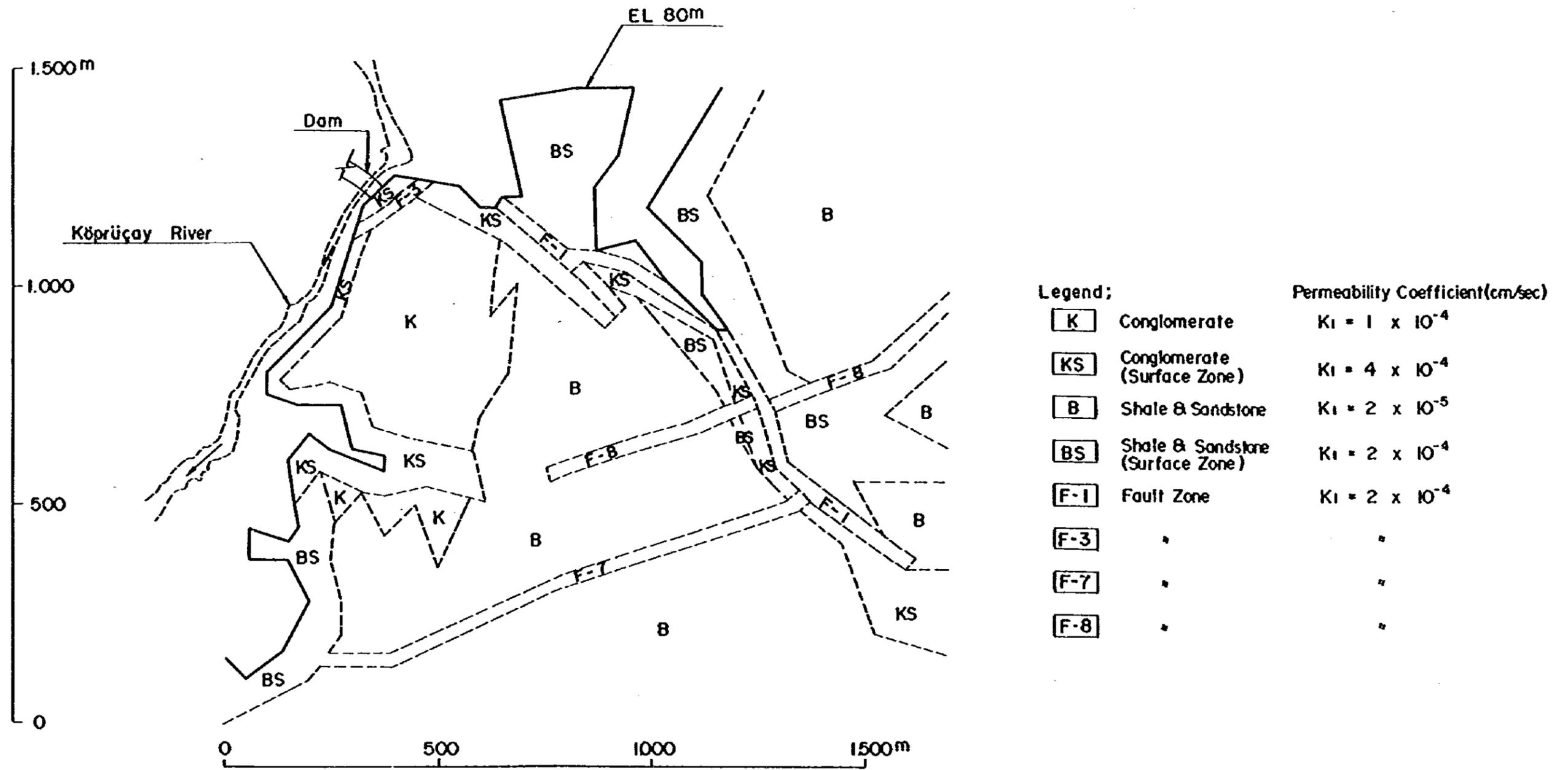


Fig. 8-3 Flow Net Diagram of Right Bank (Slice Section EL.80m)

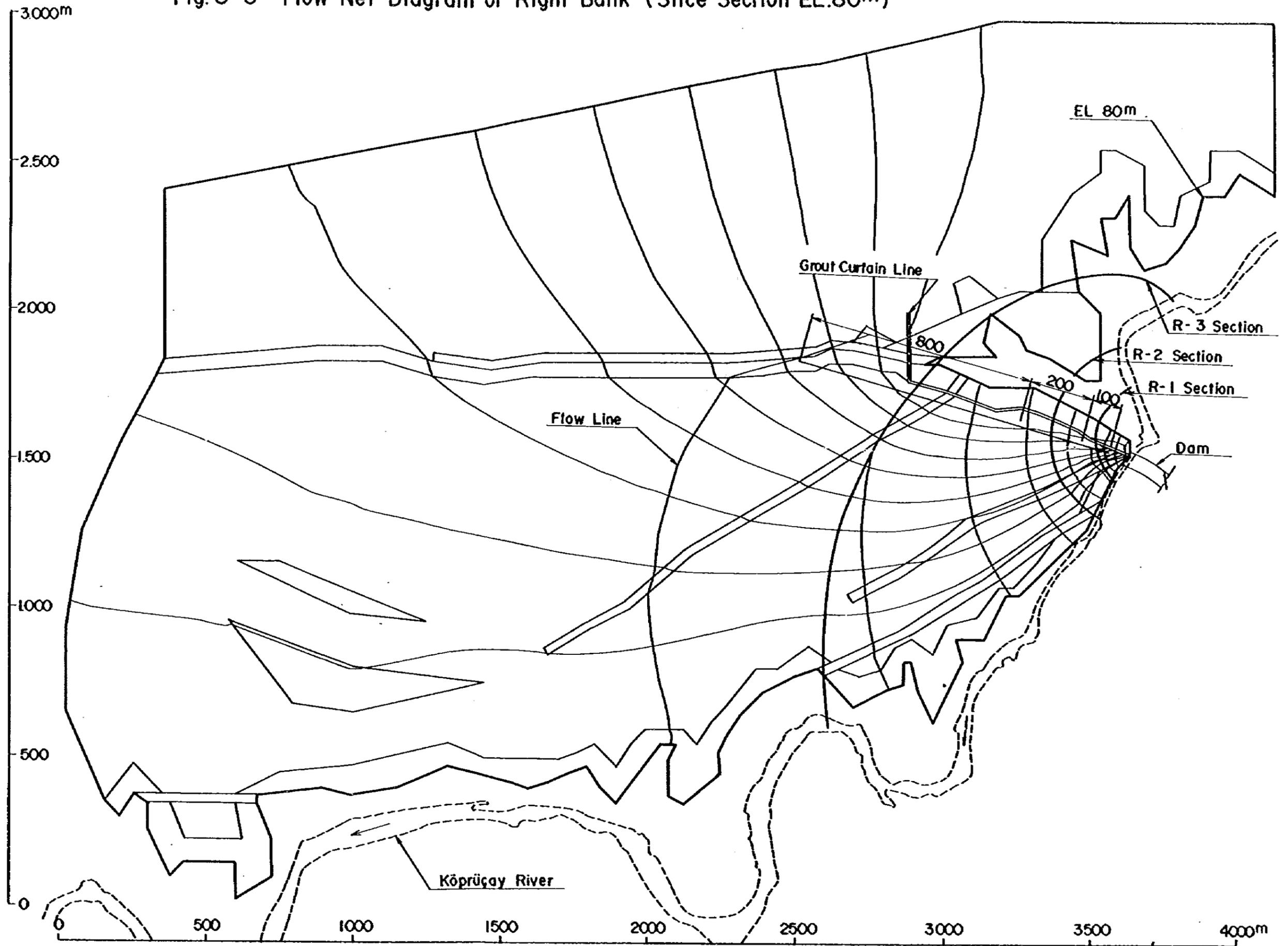


Fig. 8-4 Flow Net Diagram of Left Bank (Slice Section EL.80m)

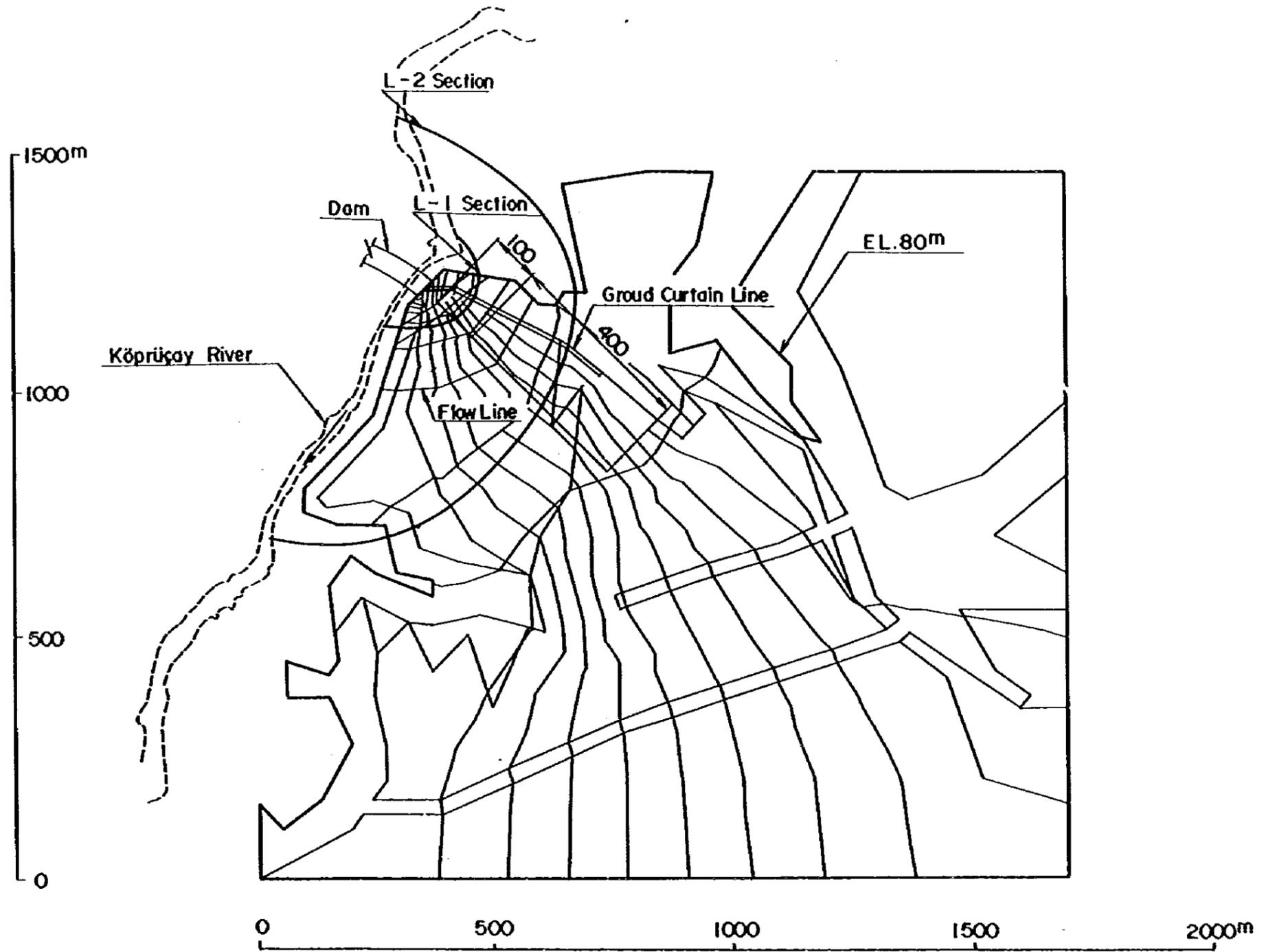
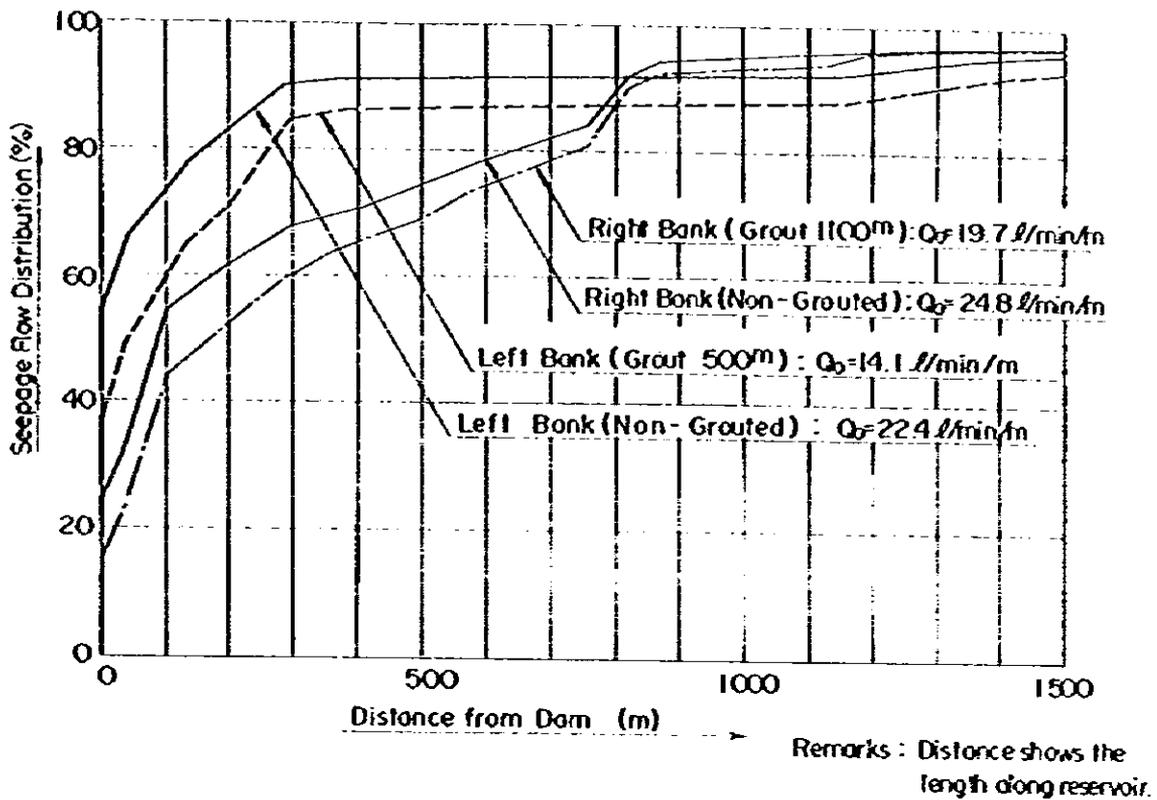
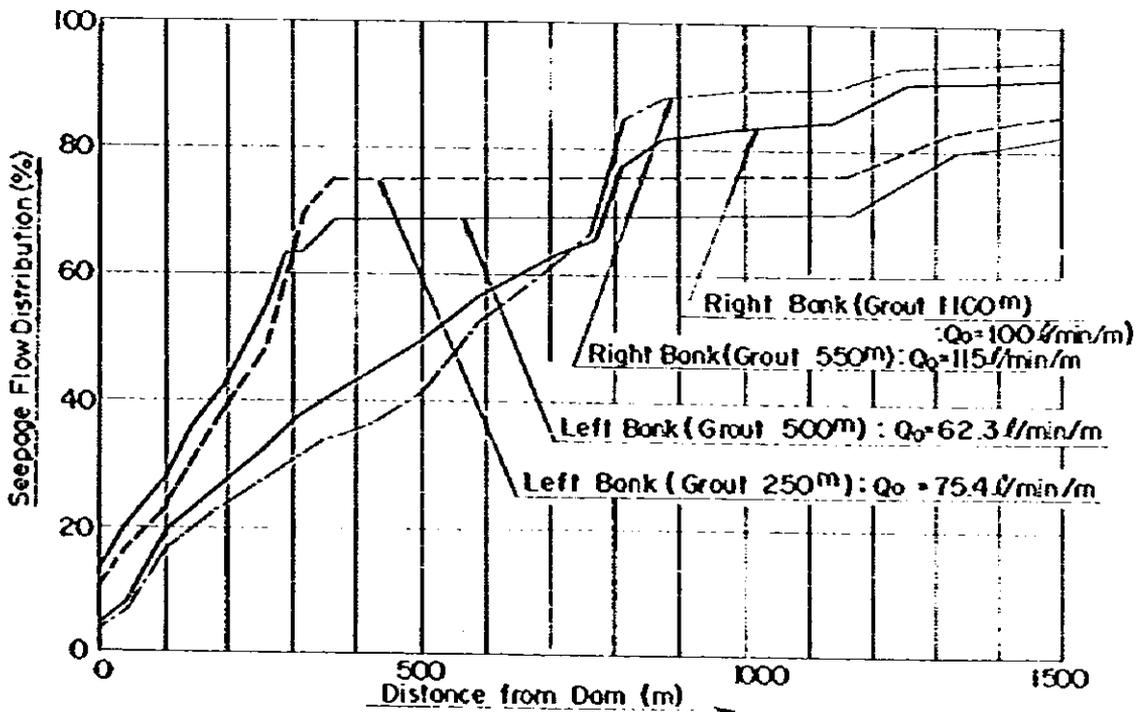


Fig.8-5 Seepage Flow Distribution (Slice Section EL.80m)

(a) Permeability Coefficient  $K_1$



(b) Permeability Coefficient  $K_3$



(2) 断面解析

(1)にて選定した各断面について解析を行なったケースは Table 8 - 2 に示す通りである。

各断面の計算モデルは Fig. 8 - 6 ~ Fig. 8 - 11 に示す。計算結果は Tables 8 - 3 ~ 8 - 5 および Fig. 8 - 12 ~ 8 - 19 に示す。Table 8 - 3 ~ 8 - 5 に示される浸透流をもとに算出した貯水池からの漏水量は Table 8 - 6 および 8 - 7 に示す。

Table 8-2 Calculation Cases

Grout & coef. Section	Non Grouted			Grout (A)			Grout (B)		
	K1	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3
Dam Foundation	D-1-01	D-1-02	-	D-1-A1	-	D-1-A3	D-1-B1	-	D-1-B3
Right Bank R-1	R-1-01	R-1-02	R-1-03	R-1-A1	R-1-A2	R-1-A3	R-1-B1	R-1-B2	R-1-B3
" R-2	R-2-01	-	-	-	-	-	-	-	-
" R-3	R-3-01	-	-	-	-	-	-	-	-
Left Bank L-1	L-1-01	-	-	L-1-A1	-	-	-	-	-
" L-2	L-2-01	-	-	-	-	-	-	-	-

(Note) 1. K1 - K3 are permeability coefficients with the values K2 = 5 K1 and K3 = 10 K1 adopted.

2. Grout (A): Case of curtain grouting to EL.-60 m

Grout (B): Case of curtain grouting to EL.-120 m

Table 8-3 Result of Seepage Flow Analysis  
(Case of Permeability Coefficient  $K_1$ )

Calculated Section	Distance (m)	Non Grouted			Grout A (EL. - 60 m)		Grout B (EL. - 120 m)	
		Unit Seepage Flow ( $\mu$ /min/m)	Seepage Flow ( $\mu$ /min)	Unit Seepage Flow ( $\mu$ /min/m)	Seepage Flow ( $\mu$ /min)	Unit Seepage Flow ( $\mu$ /min/m)	Seepage Flow ( $\mu$ /min)	
Dam Foundation	100	16.80	1,680	8.52	852	8.42	842	
R-1	100	7.78	778	7.75	775	7.73	773	
R-2	200	5.54	908	(4.52)	(904)	(4.51)	(902)	
R-3	800	1.65	1,320	(1.64)	(1,312)	(1.64)	(1,312)	
Sub-total	1,100		3,006		(2,991)		(2,987)	
L-1	100	8.15	815	8.14	814	(8.10)	(810)	
L-2	400	2.52	1,008	(2.51)	(1,004)	(2.50)	(1,000)	
Sub-total	500		1,823		(1,818)		(1,812)	
Grand Total			6,509		(5,661)		(5,639)	

Remark; ( ) shows estimated values

Table 8-4 Result of Seepage Flow Analysis  
(Case of Permeability Coefficient  $5K_1$ )

Calculated Section	Distance (m)	Non Grouted			Grout A (EL. - 60 m)		Grout B (EL. - 120 m)	
		Unit Seepage Flow (l/min/m)	Seepage Flow (l/min)	Unit Seepage Flow (l/min/m)	Unit Seepage Flow (l/min/m)	Seepage Flow (l/min)	Unit Seepage Flow (l/min/m)	Seepage Flow (l/min)
Dam Foundation	100	(76.83)	(7,683)	(27.15)	(2,715)	(18.83)	(1,883)	
Right Bank	R-1	28.28	2,828	23.47	2,347	21.61	2,161	
	R-2	(16.50)	(3,300)	(13.69)	(2,738)	(12.61)	(2,522)	
	R-3	(6.00)	(4,800)	(4.98)	(3,984)	(4.58)	(3,664)	
	Sub-total		(10,928)		(9,069)		(8,347)	
Left Bank	L-1	(29.63)	(2,963)	(24.59)	(2,459)	(22.64)	(2,264)	
	L-2	(9.16)	(3,664)	(7.60)	(3,040)	(7.00)	(2,800)	
	Sub-total		(6,627)		(5,499)		(5,064)	
Grand Total			(25,238)		(17,283)		(15,294)	

Remark; ( ) shows estimated values

Table 8-5 Result of Seepage Flow Analysis  
(Case of Permeability Coefficient  $10K_1$ )

Calculated Section	Distance (m)	Non Grouted			Grout A (EL. - 60 m)		Grout B (EL. - 120 m)	
		Unit Seepage Flow ( $\ell/\text{min}/\text{m}$ )	Seepage Flow ( $\ell/\text{min}$ )	Unit Seepage Flow ( $\ell/\text{min}/\text{m}$ )	Seepage Flow ( $\ell/\text{min}$ )			
Dam Foundation	100	(142.09)	(14,209)	46.02	4,602	28.66	2,866	
Right Bank	R-1	52.30	5,230	39.78	3,978	32.90	3,290	
	R-2	(30.52)	(6,104)	(23.21)	(4,642)	(19.20)	(3,840)	
	R-3	(11.09)	(8,872)	(8.44)	(6,752)	(6.98)	(5,584)	
	Sub-total		(20,206)		(15,372)		(12,714)	
Left Bank	L-1	(54.79)	(5,479)	(41.67)	(4,167)	(34.47)	(3,447)	
	L-2	(16.94)	(6,776)	(12.88)	(5,152)	(10.66)	(4,264)	
	Sub-total		(12,255)		(9,139)		(7,711)	
Grand Total			(46,670)		(29,293)		(23,291)	

Remark: ( ) shows estimated values

**Table 8-6 Total Amount of Leakage from the Reservoir**

Unit: m<sup>3</sup>/min

Permeability Coef.	Non Grouted	Grout (A) (EL. - 60 m)	Grout (B) (EL. - 120 m)
K1	6.51	5.66	5.64
K2	25.24	17.28	15.29
K3	46.67	29.29	23.29

**Table 8-7 Amount of Leakage at Dam Foundation**

Unit: m<sup>3</sup>/min

Permeability Coef.	Non Grouted	Grout (A) (EL. - 60 m)	Grout (B) (EL. - 120 m)
K1	1.68	0.85	0.84
K2	7.68	2.72	1.88
K3	14.21	4.60	2.87

Table 8-6 から明らかなように、透水係数  $K_1$  の場合の漏水量は、グラウトカーテンなしの場合で  $6.51 \text{ m}^3/\text{min}$ 、グラウト(A)、(B)の場合で各々  $5.66 \text{ m}^3/\text{min}$ 、 $5.64 \text{ m}^3/\text{min}$  で、その差異は少ない。

これは岩盤の透水係数 ( $K=10 \text{ Lu}$  ; Köprüçay 礫岩の基岩) が小さく、グラウトカーテン部の透水係数 ( $K=5 \text{ Lu}$ ) と比較してほとんど変わらないためにグラウトカーテンの効果が顕著に表われないことを示している。一方、透水係数を拡大した場合の漏水量は透水係数  $K_3$  ・グラウトなしの場合で  $46.67 \text{ m}^3/\text{min}$  となり、 $K_1$  の場合の約 7 倍である。また  $K_1$ 、 $K_2$  の場合カーテングラウトの効果が顕著にあらわれ、グラウトなしの場合に対して、 $K_2$  で 32% (グラウト E.L. - 60 m) および 60% (E.L. - 120 m)、 $K_3$  で 37% および 50% の漏水量の減少率となる。

この漏水量と貯水池の水収支 (年平均流入量、貯水量) との関係を図表に表わすと Fig. 8-20 のようになり、 $K_3$  ・グラウトなしの場合で漏水量は年平均流入量の 0.9%、総貯水容量の 0.013% となる。漏水量の許容最大値として特に基準となるものはないが、ダムの安全性および貯水池の貯留効果より Table 8-8 に示すような内規の例があり、漏水量検討の一つの目安とすることができる。

Table 8-8 Examples of Permissible Maximum Leakage Volume

Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	Japan	Within 1% of Reservoir Inflow Within 0.05% of Reservoir capacity
Senator Wash Dam (Earth Dam, H = 29 m)	U.S.A.	$240 \text{ m}^3/\text{min}$
Feistritz Dam (Rockfill Dam H = 22 m)	Australia	$180 \text{ m}^3/\text{min}$
Bistrita Dam (Rockfill Dam, H = 130 ft)	Rumania	$60 \sim 120 \text{ m}^3/\text{min}$
(Reference) Beşkonak Dam (Concrete Dam, H = 165 m)	Turkey	$K_3$ , Non grouted 0.9 % of Reservoir Inflow 0.013 % of Reservoir Capacity $46.67 \text{ m}^3/\text{min}$

Fig. 8-6 Calculation Model of Dam Foundation

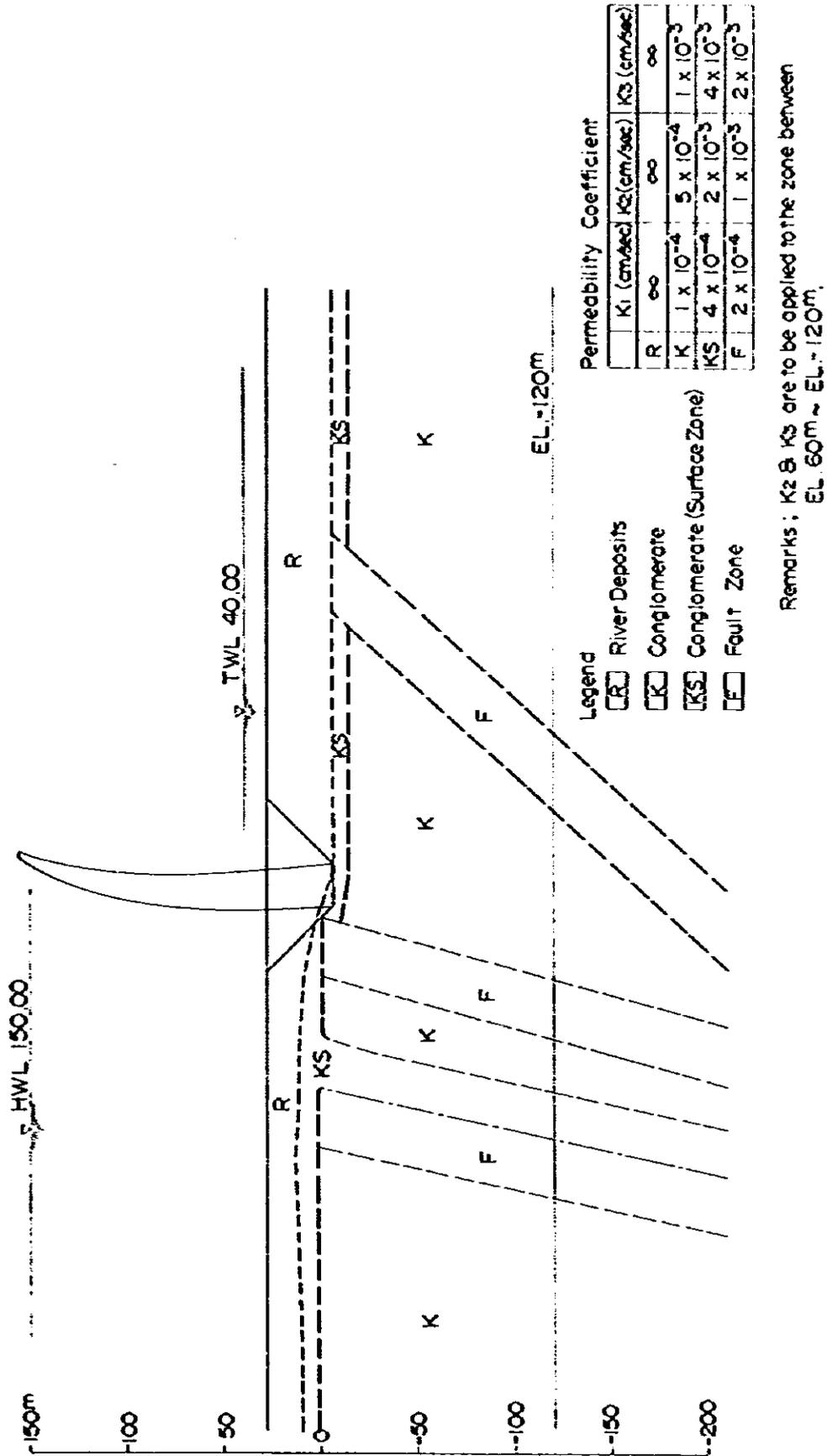
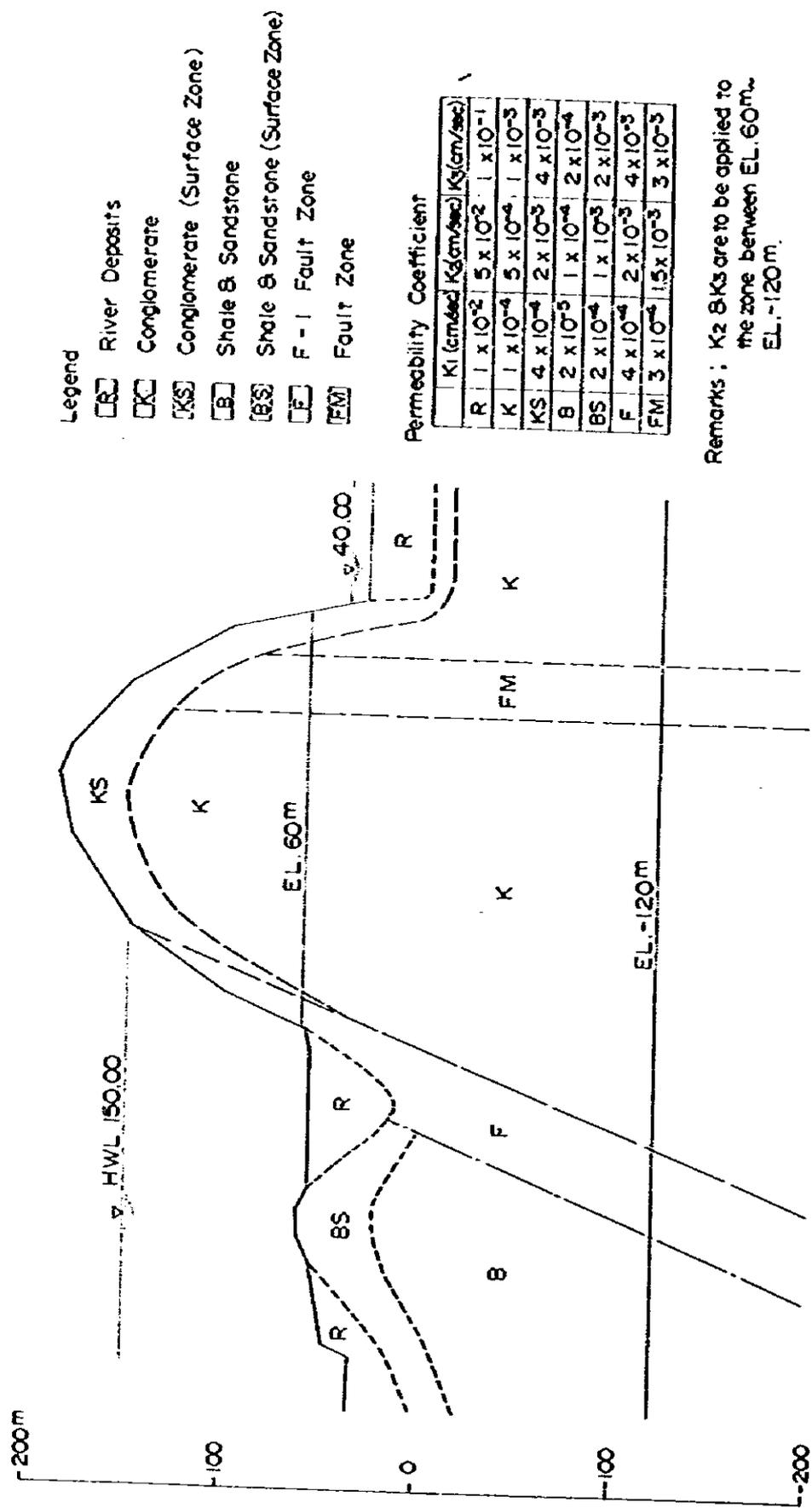


Fig. 8-7 Calculation Model of Right Bank (R-1)



2)

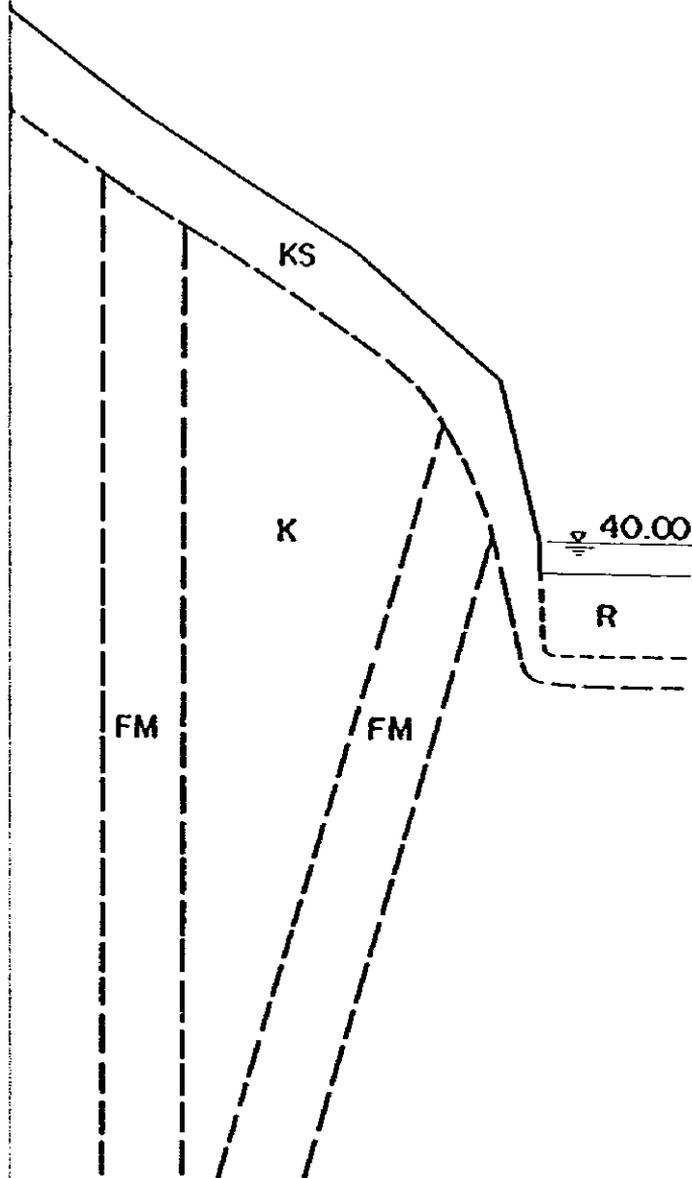
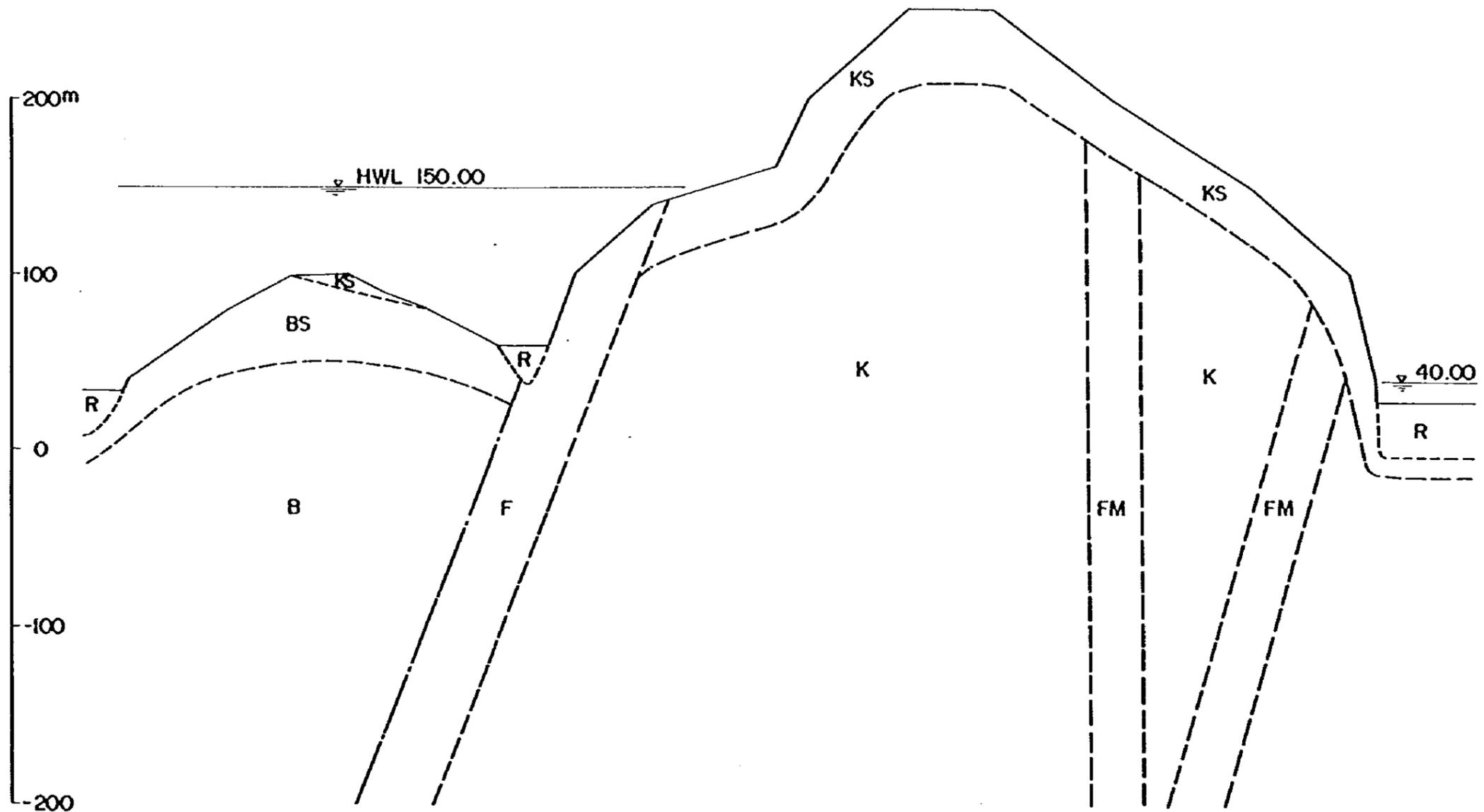


Fig.8-8 Calculation Model of Right Bank (R-2)



Legend		Permeability Coefficient (cm/sec)
[R]	River Deposits	$K_1 = 1 \times 10^{-2}$
[K]	Conglomerate	$K_1 = 1 \times 10^{-4}$
[KS]	Conglomerate(Surface Zone)	$K_1 = 4 \times 10^{-4}$
[B]	Shale & Sandstone	$K_1 = 2 \times 10^{-8}$
[BS]	Shale & Sandstone (Surface Zone)	$K_1 = 2 \times 10^{-4}$
[F]	F-1 Fault Zone	$K_1 = 4 \times 10^{-4}$
[FM]	Fault Zone	$K_1 = 3 \times 10^{-4}$

Fig. 8-9 Calculation Model of Right Bank (R-3)

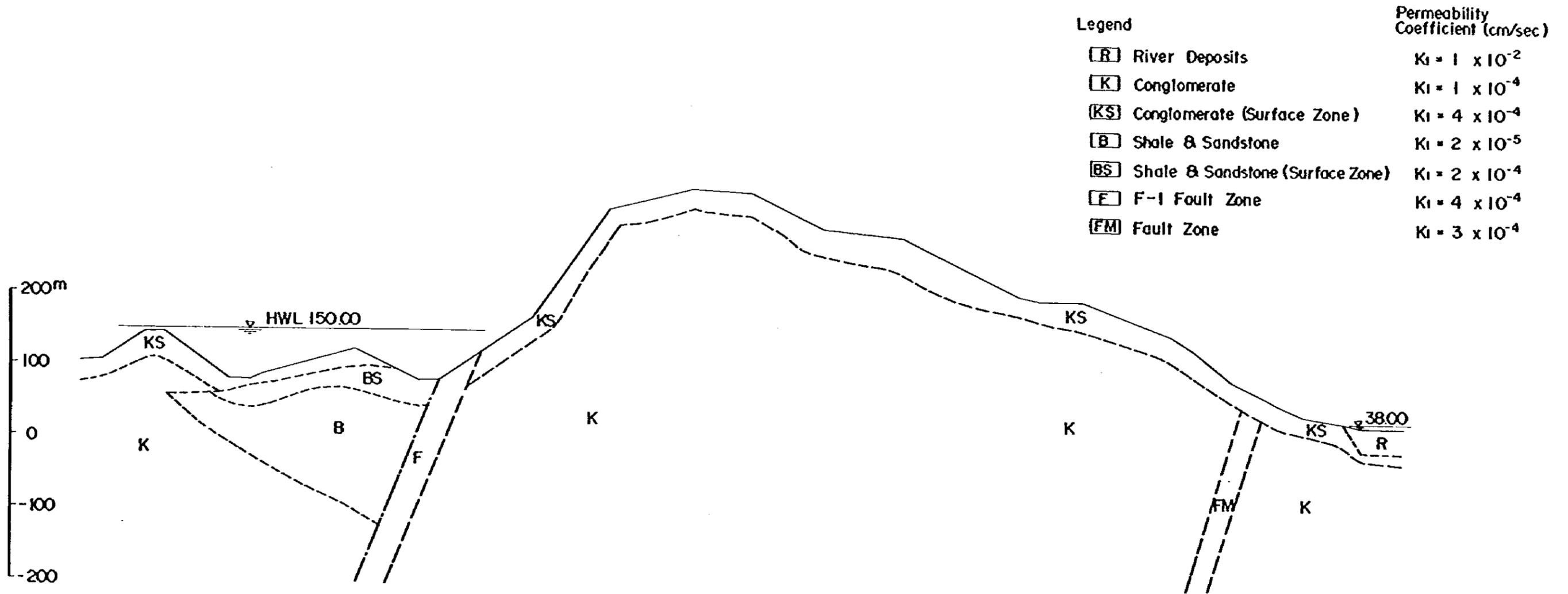




Fig. 8-10 Calculation Model of Left Bank (L-1)

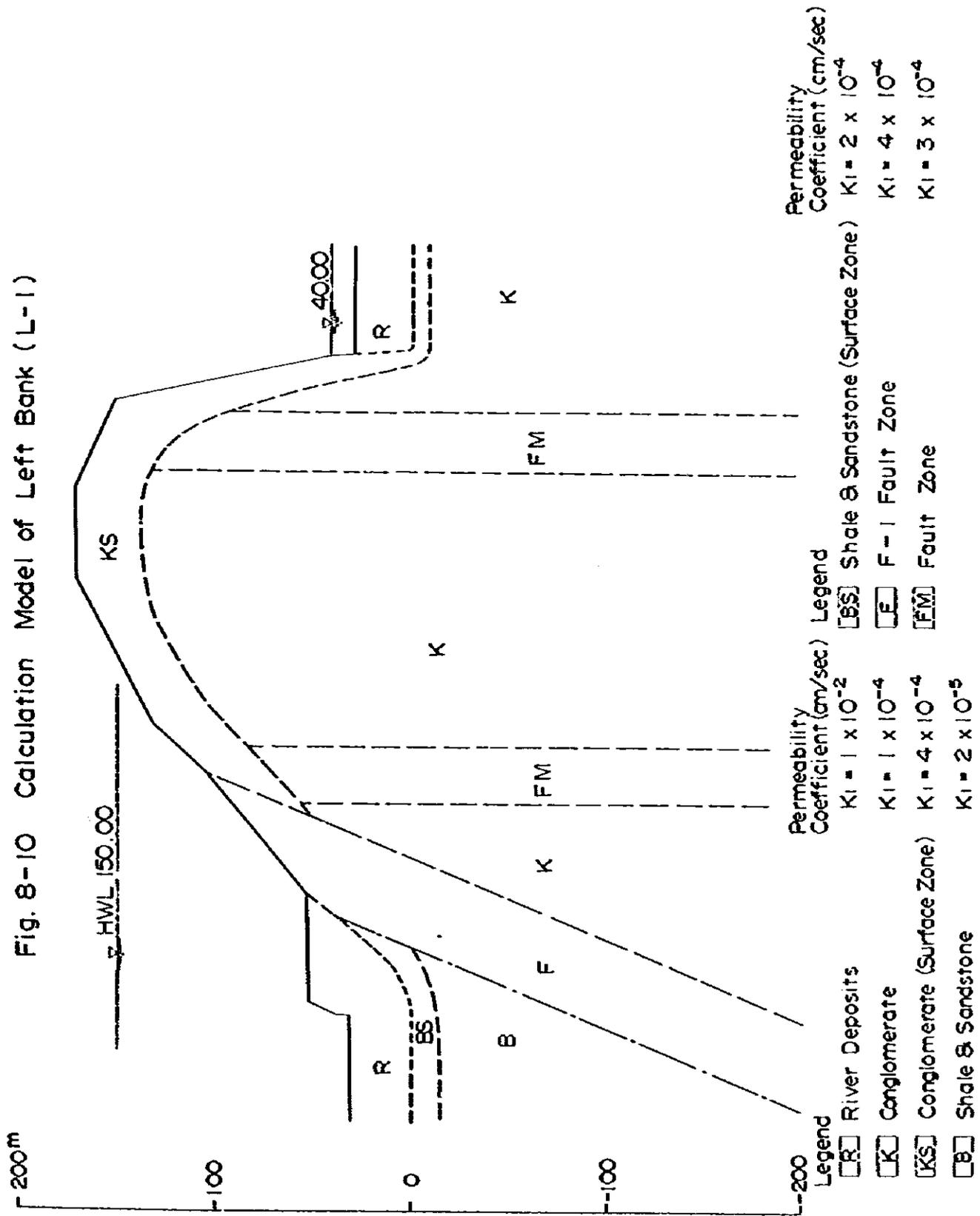




Fig. 8-11 Calculation Model of Left Bank (L-2)

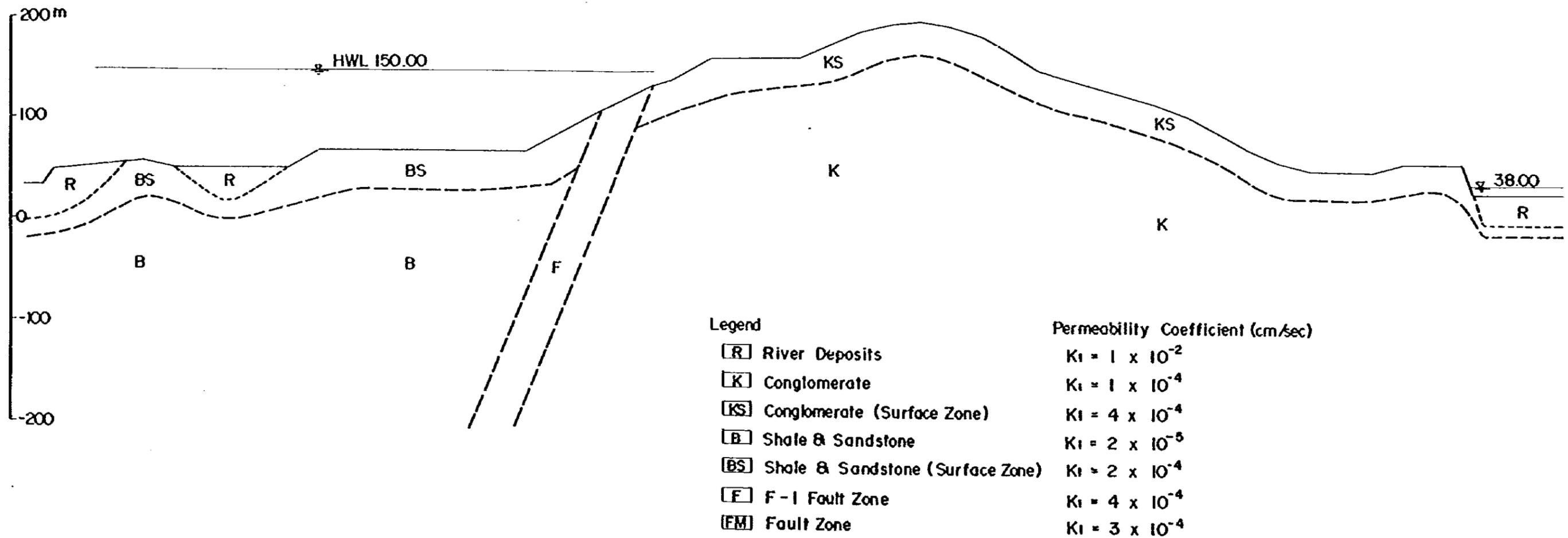


Fig.8-12 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-1-01)

Condition ; Grout None  
Permeability Coef.  $K_1$

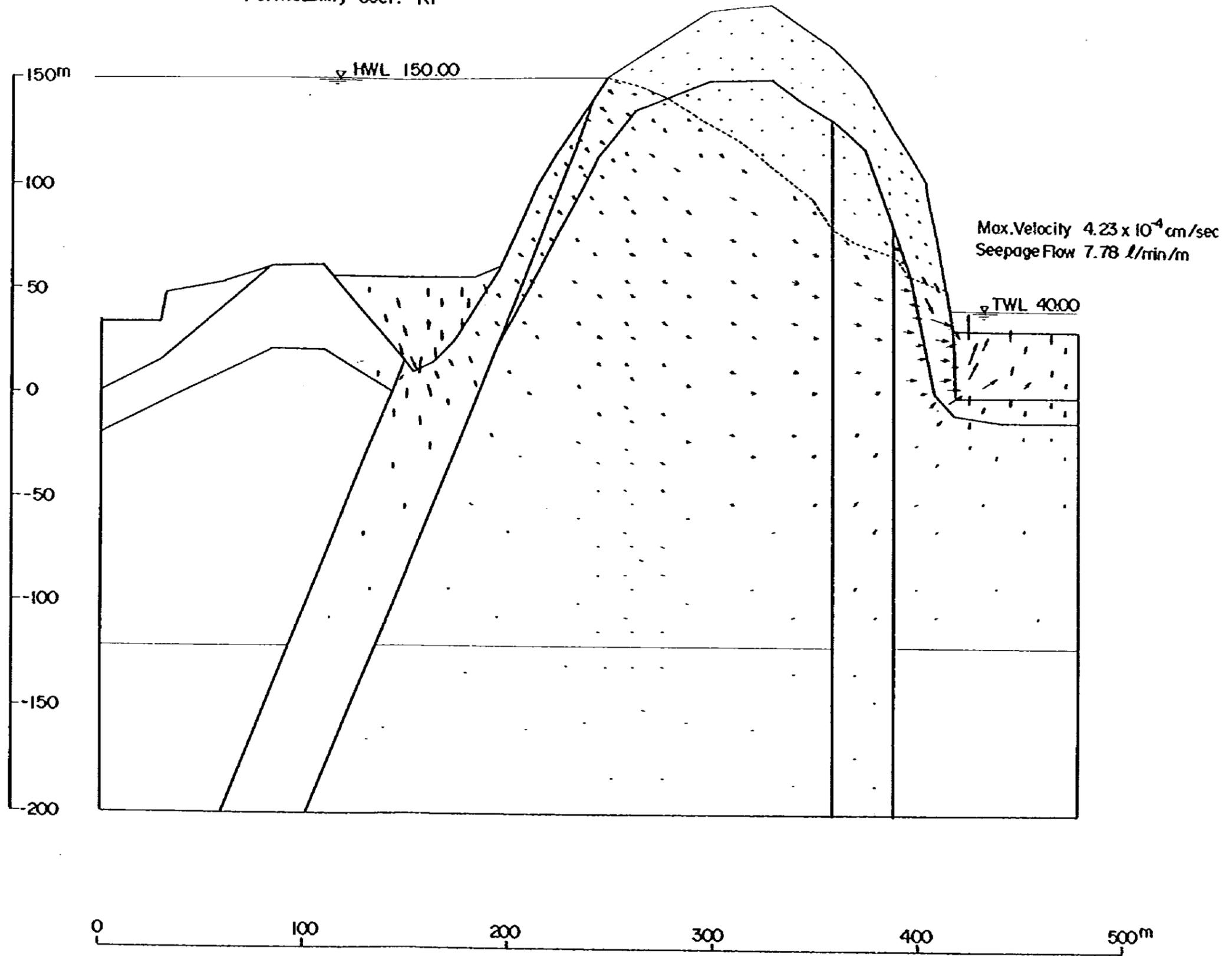


Fig.8-13 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-I-03)

Condition ; Grout None  
Permeability Coef. K3

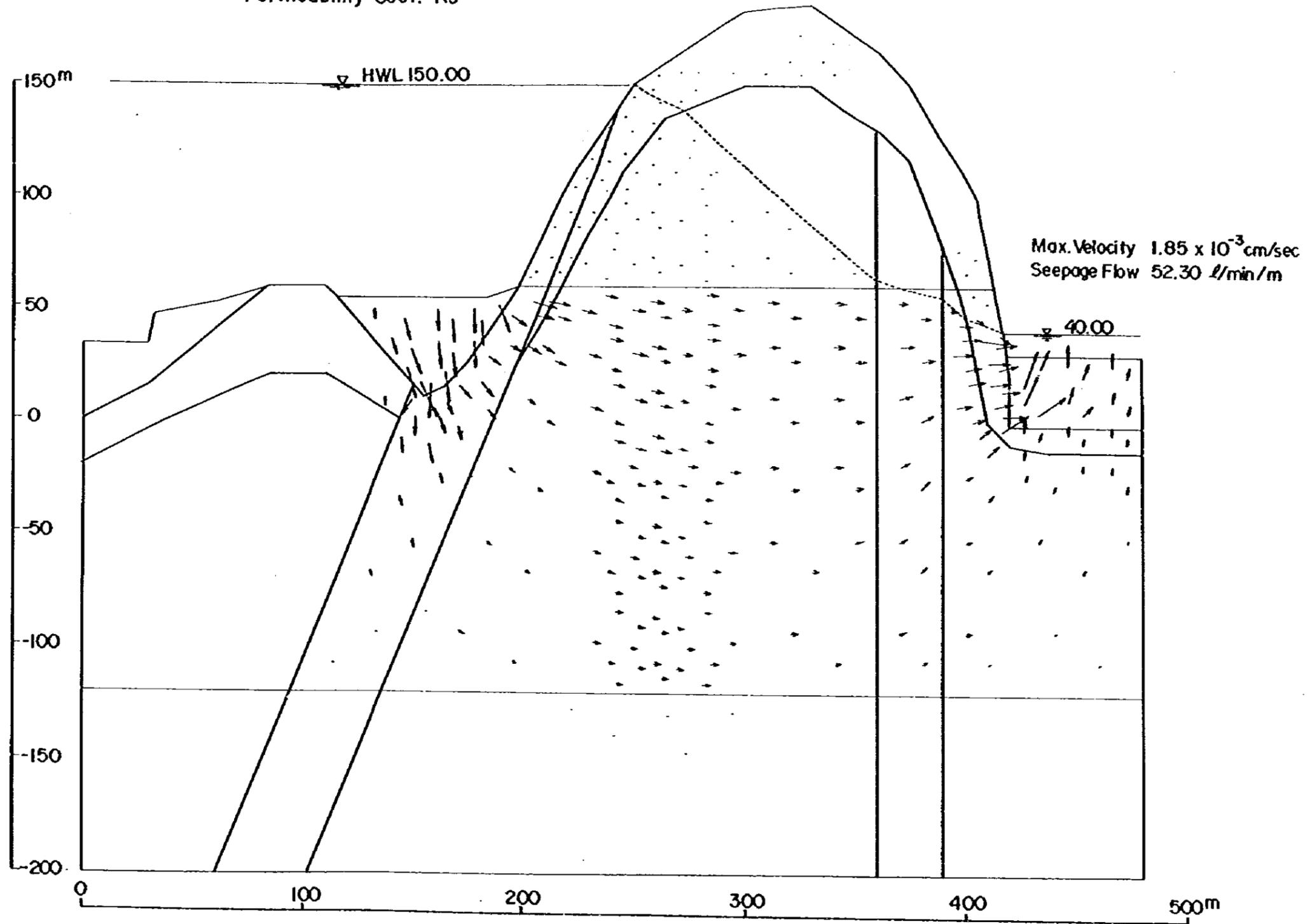


Fig.8-14 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-I-A1)

Condition ; Grout EL.-60m  
Permeability Coef. K1

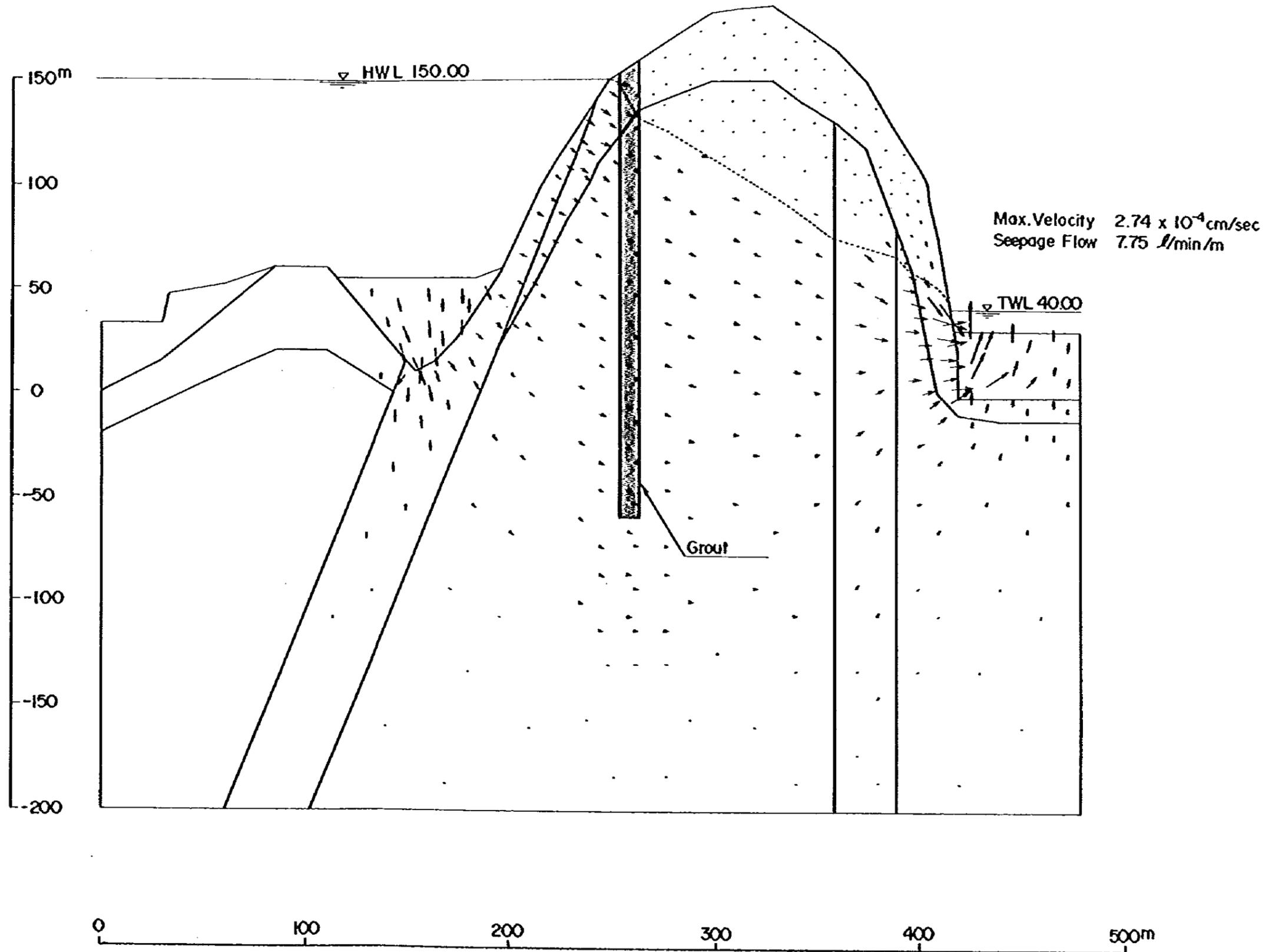


Fig.8-15 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-I-A3)

Condition : Grout EL.-60m  
Permeability Coef. K3

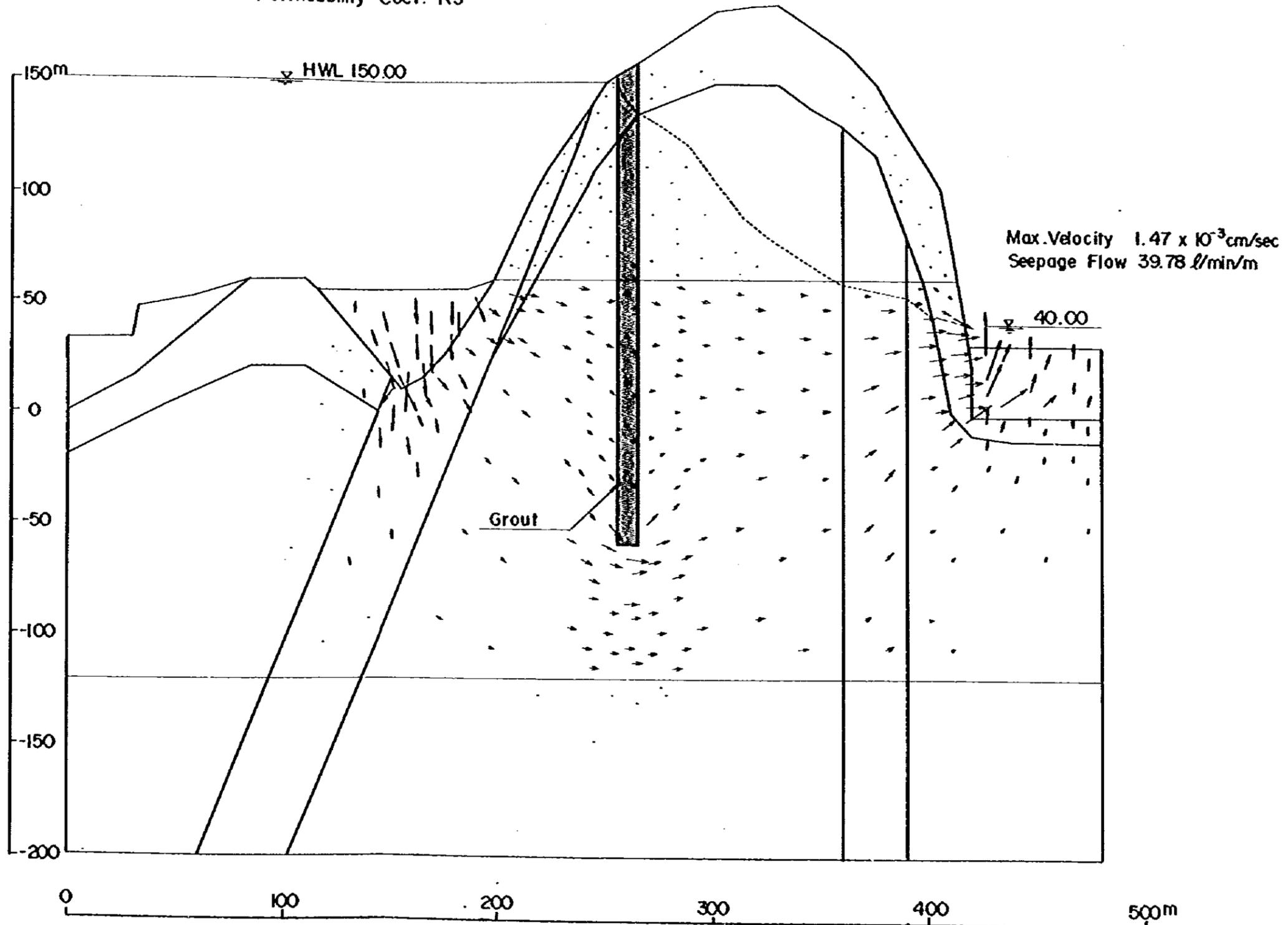


Fig. 8-16 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-1-B1)

Condition ; Grout EL. - 120m  
Permeability Coef.  $K_1$

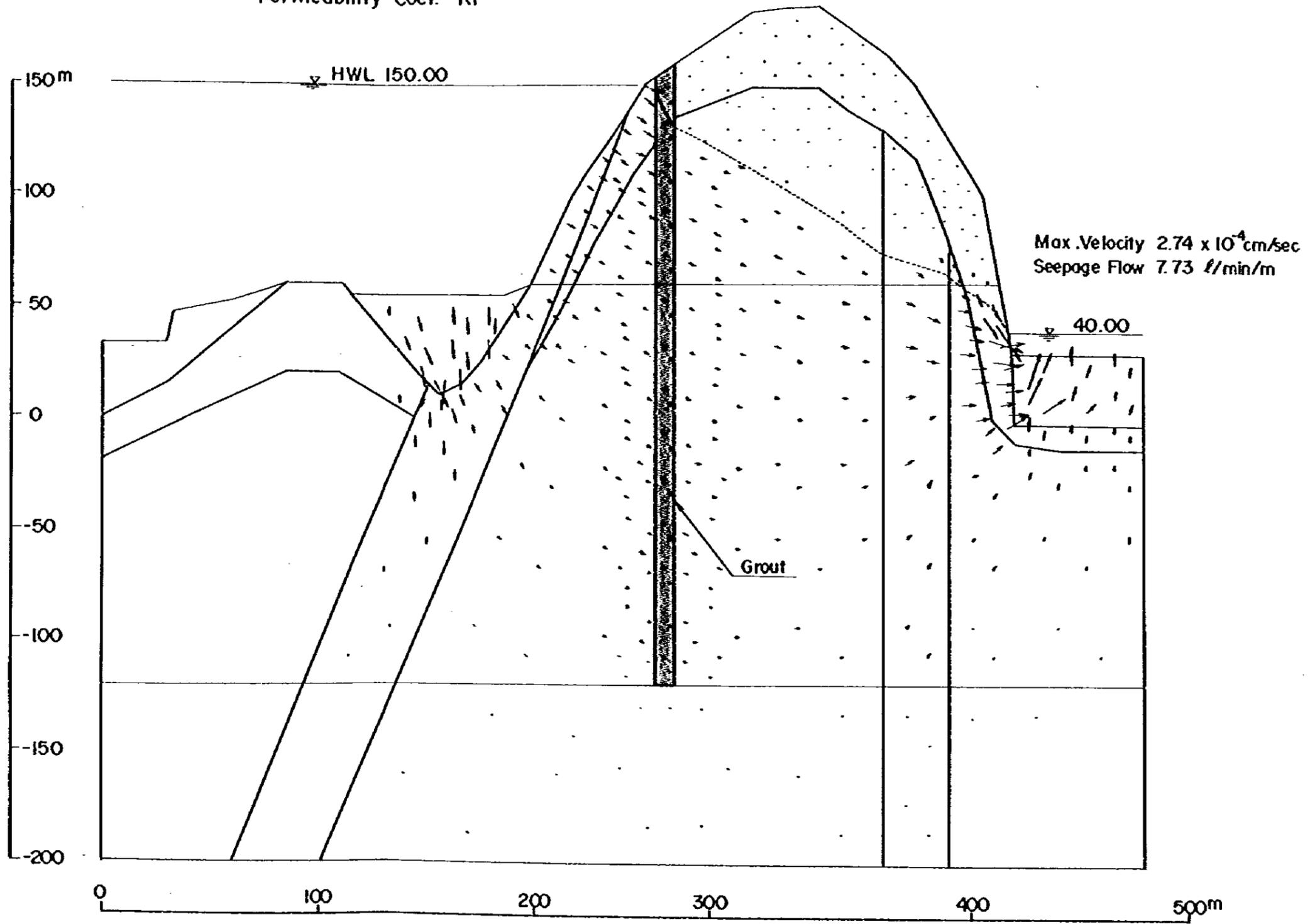


Fig.8-17 Seepage Flow Diagram of Right Bank (R-I-B3)

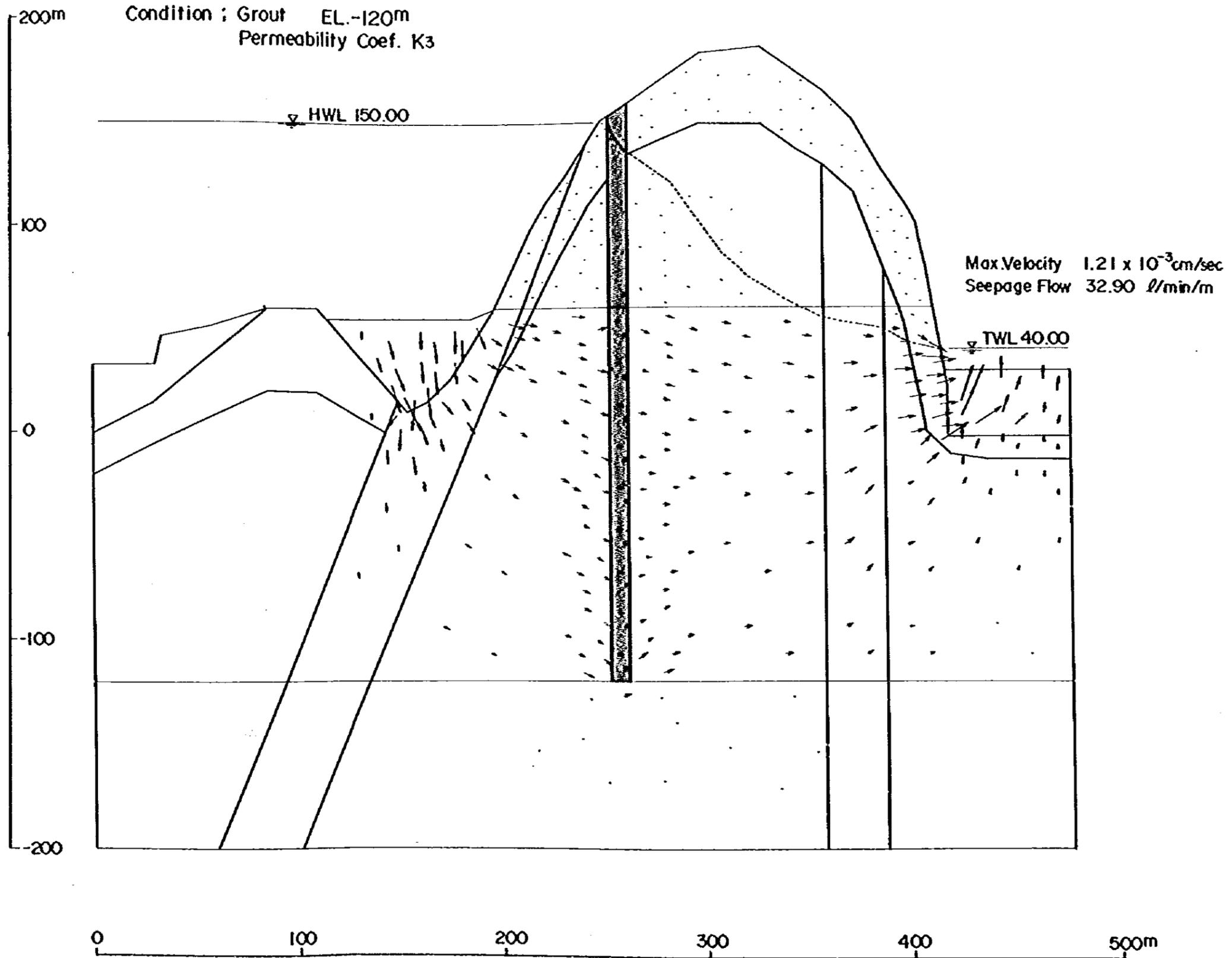


Fig. 8-18 Leakage Per Unit Length

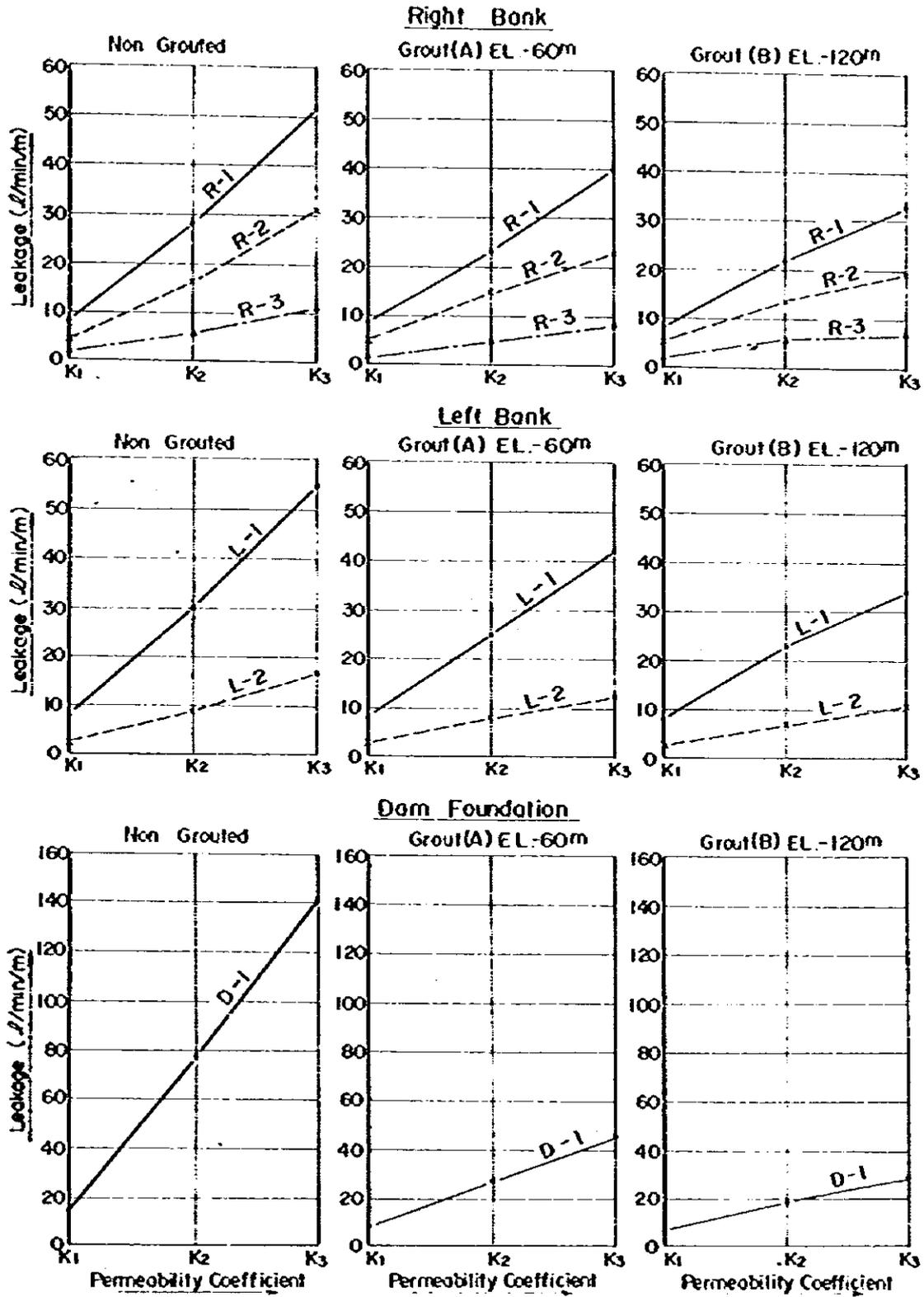


Fig.8-19 Total Amount of Leakage

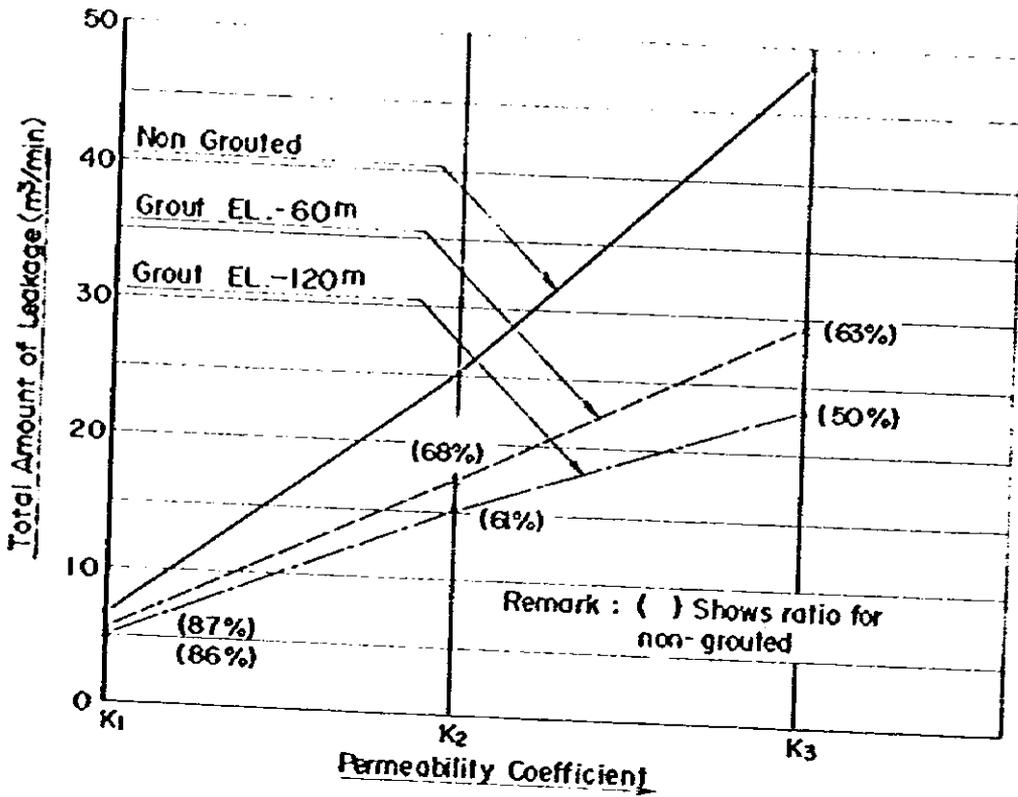


Fig.8-20 Correlation Between Reservoir and Leakage

