

中華人民共和國

湖北省北部農業水利開發計畫實施調查

技術報告書

I. 石台寺地區灌溉計畫

1988年6月

國際協力事業團

中華人民共和國

湖北省北部農業水利開發計畫實施調查

技術報告書

I. 石台寺地區灌溉計畫

JICA LIBRARY



1067271[5]

17961

1988年6月

國際協力事業團



第1部 石台寺地区灌溉計画

目 次

A.	測量	I-A-1~1
B.	気象・水文	I-B-1~27
C.	地質・土質	I-C-1~64
D.	土壌・土地利用	I-D-1~26
E.	営農・栽培	I-E-1~27
F.	灌溉	I-F-1~46
G.	施設計画	I-G-1~57
H.	水理解析	I-H-1~45
I.	施工・積算	I-I-1~35
J.	農業経済	I-J-1~53
K.	事業評価	I-K-1~45

A. 測 量

目 次

	頁
1. 測量作業の内容と範囲	I - A - 1
2. 河川測量	I - A - 1
3. 取水地点の地形測量	I - A - 1
4. 路線測量	I - A - 1

1. 測量作業の内容と範囲

この測量作業は、唐河の取水地点周辺の河川の状況、揚水機場予定地の地形、及び主要な幹線水路の路線測量を行ったものである。

2. 河川測量

唐河の計画取水地点の上下流各々2kmについて河川の縦横断測量を実施した。

基準点は襄陽県湖河鎮の3級水準点に基づいた、石台寺地点の現況取水ポンプ吐出口の水路上の既設点(標高82.250m)を使用した。

河川の測深は舟を使用し、レッドによる直接測定とした。

3. 取水地点の地形測量

測量範囲550×550mについて、平板測量とスタジア測量を実施した。基準点は、河川測量と同じ既設点を使用した。

4. 路線測量

石台寺地区の主要な幹線水路である唐河の取水地点から店子街について、光波距離計により路線の中心線測量を実施した。

既存の1/1,000地形図を基図として、中心線上の変化点(道路、水路の交差点等)の標高及び等高線の補足を行ったものである。

基準点は路線のほぼ中央部にある張庄3級水準点(標高87.700m)を使用した。

B. 気象・水文

目 次

	頁
第1章 概要	I - B - 1
第2章 気象	I - B - 2
2.1 気象観測所及び観測項目	I - B - 2
2.2 一般気象及び特殊気象	I - B - 2
第3章 水文	I - B - 3
3.1 唐河河川流量	I - B - 3
(1) 日平均流量	I - B - 3
(2) 洪水流量	I - B - 4
3.2 水文統計	I - B - 4
(1) 確率計算手法	I - B - 4
(2) 確率水文量の推定	I - B - 5
3.3 貯水池への流入量の算定	I - B - 6
3.4 河床材料調査	I - B - 6

表の目録

	頁
表 I - B - 1 気象観測所一覧表(湖北省気象局管内)	I - B - 7
表 I - B - 2 各気象項目の記録年数における月平均値	I - B - 8
表 I - B - 3 各年の雨量、有効雨量、連続干天日数 及び年最大日雨量	I - B - 9
表 I - B - 4 唐河の流況表	I - B - 10
表 I - B - 5 唐河石台寺地点の洪水流量	I - B - 11
表 I - B - 6 ピアソンIII型曲線による確率計算書	I - B - 12
表 I - B - 7 各項目別の確率水文量	I - B - 13
表 I - B - 8 各項目の上位5位における発生確率	I - B - 14
表 I - B - 9 貯水池への流出率	I - B - 15
表 I - B - 10 各種粒径諸値表	I - B - 15

図の目録

	頁
図 I - B - 1 気象観測所位置図	I - B - 16
図 I - B - 2 唐河郭灘地点位置図	I - B - 17
図 I - B - 3 唐河石台寺地点半旬平均流量年図	I - B - 18
図 I - B - 4 ピアソンIII型曲線による確率計算図	I - B - 19
図 I - B - 5 河床材料採取地点位置図	I - B - 27

第1章 概 要

気象調査は、地区内及び近傍の気象観測所の位置、観測項目、観測期間及び信頼性等について調査し、その代表観測所を定めるとともに、当該観測所における一般気象(雨量、気温、風速、相対湿度、日照時間等)、及び特殊気象(連続干天日数、年最大日雨量)に関する調査を行ったものである。

水文調査は、灌漑計画における主要な水源である唐河の流量に関する調査を行うとともに、雨量資料及び流量資料に基づく確率水文量の推定を行い、さらに、唐河石台寺下流部左岸において河床材料調査を行った。

第2章 気象

2.1 気象観測所及び観測項目

石台寺地区を含む鄂北崗地内及び近傍の気象観測所は、図 I-B-1 に示すとおり、老河口、棗陽、襄樊、古騷、及び随州の5カ所である。

各観測所の所在地、類別、観測開始年月、及び観測項目を一覧表にとりまとめると、表 I-B-1 のとおりである。

5カ所の観測所の内で、石台寺地区の近傍で、かつ資料が整備されている棗陽観測所を本地区の代表観測所と定めた。

2.2 一般気象及び特殊気象

1) 一般気象

雨量、気温、相対湿度、風速、日照時間、及び蒸発量等の一般気象項目について、雨量は日単位、その他の項目は月単位の記録をもとに、その記録年数における月平均値を示すと表 I-B-2 のとおりになる。

日雨量を基に、中国において一般に採用されている次表の降雨有効利用係数から日有効雨量を算定し、表 I-B-2 に月間平均有効雨量を示す。

降雨の有効利用係数

日雨量(mm)	<5	5~30	30~50	50~100	>100
有効利用率(%)	0	80	60	30	15

2) 特殊気象

特殊気象として灌漑期間の連続干天日数(5mm/日以下を対象)、及び年最大日雨量を日雨量年表に基づきとりまとめると、表 I-B-3 のとおりとなる。なお、同表には雨量及び有効雨量の年間と灌漑期間の値をとりまとめた。

第3章 水 文

3.1 唐河河川流量

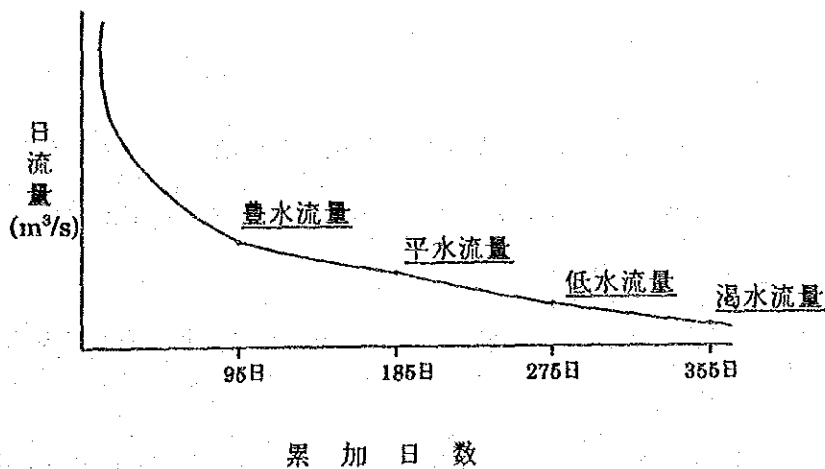
(1) 日平均流量

唐河石台寺取水地点の流量は、上流30kmの河南省郭灘(図I-B-2)における1967年~1986年(20年間)の日平均流量の記録を基に、石台寺地点の流量を流域面積比(郭灘地点 $A=6,877\text{km}^2$ 、石台寺地点 $A=7,877\text{km}^2$ より、流域面積比 $a=1.145$)により算定した。流況表を表I-B-4に、半旬平均流量年図を図I-B-3に示す。

流況表は、当該地点の日流量の年間の変動状況を知るために、年単位で、日流量(流量大なる順より並べる)と以下に示す累加日数で表示したものである。

- 豊水流量 : 1年を通じて95日はこれを下らない流量
- 平水流量 : 1年を通じて185日はこれを下らない流量
- 低水流量 : 1年を通じて275日はこれを下らない流量
- 渴水流量 : 1年を通じて355日はこれを下らない流量
- 年平均流量 : 日平均流量の1年の総計を当年日数で除した値

流況図略図



なお、調査期間中に測定した水位から求めた流量は次のとおりである。

月	日	水位	流量
10	15	73.05 m	49 m ³ /s
10	25	72.82	27
11	5	72.65	17
11	15	72.69	19
11	25	72.68	18
12	5	72.67	18
12	15	72.65	17

(2) 洪水流量

唐河石台寺地点には、洪水管理のための水位観測所があり、高水位観測のための水位標が設置されている。その記録を基に各年の最大洪水流量をとりまとめると、表 I-B-5 のとおりとなる。

既往最大の洪水である1975年8月8日の洪水は、石台寺地点において水位EL. 84.9m、流量は13,750m³/secで、当時の堤防を越水したため、翌1976年には、現堤防高EL. 87.0mに嵩上げされ現在に至っている。

3.2 水文統計

(1) 確率計算手法

一般に、中国において採用されている確率計算法は、正規分布曲線、ピアソンⅢ型曲線及びクリッキー・ミンクリー曲線による方法があり、この中でピアソンⅢ型曲線による方法が水文量と最も適合性が良いとされている。

本調査における確率水文量の推定をピアソンⅢ型曲線による方法により進めるに当たり、その計算手順を示すと以下のとおりとなる。

なお、計算例として、年雨量の場合を表 I-B-6 に、項目別の確率水文量は図 I-B-4 に示す。

- ① 水文量を大なる順より並べ、そのプロットイング・ポジションを次式より求め、正規確率紙にプロットする(図 I-B-4参照)。

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (\text{ワイブル・プロット})$$

$$T = \frac{1}{1-P} \quad (P > 50\% : \text{非超過確率} < \text{少水年} >)$$

$$T = \frac{1}{P} \quad (P < 50\% : \text{超過確率} < \text{多水年} >)$$

ここに、 P : プロットイング・ポジション(頻率)

n : サンプルの総数

m : サンプルを大なる順に並べたときの順位

T : 確率年(再現期間)

- ② 表 I-B-6上段のとおり、水文量の平均値 X_0 を求め、各水文量 X_i を X_0 で除して K_i 、さらに K_i-1 、 $(K_i-1)^2$ 及び $(K_i-1)^3$ をそれぞれ求め、 $\Sigma(K_i-1)^2$ 及び $\Sigma(K_i-1)^3$ を基に、次式により C_v 、 C_s を求める。

$$C_v = \sqrt{\frac{\Sigma(K_i-1)^2}{n-1}}, \quad C_s = \frac{\Sigma(K_i-1)^3}{n C_0^3}$$

- ③ 表 I-B-6下段のとおり、各確率年(各頻率)において C_s と C_v の関係を想定して、その時の K_i の値をピアソンⅢ型分布確率年(頻率)~ C_s ~ K_i 関係表より読み取り、各確率水文量 X_i は $X_i = K_i \cdot X_0$ より求める。

次いで、 C_s の値に対応する確率水文量 X_i の値を①において作成した正規確率紙に図示し、先にプロットした水文量とピアソンⅢ型曲線による方法により求めたものの分布曲線との適合性を目視により判定し、最も適合していると判断される C_s のときの確率水文量が求める値である。

(2) 確率水文量の推定

ピアソンⅢ型曲線による計算法により、雨量、有効雨量、連続干天日数、年最大日雨

量、年平均流量及び洪水量の確率水流量を推定すると、表 I-B-7 に示すとおりとなる。各水流量の上位5カ年における発生確率(発生頻率)を確率計算図より求めると、表 I-B-8 に示すとおりとなる。

3.3 貯水池への流入量の算定

地区内の貯水池への背後地からの流入量は、表 I-B-9 に示す流出率により算定する。

3.4 河床材料調査

唐河石台寺地点における流砂の状況把握の基礎資料を得るために、図 I-B-5 に示す地点において河床材料を水際1カ所、岸寄り1カ所計2カ所について採取し、比重試験及び粒度試験を行なった。

なお、図 I-B-5 は、石台寺地点下流4カ所の既調査地点の位置を示したものである。

粒度試験結果をもとに、各サンプルの平均粒径 d_m を求めると共に、各種粒径諸値を表示すると表 I-B-10 のとおりとなる。

この結果より、水際及び岸寄りの表層部を除く3サンプルの算術平均値を本地点の平均粒径とすると、 $d_m = 2.16\text{mm}$ となる。

下記に示す岩垣公式により限界掃流力 UC^2 を求めると、次のとおりである。

	$d \geq 0.303 \text{ cm}$	$UC^2 = 80.9 d$
0.118	$\leq d < 0.303$	$= 134.6 d^{31/22}$
0.0565	$\leq d < 0.118$	$= 55.0d$
0.0065	$\leq d < 0.0565$	$= 8.41 d^{11/32}$
	$d < 0.0065$	$= 226 d$

$d_m = 0.216\text{cm}$ より $UC^2 = 134.6 d^{31/22} = 115.4\text{cm}^2/\text{sec}^2$ となり、限界摩擦速度は $UC = 10.7\text{cm}/\text{sec}$ となる。

表 I-B-1 気象観測所一覧表 (湖北省気象局管内)

観測所名	所在地	類別	観測開始年月	観測項目						
				降水量	気温	相対湿度	風向風速	蒸発量	日照時間	気圧
老河口	老河口市	国家ステーション	1960.8 ~	○	○	○	○	○	○	○
棗陽	棗陽県	一般ステーション	1968.5 ~	○	○	○	○	○	○	×
襄樊	襄樊市	一般ステーション	1962.4 ~	○	○	○	○	○	×	○
古 畷	襄陽県	その他	1967.1 ~	○	○	○	○	○	○	○
随 州	随州市	一般ステーション	1967.1 ~	○	○	○	○	○	×	×

注: 1) 古畷観測所は襄樊市気象局管理の農業用の気象観測所

2) 蒸発量は小型蒸発皿(直径20cm)により測定

3) 風向・風速は地上10m点にて測定

表1-B-2 各気象項目の記録年数における月平均値

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年合計 (年平均)	観測期間 合計
雨量 (mm)	13.9	17.9	41.6	84.7	98.7	103.5	164.7	118.1	100.8	58.6	35.7	13.7	851.8	729.0
降雨日数	5	6	9	11	11	10	13	10	11	10	7	5	108	75
干天日数	26	22	22	20	20	20	18	22	19	21	23	26	257	139
最高気温 (°C)	15.2	18.0	13.8	30.2	33.7	35.9	36.8	36.7	33.4	28.4	22.4	17.1	(27.6)	-
最低気温 (°C)	-8.0	-6.2	-1.6	3.7	9.7	16.2	19.4	18.1	11.7	5.1	-1.2	-5.8	(5.1)	-
平均気温 (°C)	2.0	3.9	9.2	15.7	21.0	25.4	27.3	27.0	21.6	16.3	10.0	4.1	(15.3)	-
最高相対湿度 (%)	92	92	93	94	94	95	95	94	95	94	92	91	(93)	-
最低相対湿度 (%)	41	39	40	47	47	52	65	65	60	50	48	44	(50)	-
平均相対湿度 (%)	67	69	71	74	72	71	80	79	78	75	73	67	(73)	-
最大風速 (m/s)	11.5	12.4	13.5	13.7	11.9	11.6	11.5	10.9	10.9	11.6	11.6	11.7	(11.9)	-
平均風速 (m/s)	2.6	2.8	3.0	3.0	2.7	2.7	2.6	2.5	2.3	2.4	2.5	2.6	(2.6)	-
最高日照時間 (hr)	8.8	9.7	10.8	11.7	12.3	12.7	12.7	12.3	11.3	10.7	9.5	8.7	131.2	-
日照時間 (hr)	135.9	120.5	142.0	168.5	193.3	198.6	209.1	235.0	156.5	165.0	139.8	143.1	2015.2	-
蒸発量 (mm)	59.0	68.2	110.3	145.8	188.7	225.7	209.1	208.3	137.5	117.2	80.9	66.7	1617.3	-
有効雨量 (mm)	6.2	8.7	26.1	45.5	55.8	53.1	85.9	57.1	58.1	35.4	23.4	6.6	461.9	390.9

注：観測期間：4月～10月

表 I - B - 3 各年の雨量、有効雨量、連続干天日数及び年最大日雨量

年	雨量		有効雨量		連続干天日数	年最大日雨量	
	年間	灌漑期間	年間	灌漑期間	灌漑期間	年起月日	数量
1967	1016.4	782.8	602.1	463.8	25 (5/30 ~ 6/23)	7.10	98.1
1968	1002.6	862.1	555.4	478.9	45 (5/8 ~ 6/28)	8.19	164.6
1969	788.1	672.9	480.8	411.5	57 (9/5 ~ 10/31)	4.23	92.6
1970	850.2	770.7	473.1	447.9	26 (9/28 ~ 10/23)	8.18	60.4
1971	1070.3	939.6	581.7	498.3	26 (7/2 ~ 7/27)	7.1	85.6
1972	804.2	570.9	440.2	285.6	39 (7/22 ~ 8/29)	6.21	114.8
1973	1205.1	1128.0	523.2	482.1	33 (9/29 ~ 10/31)	4.29	260.9
1974	735.8	574.1	393.8	310.4	32 (8/10 ~ 9/10)	8.5	84.5
1975	834.6	749.8	461.3	414.5	19 (8/8 ~ 8/26) (9/21 ~ 10/9)	6.3	67.6
1976	854.6	746.6	351.4	290.3	35 (9/2 ~ 10/6)	7.19	228.7
1977	810.0	676.8	477.6	389.4	20 (8/26 ~ 9/14) (5/25 ~ 6/13) (10/6 ~ 10/25)	8.12	83.0
1978	760.8	632.1	352.1	272.8	27 (6/27 ~ 7/23) (8/12 ~ 9/7)	8.11	101.2
1979	925.7	832.7	500.2	448.7	38 (9/24 ~ 10/31)	9.12	63.2
1980	833.2	744.5	500.4	457.0	25 (9/9 ~ 10/3)	6.24	108.1
1981	561.0	437.3	366.5	293.6	40 (4/19 ~ 5/28)	6.21	34.4
1982	977.4	867.3	494.4	434.7	22 (8/26 ~ 9/16)	8.13	104.8
1983	995.4	923.7	510.2	471.4	27 (5/15 ~ 6/10)	7.20	94.9
1984	860.8	726.4	461.3	379.8	29 (10/3 ~ 10/31)	7.18	92.4
1985	553.7	464.2	346.7	298.4	39 (8/13 ~ 9/20)	6.21	36.5
1986	596.3	478.1	366.5	289.8	34 (9/13 ~ 10/16)	6.15	57.3

注：灌漑期間 : 4月 ~ 10月

連続干天日数 : 雨量が5.0mm/日以下の日数で、(月/日 ~ 月/日)は期間を示す。

表 I - B - 4 唐河の流況表 (石台寺地点、面積 7,877.0km²)

(単位：千 m³)

年	年最大	豊水	平水	低水	渇水	年最小	年平均	年総量
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(百万 m ³)
1967	2909.35	41.58	19.47	10.89	3.63	2.82	70.47	2222.40
1968	2577.18	41.01	19.70	15.58	9.36	8.19	75.76	2395.69
1969	775.44	41.58	23.25	14.55	6.41	6.24	43.87	1333.45
1970	562.40	29.21	17.93	9.69	6.21	5.69	32.04	1010.52
1971	1786.84	47.65	22.11	10.38	5.91	5.62	71.15	2243.84
1972	3287.33	30.70	17.75	11.80	8.77	5.52	66.26	2095.38
1973	2668.81	41.58	20.16	10.07	7.02	6.65	70.72	2230.25
1974	2096.10	28.29	16.38	10.97	7.55	6.91	45.27	1427.76
1975	14088.60	53.26	23.60	17.30	10.60	9.16	142.92	4507.06
1976	1005.67	36.77	20.27	15.23	9.55	8.84	41.90	1324.90
1977	4134.94	45.59	19.82	13.86	7.67	6.64	87.74	2766.89
1978	553.23	20.04	14.32	8.30	3.63	2.94	21.87	689.78
1979	2015.93	38.71	22.91	8.89	4.43	3.92	80.42	2536.16
1980	2691.72	38.94	18.21	13.06	7.32	6.84	70.86	2240.92
1981	1076.69	32.64	20.04	11.13	6.36	6.11	37.83	1192.99
1982	1786.84	39.40	20.04	14.66	11.18	9.78	70.57	2225.40
1983	2199.19	55.55	28.52	17.07	12.03	9.52	84.35	2660.16
1984	3115.52	80.41	38.83	23.82	14.78	12.94	112.04	3543.04
1985	495.96	36.88	23.94	19.13	12.60	12.26	34.85	1098.94
1986	357.37	16.95	11.37	9.58	7.25	4.94	19.01	599.37

注：豊水とは1年を通じて95日はこちらを下らない日平均流量を言う。

その他平水、低水、渇水は同様それぞれ185日、275日、355日はこれを下らない日平均流量を示す。

表 I - B - 5 唐河石台寺地点の洪水流量

年	年最大洪水流量		備 考
	生起月日	数 量 (m ³ /s)	
1970	7.26	1,496.0	
1971	7.2	2,345.0	
1972	7.3	4,870.0	
1973	4.30	3,390.0	
1974	8.7	2,957.0	
1975	8.8	13,750.0	旧堤防越水
1976	7.22	1,286.0	規堤防完成
1977	7.19	4,690.0	
1978	6.28	769.0	
1979	7.25	2,701.0	
1980	6.25	3,132.0	
1981	8.24	1,148.0	
1982	8.23	2,240.0	
1983	10.7	2,604.0	
1984	7.27	3,410.0	
1985	7.16	715.0	
1986	9.11	388.0	

表 I-B-6 ピアソンⅢ型曲線による確率計算書

*****/ PROBABILITY ANALYSIS /*****

STATION : ZAOYANG
 SAMPLE NAME : ANNUAL RAINFALL
 PERIOD : 1967 --- 1986
 NO. OF DATA : 20
 METHOD : PEARSON TYPE-3 DISTRIBUTION
 PLOTTING POSITION : $P = m/(n+1)$

EQUATION : $X_i = K_i * X_0$
 MEAN (X_0) = 861.81
 STANDARD DEVIATION (CV) = .19672
 SKEW COEFFICIENT (Cs) = -.0294926
 RATE-VALUE OF Cs/Cv = -.149922

ORDER	OCCURRENCE	SAMPLE VALUE	PLOTTING POSITION	$K_i = X_i/X_0$	$K_i - 1$	$(K_i - 1)^2$	$(K_i - 1)^3$
1	1973	1205.10	0.0476	1.4148	0.4148	0.17202	0.07136
2	1971	1070.30	0.0952	1.2565	0.2565	0.06579	0.01688
3	1967	1016.40	0.1429	1.1932	0.1932	0.03734	0.00721
4	1968	1002.60	0.1905	1.1770	0.1770	0.03134	0.00555
5	1983	995.40	0.2381	1.1686	0.1686	0.02842	0.00479
6	1982	977.40	0.2857	1.1474	0.1474	0.02174	0.00321
7	1979	925.70	0.3333	1.0867	0.0867	0.00752	0.00055
8	1984	850.80	0.3810	1.0106	0.0106	0.00011	0.00000
9	1976	854.60	0.4286	1.0033	0.0033	0.00001	0.00000
10	1970	850.20	0.4762	0.9981	-0.0019	0.00000	-0.00000
11	1975	834.60	0.5238	0.9798	-0.0202	0.00041	-0.00001
12	1980	933.20	0.5714	0.9782	-0.0218	0.00046	-0.00001
13	1977	810.00	0.6190	0.9609	-0.0491	0.00241	-0.00012
14	1972	804.20	0.6667	0.9441	-0.0559	0.00312	-0.00017
15	1969	788.10	0.7143	0.9282	-0.0718	0.00516	-0.00032
16	1978	760.80	0.7619	0.9232	-0.0768	0.00588	-0.00042
17	1974	735.60	0.8095	0.8638	-0.1362	0.01855	-0.00253
18	1986	696.30	0.8571	0.7000	-0.3000	0.00900	-0.27000
19	1981	551.00	0.9048	0.6586	-0.3414	0.11655	-0.39879
20	1985	553.70	0.9524	0.6500	-0.3500	0.12248	-0.42866
TOTAL		17036.20				0.73528	-0.00449
MEAN		861.81					

*****/ PROBABILITY ANALYSIS /*****

STATION : ZAOYANG
 SAMPLE NAME : ANNUAL RAINFALL
 PERIOD : 1967 --- 1986
 NO. OF DATA : 20
 METHOD : PEARSON TYPE-3 DISTRIBUTION
 PLOTTING POSITION : $P = m/(n+1)$

EQUATION : $X_i = K_i * X_0$
 MEAN (X_0) = 861.81
 STANDARD DEVIATION (CV) = .19672
 SKEW COEFFICIENT (Cs) = -.0294926
 RATE-VALUE OF Cs/Cv = -.149922

(採用)

RETURN PERIOD	PERCENT CHANCE	Cs=0		Cs		Cs=CV		Cs=1.5CV		Cs=2CV		Cs=2.5CV		Cs=3CV	
		Ki	Xi	Ki	Xi	Ki	Xi	Ki	Xi	Ki	Xi	Ki	Xi	Ki	Xi
1000.0	0.10	1.608	1369.6	1.608	1369.6	1.664	1417.4	1.691	1440.5	1.718	1463.6	1.747	1488.3	1.776	1512.7
100.0	1.00	1.458	1242.2	1.458	1242.2	1.486	1265.4	1.499	1276.8	1.513	1288.6	1.526	1299.8	1.540	1311.6
33.3	3.00	1.370	1166.8	1.370	1166.8	1.385	1180.0	1.393	1186.6	1.401	1193.2	1.409	1199.8	1.416	1206.4
20.0	5.00	1.323	1126.6	1.323	1126.6	1.334	1136.6	1.338	1139.9	1.344	1144.6	1.348	1148.1	1.353	1152.8
10.0	10.00	1.262	1066.3	1.262	1066.3	1.266	1069.7	1.268	1071.2	1.269	1073.0	1.270	1073.0	1.261	1074.4
6.7	15.00	1.212	1032.2	1.212	1032.2	1.213	1033.4	1.214	1033.8	1.215	1034.5	1.214	1033.9	1.214	1034.4
5.0	20.00	1.172	998.2	1.172	998.2	1.171	997.1	1.170	996.4	1.169	995.1	1.168	994.8	1.167	994.4
4.0	25.00	1.132	964.1	1.132	964.1	1.128	960.8	1.125	959.1	1.124	957.6	1.122	956.7	1.120	954.4
2.0	50.00	1.000	861.8	1.000	861.8	0.994	846.9	0.990	843.6	0.986	840.3	0.984	838.4	0.981	835.4
4.0	75.00	0.868	739.5	0.868	739.5	0.864	736.3	0.862	734.5	0.861	733.1	0.860	732.6	0.858	731.2
8.0	80.00	0.828	705.6	0.828	705.6	0.827	704.4	0.827	704.3	0.826	703.9	0.827	704.4	0.827	704.2
6.7	85.00	0.788	671.4	0.788	671.4	0.790	672.6	0.791	674.1	0.792	674.7	0.793	676.9	0.795	677.3
10.0	90.00	0.748	637.3	0.748	637.3	0.752	640.7	0.756	643.9	0.758	645.5	0.760	647.4	0.764	650.4
20.0	95.00	0.677	577.0	0.677	577.0	0.689	586.8	0.695	591.9	0.701	596.9	0.705	601.6	0.714	608.3
33.3	97.00	0.630	536.8	0.630	536.8	0.647	551.5	0.655	556.2	0.665	565.6	0.673	573.1	0.682	581.0
100.0	99.00	0.542	461.4	0.542	461.4	0.571	485.1	0.586	499.3	0.600	511.0	0.613	522.3	0.629	535.6
1000.0	99.90	0.392	334.0	0.392	334.0	0.446	380.2	0.473	403.2	0.499	424.9	0.526	447.7	0.552	469.8

表 I - B - 7 各項目別の確率水文量

(その 1)

頻率	確率年 (非超過確率)	雨量 (mm)		有効雨量 (mm)		年平均流量 (m ³ /s) (日流量 > 50m ³ /s は 50 m ³ /s として計算する。)
		年間	灌漑期間	年間	灌漑期間	
50	1/2	840.3	715.1	457.5	385.1	25.0
75	1/4	733.1	605.3	407.6	333.8	22.0
80	1/5	703.9	575.7	393.7	319.9	21.2
85	1/6.7	674.7	546.0	379.7	306.0	20.4
90	1/10	645.5	516.4	365.7	292.1	19.5
95	1/20	596.9	467.8	342.8	268.7	18.2
97	1/33.3	566.5	438.2	327.8	254.4	17.3
99	1/100	511.0	384.4	301.2	228.0	15.7
99.9	1/1000	424.9	305.4	258.7	187.7	13.3

注：頻率 P (%) > 50% のとき、確率年 T = 1/(1-P) (非超過確率)

(その 2)

頻率	確率年 (超過確率)	灌漑期間 連続干天日数	年最大日雨量 (mm)	年最大洪水流量 (m ³ /s)
50	1/2	31.0	88.3	1831.3
25	1/4	37.6	128.8	3917.2
20	1/5	39.8	145.2	4334.4
15	1/6.7	42.0	161.5	5494.4
10	1/10	44.3	177.9	6654.5
5	1/20	48.6	212.7	9158.0
3	1/33.3	51.6	237.8	11498.6
1	1/100	57.4	290.9	15416.6
0.1	1/1000	68.5	398.2	24881.2

注：頻率 P (%) < 50% のとき、確率年 T = 1/(1-P) (超過確率)

表 I-B-8 各項目の上位5位における発生確率(発生頻率)

項目	第1位		第2位		第3位		第4位		第5位	
	数量	年・月・日 発生頻率 (発生確率)	数量	年・月・日 発生頻率 (発生確率)	数量	年・月・日 発生頻率 (発生確率)	数量	年・月・日 発生頻率 (発生確率)	数量	年・月・日 発生頻率 (発生確率)
年雨量	553.7	1985 97.5 (1/40)	561.0	1981 97.0 (1/33.3)	596.3	1986 96.0 (1/20)	735.8	1974 75.0 (1/4)	760.8	1972 68.5 (1/3.2)
灌漑期間 雨量	437.3	1981 97.0 (1/33.3)	464.2	1985 95.5 (1/22.2)	478.1	1986 94.3 (1/17.5)	570.9	1972 80.5 (1/5.1)	574.1	1974 80.3 (1/5.1)
年有効雨量	346.7	1985 95.1 (1/20.4)	351.4	1976 94.0 (1/16.7)	352.1	1978 93.8 (1/16.1)	366.5	1981 91.0 (1/11.1)	366.5	1986 91.0 (1/11.1)
灌漑期間 有効雨量	272.8	1978 94.0 (1/16.7)	285.6	1972 90.4 (1/10.4)	289.8	1986 89.0 (1/9.1)	290.3	1976 88.5 (1/8.7)	293.6	1981 87.5 (1/8)
灌漑期間 連続干天日数	57	1969 1.2 (1/83.3)	45	1968 9.2 (1/10.9)	40	1981 19.0 (1/5.3)	39	1972 21.0 (1/4.8)	39	1985 21.0 (1/4.8)
年最大日雨量	260.9	1973 4.29 2.1 (1/47.6)	228.7	1976 7.19 3.8 (1/26.3)	164.5	1968 8.19 13.5 (1/7.4)	114.8	1972 6.21 33.0 (1/3.0)	108.1	1980 6.24 37.5 (1/2.7)
年平均流量 ($Q \leq 50m^3/s$ に限定)	16.0	1986 98.9 (1/90.9)	17.1	1978 97.0 (1/33.3)	20.9	1974 83.0 (1/5.9)	21.3	1973 80.5 (1/5.1)	21.8	1970 76.0 (1/4.2)
年最大洪水流量	13750.0	1975 8.8 1.5 (1/66.7)	4870.0	1972 7.3 14.8 (1/6.8)	4690.0	1977 7.19 18.5 (1/5.4)	3410.0	1984 7.27 30.0 (1/3.3)	3390.0	1973 4.30 30.5 (1/3.3)

(注) 非:非超過確率、超:超過確率の略。

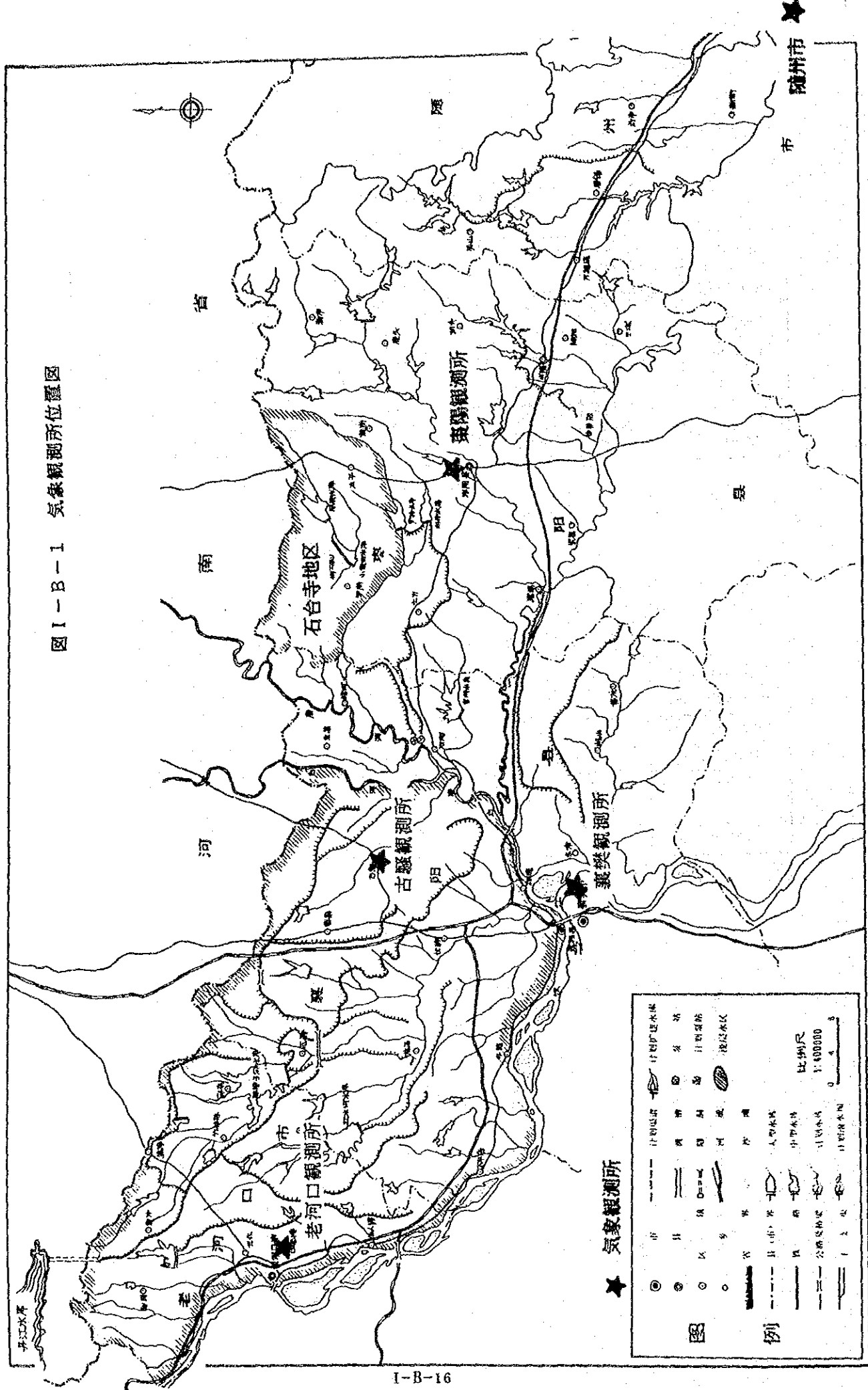
表 I - B - 9 貯水池への流出率

月区分	7月~3月		4月~6月			
	30以下	30以上	50以下	50~100	100~200	200~500
地形区分	流 出 率					
山 区	0.15	0.20~0.30	0.35	0.30~0.45	0.45~0.65	0.65~0.85
深 丘	0.10	0.15~0.25	0.25	0.25~0.40	0.40~0.63	0.63~0.82
浅 丘	0.05	0.10~0.20	0.20	0.20~0.35	0.35~0.60	0.60~0.78
採用(浅丘)	0.05	0.10	0.20		0.35	0.60

表 I - B - 10 各種粒径諸値表

項目	水 際		岸 寄 り		
	表 層	深度 0.30m	表 層	深度 0.30m	深度 1.0m
最大粒径(mm)	4.76	9.52	9.52	9.52	9.52
60%粒径(mm)	0.76	1.30	2.50	2.50	1.85
30%粒径(mm)	0.54	0.58	0.82	0.94	1.05
10%粒径(mm)	0.37	0.32	0.30	0.58	0.65
均等係数	2.05	4.06	8.30	2.80	2.85
曲率係数	1.04	0.81	0.90	0.95	0.92
平均粒径 d_m (mm)	0.90	2.12	2.90	2.15	2.20

图 I-B-1 气象观测所位置图



★ 气象观测所

◎	市	——	计划修建水渠
○	县	——	县界
○	镇	——	计划道路
○	乡	——	计划水渠
○	村	——	灌溉水渠
——	省界	——	水渠
——	县界	——	人工水渠
——	市界	——	中水渠
——	镇界	——	小水渠
——	村界	——	计划水渠
——	计划道路	——	计划水渠

比例尺 1:400000

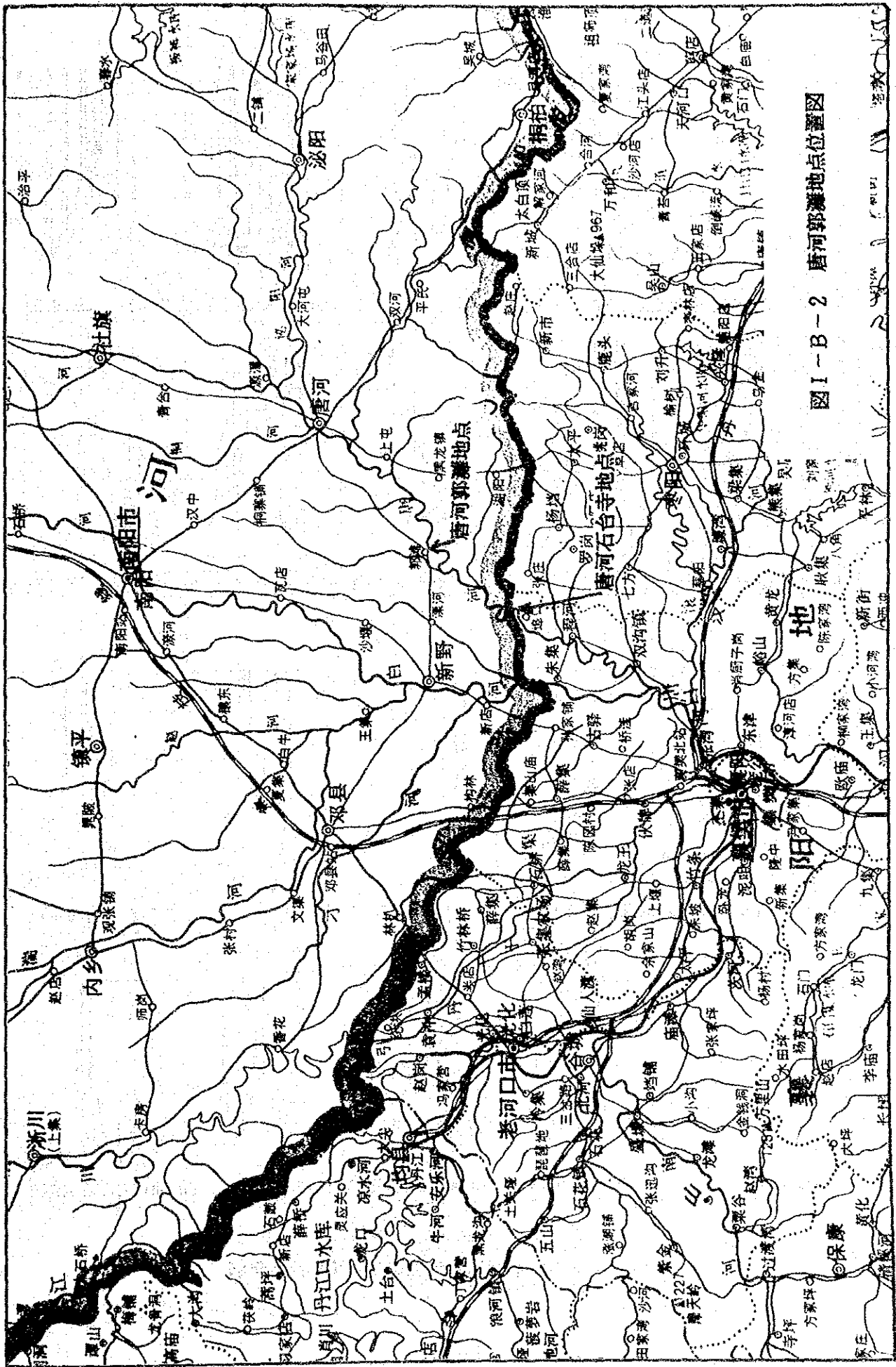


图 I-B-2 唐河郭滩地点位置图

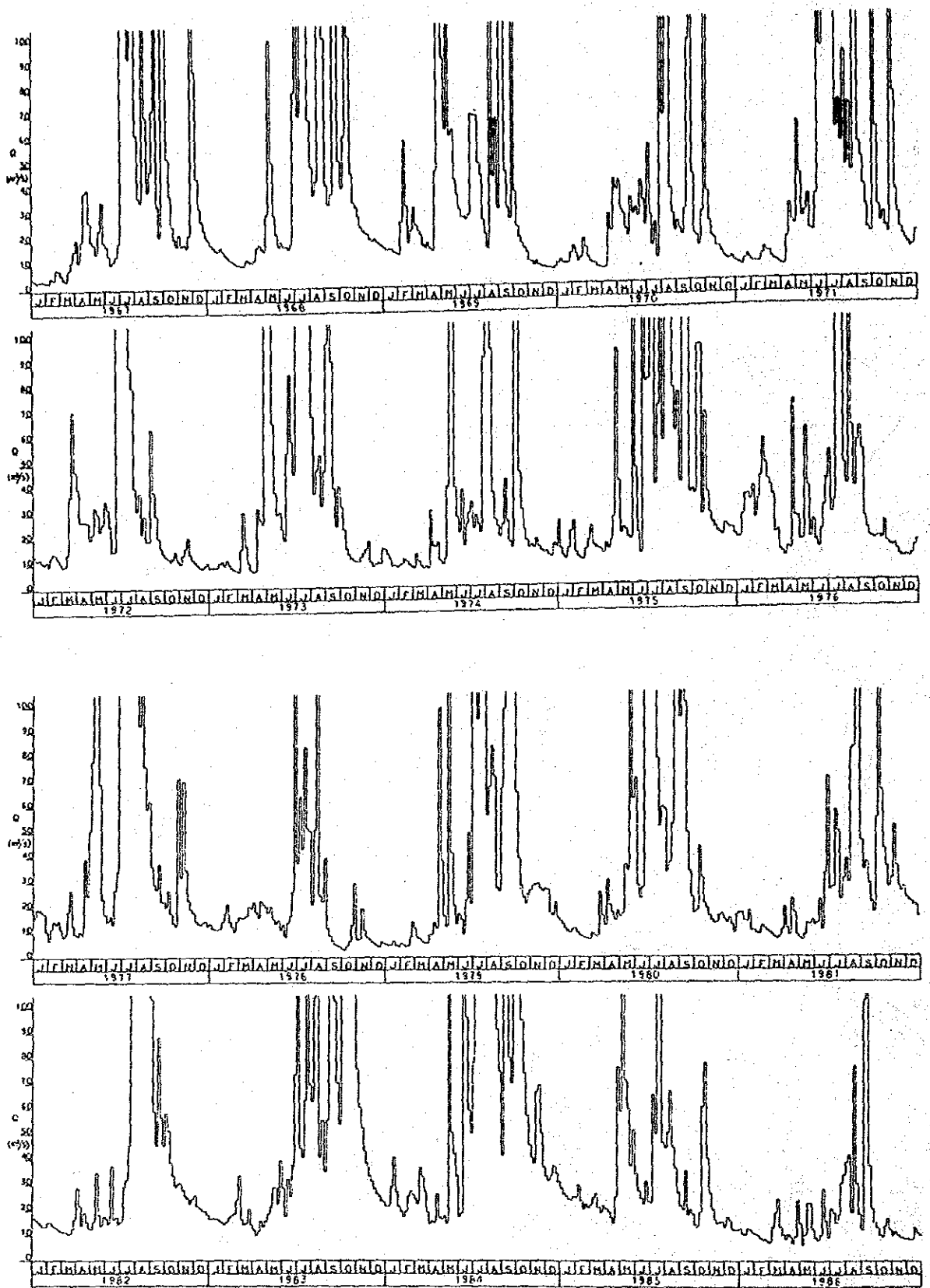


图 I - B - 3 唐河石台寺地点半旬平均流量年图

Pearson III型曲線

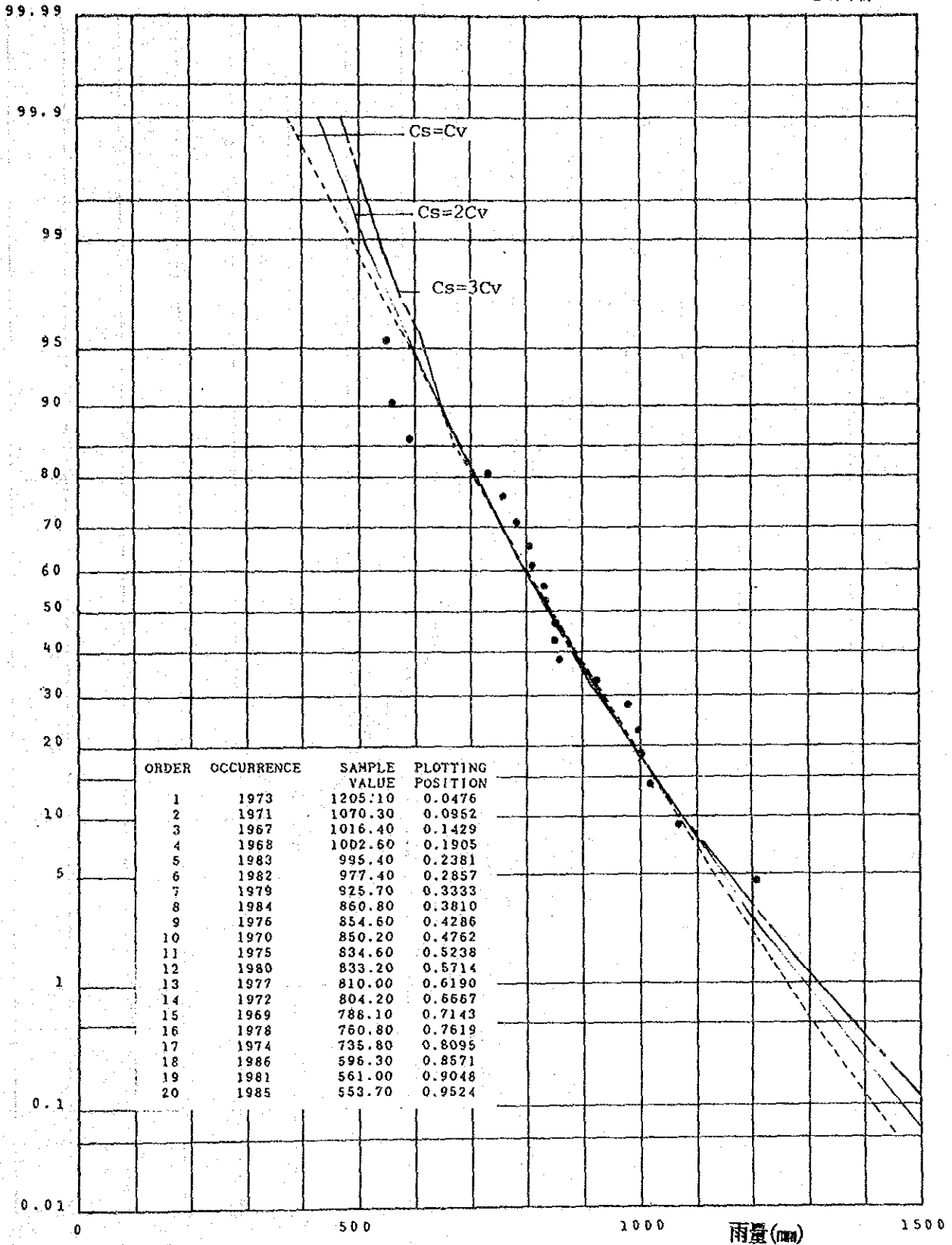
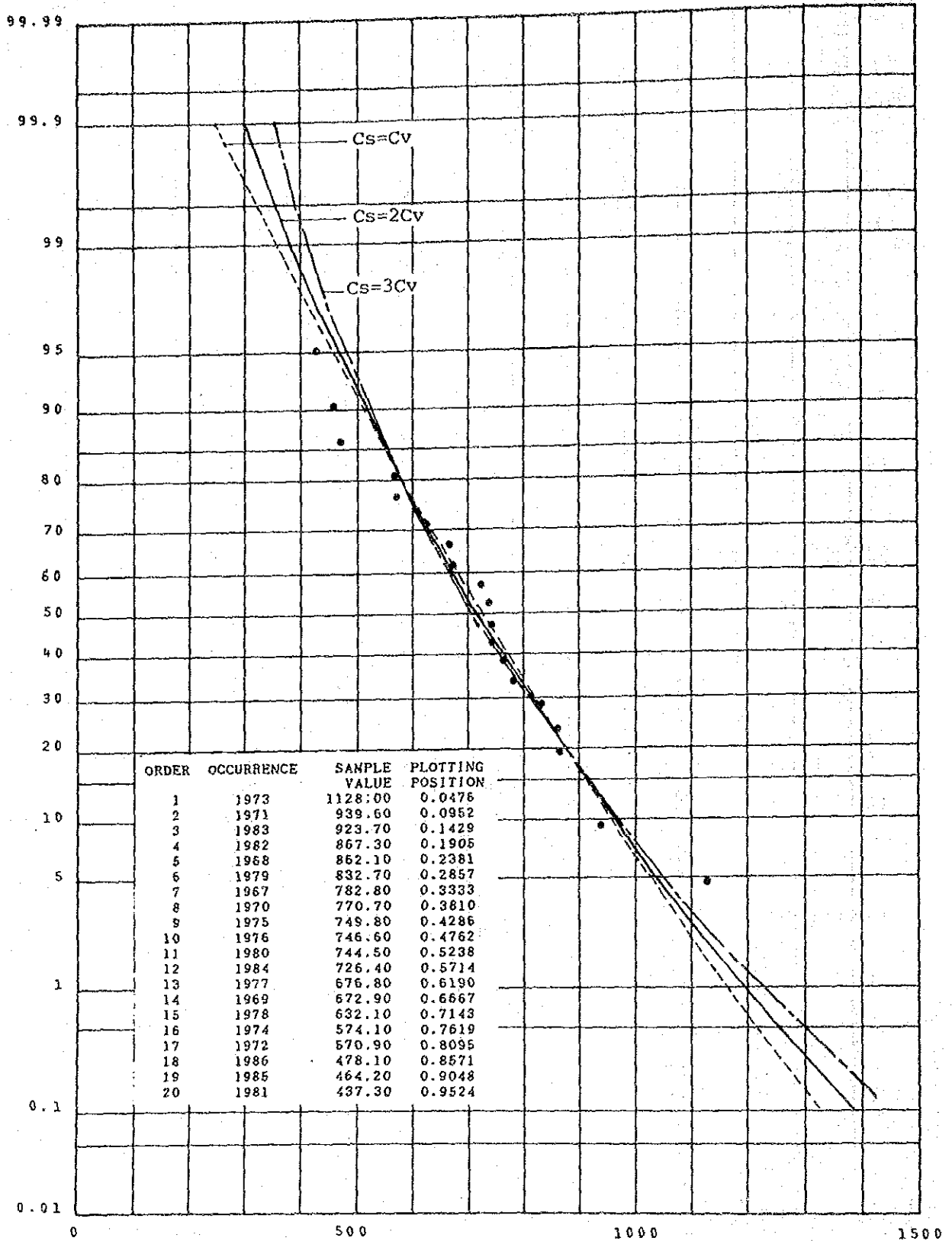


図 I-B-4 ピアソン III 型曲線による確率計算図
(年雨量)

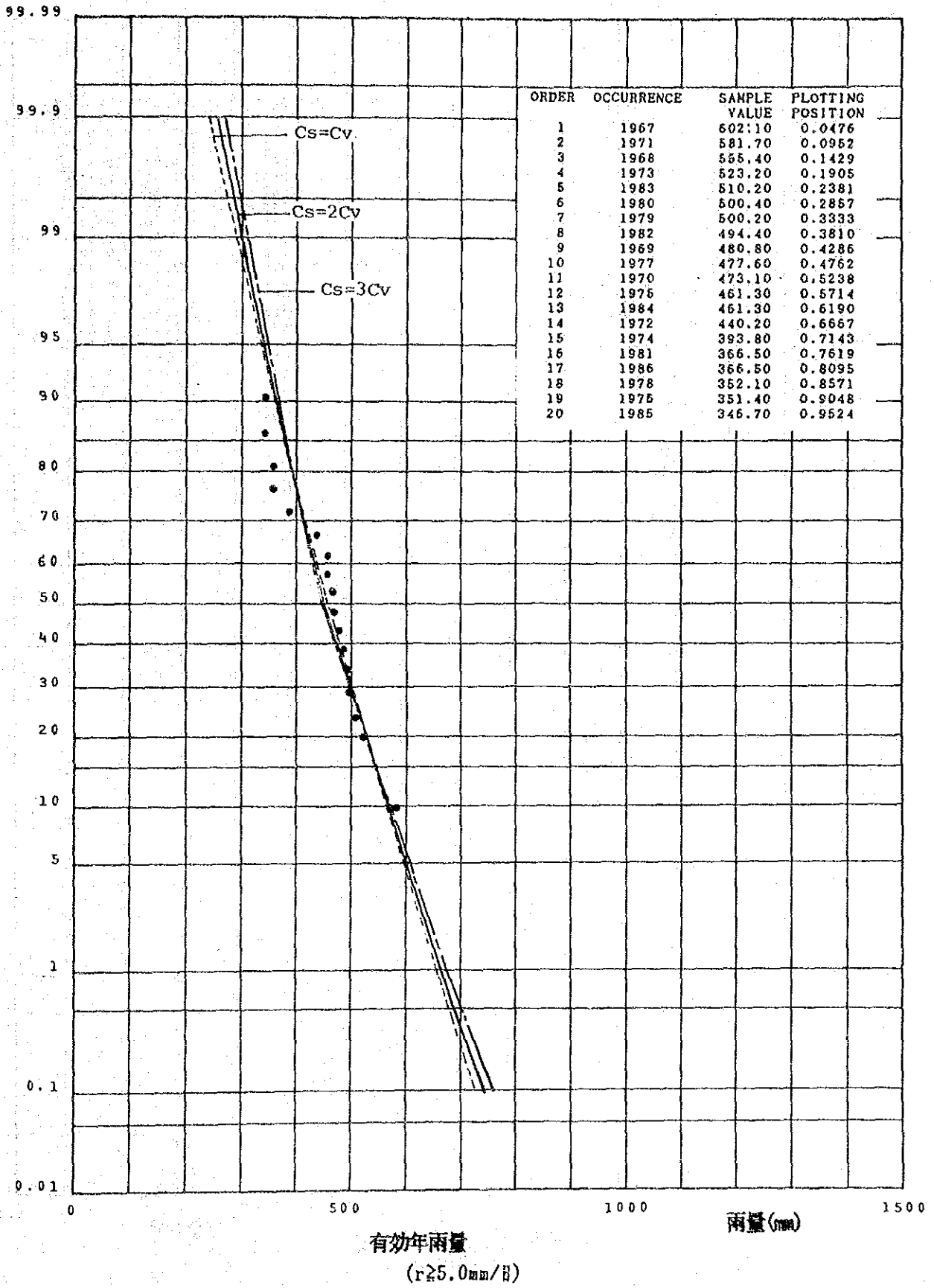
Pearson III型分布



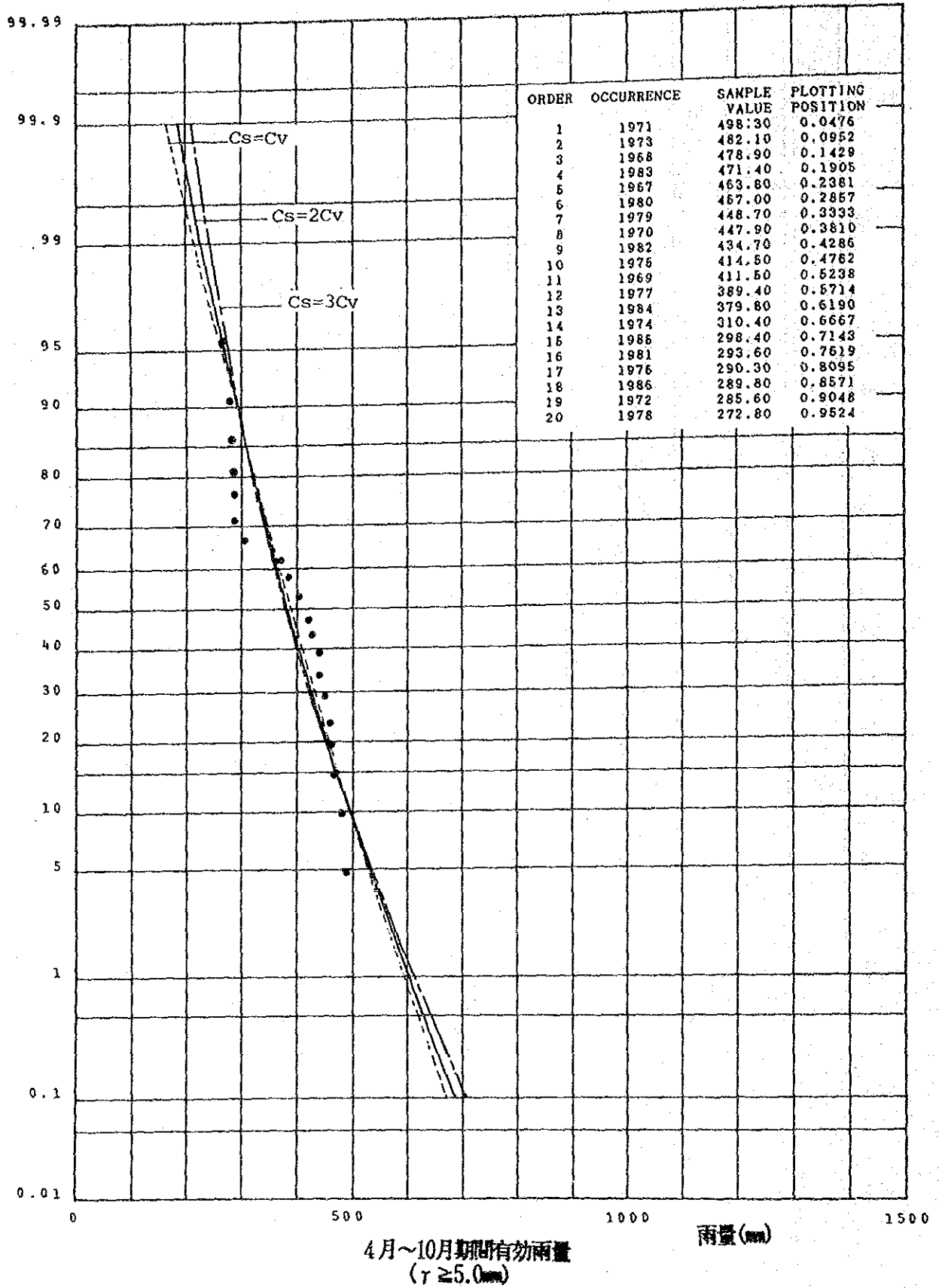
4月~10月期間雨量

雨量(mm)

Pearson III型分布

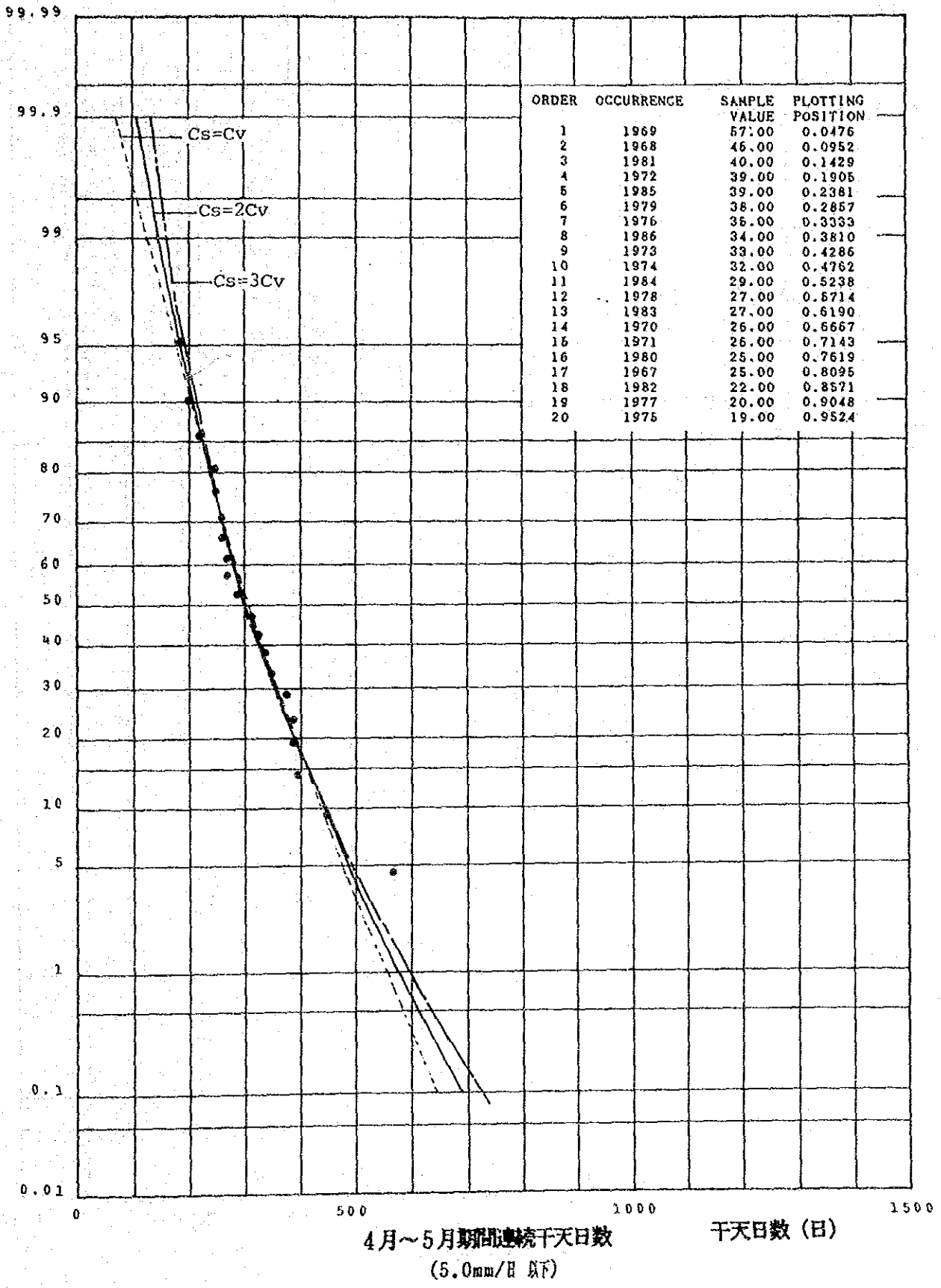


Pearson III型分布



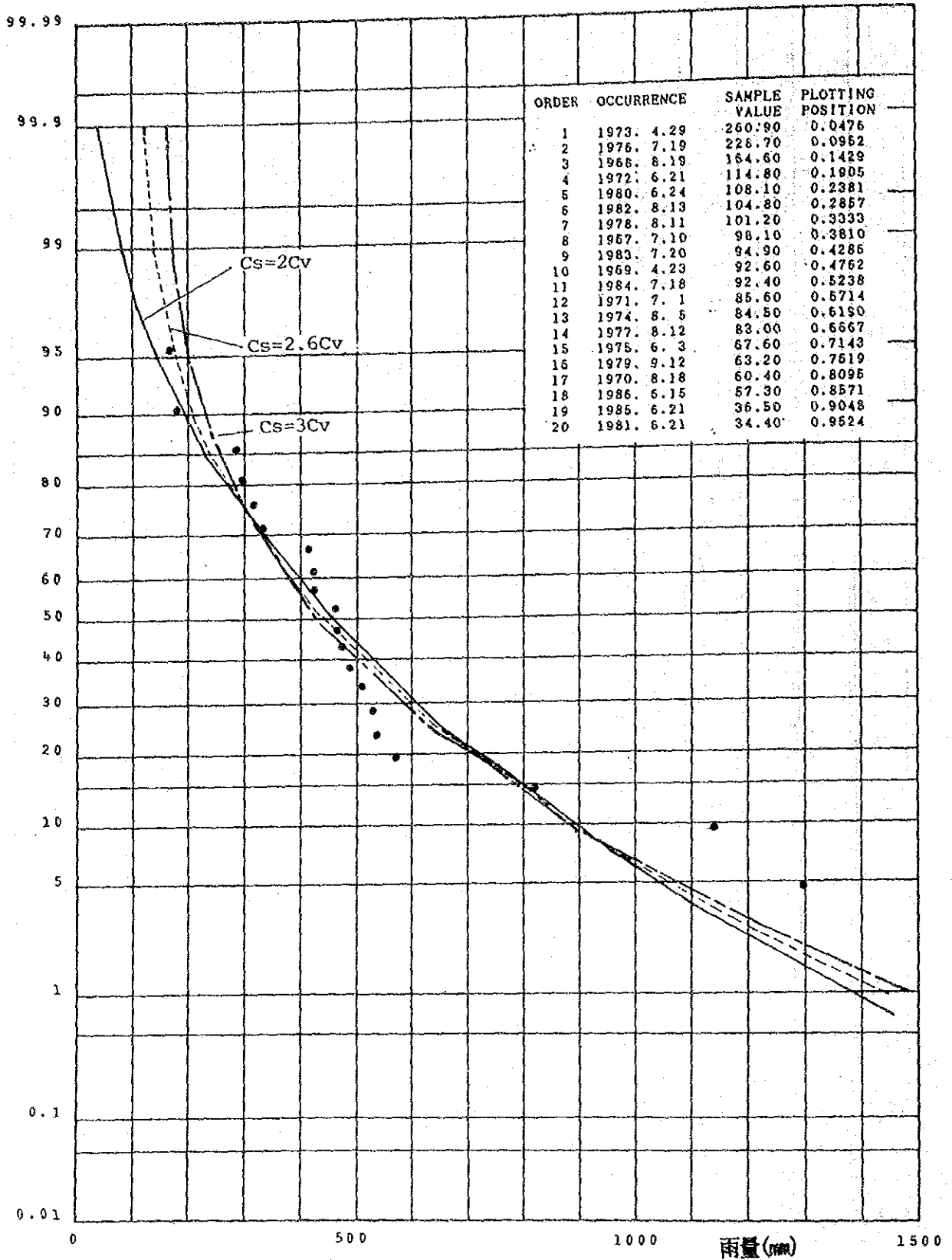
ORDER	OCCURRENCE	SAMPLE VALUE	PLOTTING POSITION
1	1971	498.30	0.0476
2	1973	482.10	0.0952
3	1968	478.90	0.1429
4	1983	471.40	0.1905
5	1967	463.80	0.2381
6	1980	467.00	0.2857
7	1979	448.70	0.3333
8	1970	447.90	0.3810
9	1982	434.70	0.4286
10	1975	414.50	0.4762
11	1969	411.50	0.5238
12	1977	389.40	0.5714
13	1984	379.80	0.6190
14	1974	310.40	0.6667
15	1985	298.40	0.7143
16	1981	293.60	0.7619
17	1976	290.30	0.8095
18	1986	289.80	0.8571
19	1972	285.60	0.9048
20	1978	272.80	0.9524

Pearson III型分布



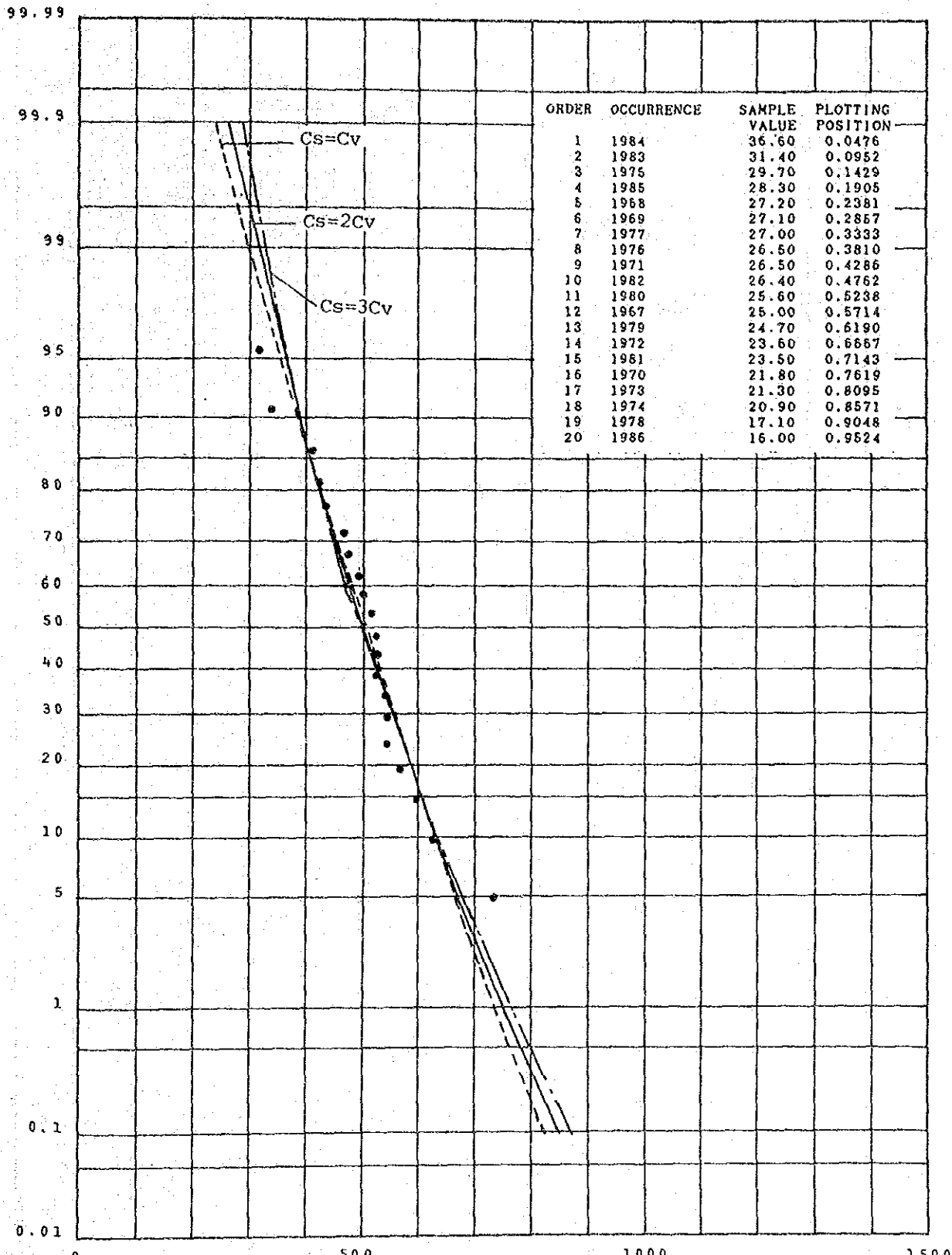
4月~5月期間連続干天日数 (5.0mm/日 以下) 干天日数 (日)

Pearson III型分布



年最大日雨量

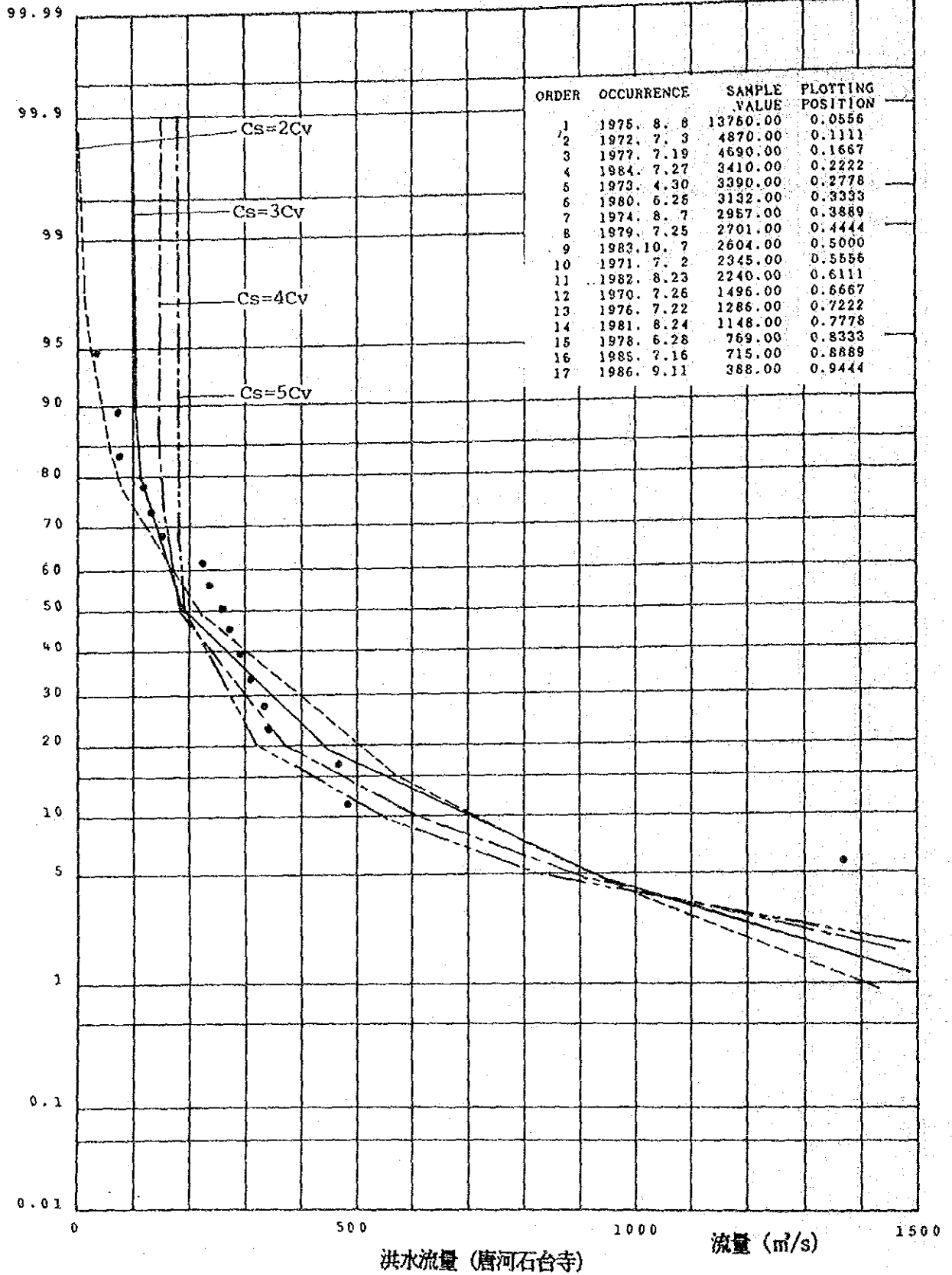
Pearson III型分布



ORDER	OCCURRENCE	SAMPLE VALUE	PLOTTING POSITION
1	1984	36.60	0.0476
2	1983	31.40	0.0952
3	1976	29.70	0.1429
4	1985	28.30	0.1905
5	1968	27.20	0.2381
6	1969	27.10	0.2857
7	1977	27.00	0.3333
8	1976	26.50	0.3810
9	1971	26.50	0.4286
10	1982	26.40	0.4762
11	1980	25.60	0.5238
12	1967	25.00	0.5714
13	1979	24.70	0.6190
14	1972	23.60	0.6667
15	1981	23.50	0.7143
16	1970	21.80	0.7619
17	1973	21.30	0.8095
18	1974	20.90	0.8571
19	1978	17.10	0.9048
20	1986	16.00	0.9524

年平均流量 (唐河石台寺)
($Q > 50 \text{ m}^3/\text{s}$ を $Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ とする)

Pearson III型分布



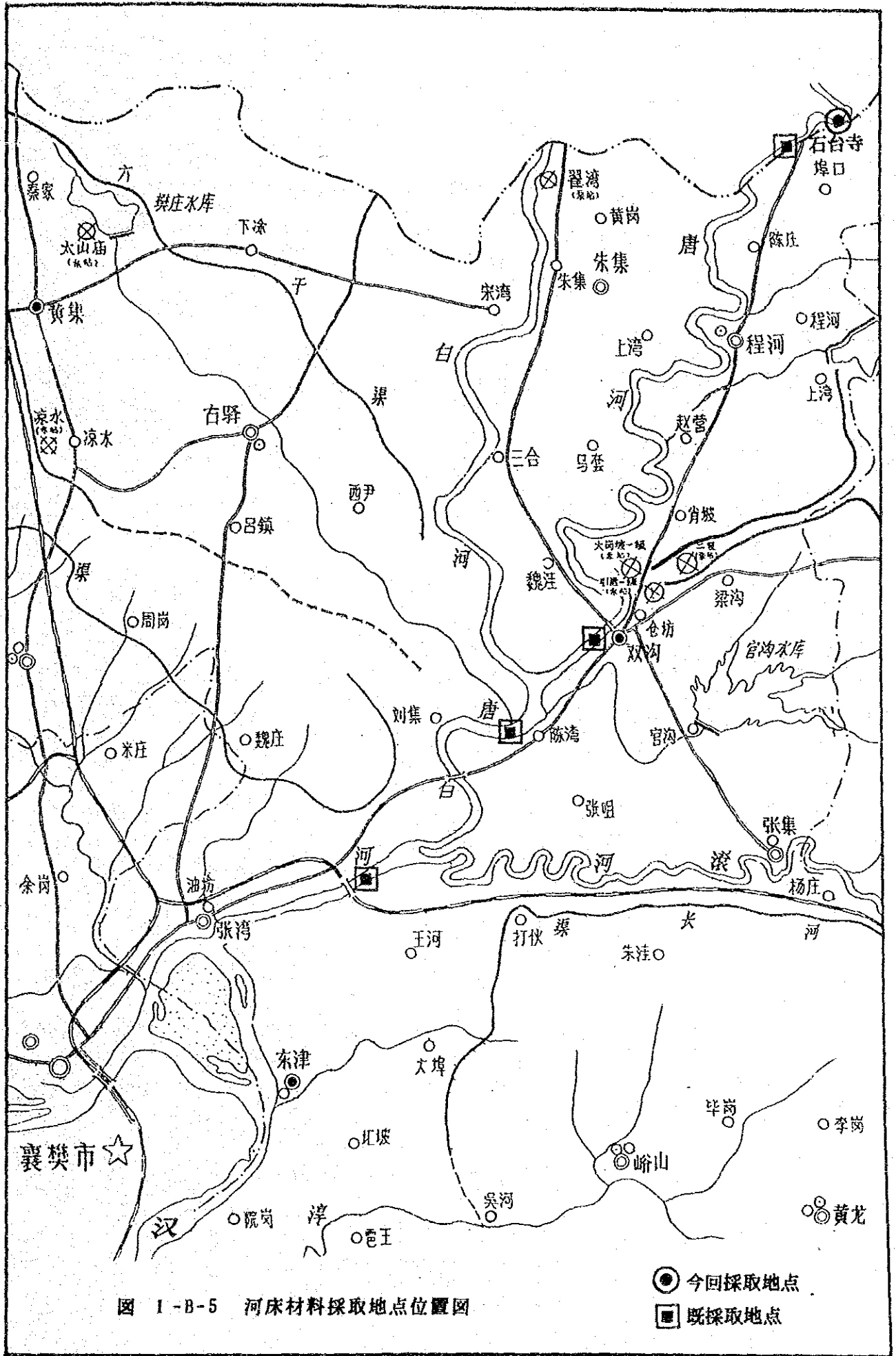


图 I-B-5 河床材料采取地点位置图

● 今回采取地点
 ■ 既采取地点

C. 地質・土質

目 次

	頁
第1章 調査概要	I - C - 1
1.1 調査目的及び内容	I - C - 1
1.2 調査手順と方法	I - C - 3
第2章 調査地周辺の地形・地質	I - C - 5
2.1 地形	I - C - 5
2.2 地質	I - C - 6
第3章 石台寺地区全体の土木地質	I - C - 8
3.1 土質工学的特性	I - C - 8
3.2 構造物の支持地盤	I - C - 8
3.3 土構造物の現況と設計上の留意点	I - C - 9
第4章 一級揚水機場	I - C - 13
4.1 地質	I - C - 13
4.2 土質工学的特性	I - C - 14
(1) N値	I - C - 14
(2) 物理特性	I - C - 14
(3) 強度特性	I - C - 15
(4) 膨張及び収縮特性	I - C - 16
4.3 土木地質的判断	I - C - 17
(1) 土質分類と土質定数	I - C - 17
(2) 支持力	I - C - 19
(3) 設計上の留意点	I - C - 20

第5章 二級揚水機場	I - C - 22
5.1 地質	I - C - 22
5.2 土質工学的特性	I - C - 22
(1) N値	I - C - 22
(2) 物理特性	I - C - 22
(3) 膨張及び収縮性	I - C - 23
5.3 土木地質的判断	I - C - 23
(1) 土質分類と土質定数	I - C - 23
(2) 支持力	I - C - 25
(3) 設計上の留意点	I - C - 25
第6章 三級揚水機場	I - C - 26
6.1 地質	I - C - 26
6.2 土質工学的特性	I - C - 26
(1) N値	I - C - 26
(2) 物理特性	I - C - 26
(3) 強度特性	I - C - 27
(4) 膨張及び収縮特性	I - C - 27
6.3 土木地質的判断	I - C - 28
(1) 土質分類と土質定数	I - C - 28
(2) 支持力	I - C - 29
(3) 設計上の留意点	I - C - 29
第7章 その他	I - C - 30
引用文献	I - C - 31

表の目録

	頁
表 I - C - 1 調査項目と調査内容	I - C - 32
表 I - C - 2 現地調査数量一覧表	I - C - 32
表 I - C - 3 室内土質試験数量一覧表	I - C - 33
表 I - C - 4 日中土質試験法の相違点	I - C - 34
表 I - C - 5 各台地における許容支持力の目安	I - C - 33
表 I - C - 6 法面調査結果一覧表	I - C - 35
表 I - C - 7 地質構成	I - C - 39
表 I - C - 8 各揚水機場の物理特性一覧表	I - C - 40
表 I - C - 9 膨張,収縮試験の原理と用語の説明	I - C - 41
表 I - C - 10 膨張及び収縮特性一覧表	I - C - 42
表 I - C - 11 中国水利電力部における土質分類	I - C - 43
表 I - C - 12 膨潤土の土木地質的分類	I - C - 44
表 I - C - 13 膨潤土の等級区分	I - C - 44
表 I - C - 14 土工における土質分類	I - C - 45
表 I - C - 15 土質定数一覧表	I - C - 46
表 I - C - 16 許容支持力の関係表	I - C - 47
表 I - C - 17 膨潤土の許容支持力関係表	I - C - 48
表 I - C - 18 中国におけるN値の深度補正	I - C - 48
表 I - C - 19 一般的な水路法面勾配	I - C - 49
表 I - C - 20 土質試験結果一覧表(唐河河床砂)	I - C - 50

図の目録

	頁
図 I - C - 1 作業の流れ図	I - C - 51
図 I - C - 2 ボーリング調査位置図	I - C - 52
図 I - C - 3 石台寺地区工程地質図	I - C - 55
図 I - C - 4 土質柱状図	I - C - 56
図 I - C - 5 土性図	I - C - 59
図 I - C - 6 塑性図	I - C - 62
図 I - C - 7 河床材料採取地点位置図	I - C - 63
図 I - C - 8 唐河河床砂の粒度分布	I - C - 64

第1章 調査概要

1.1 調査目的及び内容

本調査は石台寺地区の地質概要を把握し、灌漑施設計画の資料とすると共に、一級、二級及び三級の各揚水機場の基礎状況及び地質特性を把握し、機場設計及び施工のための資料とすることを目的に実施した。

調査年月日、調査担当者、調査項目及び内容は、次のとおりである。

1) 現地調査年月日

自 1987年11月2日

至 1987年11月23日

2) 調査担当機関及び担当者

① 統括

日本側 稲垣喜弘

中国側 湖北省地質局水文地質大隊 陳国金

② 地表踏査

同上

③ ボーリング調査

湖北省地質局水文地質大隊 游維彬 他

襄樊市水利水電工程公司 徐能剛 他

④ 室内土質試験

湖北省地質実験研究所 張連生 他

(河床砂粒径のみ稲垣喜弘 他)

3) 調査項目

① 石台寺地区全体

- 地形・地質概要
- 支持地盤の分布

- 切土及び盛土法面の安定
- 膨潤土(膨張土)の分布と被害状況
- ② 各揚水機場
 - 地質構成
 - 各層の土質特性及び土質定数
 - 支持力
 - その他
- ③ その他
 - 唐河河床砂粒径

4) 調査内容

調査内容は表I-C-1に示すとおりである。また調査項目をまとめると次のとおりである。

- 既存資料の収集
- 地表踏査(聞き取り調査含む)
- 機械ボーリング
- 標準貫入試験
- 不攪乱試料採取
- 室内土質試験

5) 調査数量

ボーリング調査は、各揚水機場に1箇所ずつ計3箇所を実施した。

調査数量は表I-C-2及び表I-C-3に示すとおりである。

1.2 調査手順と方法

1) 調査手順

調査手順は図I-C-1に示すとおりである。

2) 調査方法

① 既存資料の収集

石台寺地区の地形区分、地質区分、また膨潤土の分布と程度等を記載した湖北省地質局製作の石台寺地区工程地質図(1:10000)を入手した。また、巻末の引用文献に示した様な、土質試験法、一般土木地質学及び膨潤土(膨張土)に関する資料を中国側専門家等から入手した。

② 地表踏査(聞き取り調査含む)

調査地区周辺の地表地質踏査を行い、地層の分布、層相、膨潤性の有無等を調査すると共に、既設の水路、ダム等の切土及び盛土法面の安定について17地点を調査した。また大崗坡灌区の一級及び二級揚水機場において、膨潤土の被害について聞き取り調査を実施した。

③ 調査位置の決定

一級揚水機場に対しては、当初3箇所ではボーリング調査を実施する計画であったが、河川管理者からの許可の問題で中国から要請があり、施設設計者との協議の結果、機場から約100m離れた取水口で行うこととなった。また三級揚水機場に対しては、調査期間内に計画位置が確定できなかったため、中国側及び日本側設計専門家との協議の結果、暫定位置で行なった。

なお、現地の位置設定は、中国側及び日本側の設計専門家の立会いのもとで行った。(図I-C-2参照)

④ 機械ボーリング

機械ボーリングは、日本から供与したYSO-1を用い、孔径86mm以上で掘削した。ボーリング深度は、調査実施時に計画されていた基盤面以下でN値20以上の粘

性土、もしくはN値30以上の砂質土、もしくは礫層を確認するまで行うが、または基礎面下6mまで行うことにした。

⑤ 標準貫入試験

日本から供与した標準貫入試験機によって、JIS.A.1219に基づいて実施した。

⑥ 不攪乱試料採取

日本から供与したデニソン型サンプラーによって採取した。

⑦ 室内土質試験

ボーリングで採取した不攪乱試料及び標準貫入試験試料(攪乱試料)に対して行った。

試験方法は、中国と日本の規準を比較し、また湖北省地質実験研究所を視察した結果、物理及び直接せん断試験については大差ないと判断した。(表I-C-4参照)

このため、河床砂の試験はJIS規格によって日本側で実施したが、その他は膨張・収縮試験を含め、中国水利電力部土工試験規程によって中国側に依頼して実施した。

第2章 調査地周辺の地形・地質

2.1 地形

石台寺地区は、湖北省と河南省にまたがって広がる南陽盆地にある。

南陽盆地は、東を桐柏山、西を武当山、南を大洪山及び北を伏牛山等の山地に囲まれた平坦な台地からなり、盆地内には南陽市と襄樊市がある。盆地内の地形勾配は、襄樊市を中心とするゆるやかなすり鉢状を呈している。主な流下河川は漢江を始め、その支流の白河、唐河、滾河等であり、これらの河川は地形勾配に沿って、河南省側では南下するものが多く、湖北省においては襄樊市街地を要とする扇状に各河川が集まり、漢江となって東流する。対象地区はこの南陽盆地の南東に位置し、東を桐柏山の山々、西を唐河に境され、北は河南省と接する南北約15km、南西約45kmの地区である。

東部の山地は、老年期の山嶺を呈し、標高300m前後を示し、なだらかで、山地の縁辺部には唐子山(標高382.7m)、柴玉山等の円錐状の残丘が見られる。

台地は標高75~145m程度を示し、山地に近い東部及び棗陽と双溝をむすぶ道路沿いが尾根状に高く、唐河付近が標高80m弱と最も低い。

地区内の地形を見ると、大きく3段の台地に区分され(図I-C-3)、唐河沿いに標高75~78m程度で広がる1級台地、これより東に楊当付近まで標高83~110m程度で広がる2級台地及びこれより東に標高110~140m程度で広がる3級台地からなる。

1級台地は現在の唐河によって形成された沖積面であり、一部に自然堤防と思われる微高地があるもののほぼ平坦である。所々の集落に輪中が見られるのが特徴的である。

2級台地はほぼ明瞭な段差(5m前後)をもって1級台地と接し、河川によってやや侵食されるものの、ほぼ東から西に非常にゆるやかに傾く洪積台地である。

3級台地は地区内で最も古い(第四紀中更新世)洪積台地である。本来の台地面は標高140m程度と考えられ、太平付近及び棗陽と双溝をむすぶ道路上でこの面が残されているが、侵食を受け全体にゆるやかな起伏を示すのが特徴的である。2級台地とは北部では大きな段差はないが、南部では明瞭な段差で接する。

一方地区内の河川は、唐河の小支流である黄河が黄河ダムから程河市街地に向って流れ、周橋ダムもこの支流にある。これらの小河川沿いにはゆるやかで小規模な谷地形が形

成されている。また明瞭な河川ではないが、羅橋ダムから黒青河ダムにかけて低湿地帯が形成され、同様の谷地形が見られる。

2.2 地質

地区周辺の地質は、地区東方の山地を形成する先カンブリア紀の紅安層群、地区内等の台地を形成する第四紀層とその下位に分布する上第三紀層に大別される。さらに、第四紀層は、1級台地を形成する第四紀全新世の沖積層、2級台地を形成する第四紀上更新世の洪積層[沖湖積層]及び3級台地を形成する第四紀中更新世の洪積層[沖洪積層]に区分される。

これらの分布状況は、図I-C-3に示すとおりである。

1) 紅安層群(Ptgn)

絹雲母片岩を主体とし、双河の北方では白～灰色の大理石を挟在する。地表部では硬岩～中硬岩として分布するため、石材として利用されている。

2) 上第三紀層(N)

礫岩、砂岩、泥岩[粘土岩]及び砂質泥岩[砂質粘土岩]からなり、層相の変化が著しい。ほとんど地表部では見られず、わずかに七方の北部に点在する。七方の露頭に分布した強風化泥岩には膨潤性が見られた。なお、一部には、白亜紀～第三紀の地層も分布する。

3) 第四系中更新統洪積層[沖洪積層](Q^{al-pl})

赤褐色の粘性土及び礫混り粘性土からなり、層厚は40mに達する。

粘性土は非常に硬く中低圧縮性であるが膨潤性を示す。礫はカルシウムの結核であり、白色を示し硬質で生姜の根状を呈す。大きさは、 $\phi 0.5\text{cm}$ から最大10cmに達する。これは本層の特徴であり、必ず含むが、その多少は層順によって異なる。また少量の鉄、マンガン結核($\phi 0.2\text{cm}$)が点在する。

4) 第四系上更新統洪積層[沖湖積層](Qal-l)

上部が淡黄灰または赤褐色の粘性土、下部が砂質土及び砂礫からなり、下部には軟かいシルト[淤泥]を挟む。Qal-pl層を完全に侵食した後に堆積した湖成層と考えられ、全層厚は50mに達する。粘性土は、非常に硬く中低圧縮性であるが、膨潤性を示し、Qal-pl層と類似した層相を示す。しかし、カルシウム結核は3級台地との境に二次堆積物として含まれる以外一般には含まない。

5) 第四系全新統沖積層(Qal)

上部10m前後が淡黄灰色の粘性土、下部は砂質土及び砂礫からなり、一部に軟かいシルト[淤泥]を薄く挟む。Qal-l層を侵食し、全層厚は約30mである。粘性土はシルト質粘土からなり、やや硬く中高圧縮性であり、ほとんど膨潤土(膨張土)は含まない。砂質土及び砂礫は比較的よく締っている。

第3章 石台寺地区全体の土木地質

3.1 土質工学的特性

石台寺地区は3段の台地に区分され、唐河沿いの洪積面(1級台地)を形成する沖積層、標高83~110mの洪積台地(2級台地)を形成する上更新統洪積層、及び標高110~145mの洪積台地(3級台地)を形成する中更新統洪積層に区分される。(図I-C-3参照)

沖積層は層厚が約30mあり、上部10m前後が淡灰色の粘性土、下部は砂質土及び砂礫からなり、一部に軟かいシルト[淤泥]を薄く挟む。粘性土は中国水利電力部の土質分類で「CI」もしくは「CH」に区分されるシルト質粘土を主体とし、自然含水比は $W=25\sim29\%$ 、湿潤密度は $\rho_t=1.9\sim2.0t/m^3$ 、またN値は $N=10$ 前後を示し硬い。膨潤性はほとんどないが、局部的に弱程度の膨潤土(膨張土)が分布する。砂質土及び砂礫は $N=20\sim50$ を示しほぼよく締まっているが、地下水を賦存する滞水層となっている。

上更新統洪積層は層厚50m程度を示し、その上部15~50mは淡黄灰または赤褐色を呈す粘性土、下部が砂質土及び砂礫からなり、下部にはシルトを薄く挟む。主体をなす粘性土は、「CI」もしくは「CH」に区分されるシルト質粘土で、一部にカルシウム結核の二次堆積物を含む。 $W=21\sim29\%$ 、 $\rho_t=2.0t/m^3$ 、また $N=25\sim36$ で非常に硬い。しかし $0.5kg/cm^2$ 載荷膨張量が $V_{HP}=0.815\%$ 、膨張力が $P_p=1.21\sim1.86kg/cm^2$ 、線縮率は $e_{sl}=3.53\sim6.51\%$ を示し、収縮は少なく膨張が多い「強~中等」程度の膨潤土である。

中更新統洪積層は層厚40m程度を示し、赤褐色の粘性土及び礫混り粘性土からなる。粘性土は「CI」もしくは「CH」に区分され、上更新統と同様の層相を示すが、N値が $N=29\sim51$ とやや高く、膨張性及び収縮性は若干劣り「中等~強」程度を示す。礫として $\phi 0.5\sim10.0cm$ の生姜の根状を呈すカルシウム結核を含むのが特徴である。

3.2 構造物の支持地盤

1~3級台地に分布する地層の許容支持力は、各揚水機場の調査結果から表I-C-5のようになる。

ただし、1級台地の地質は水平、垂直方向共に変化する可能性が高い。また2、3級台地には膨潤土が分布している。

膨潤土が構造物に与える影響は主に2つある。

1つは施工後の膨張及び収縮による基礎の変形、破損である。

この素因は膨潤土の特性によるものであり、後述する試験結果からみれば、当地の膨潤土は、膨張力は2級台地で $P_p=1.21\sim 1.86\text{kg/cm}^2$ 、3級台地で $P_p=0.35\sim 0.67\text{kg/cm}^2$ と大きい
が、荷重(0.5kg/cm^2)を加えた時の膨張量は2級台地で $V_{HP}=0.815\%$ 、3級台地で
 $V_{HP}=0.039\sim 0.181\%$ とさほど多くない。

膨潤の誘因は水であり、地下水位と基礎の位置関係によるものである。たとえば、基礎
面に対して十分に地下水位が低い(5m以上)場合、また常に基礎面以上に地下水位がある場
合には良いが、基礎面付近で地下水位の変動があると、これに伴う基礎面下の膨張収縮が
生じる。

また1つには施工時の膨張収縮による基礎面の強度低下及び施工中の自重による沈下で
ある。誘因は雨や地下水の湧水による水である。この場合の膨張程度は、自由膨張率及び
無載荷膨張量によって知ることができる。自由膨張率は2級台地で $F_S=72\sim 90\%$ 、3級台地
で $F_S=60\sim 70\%$ 、また膨張量は2級台地で $V_H=4.97\sim 29.49\%$ 、3級台地で $V_H=8.09\%$ であり
ややひらきがあるが、全般にかなり大きな値を示し、膨張が著しいことを示す。既設の大
岡坡揚水機場には施工中に生じたというクラックが数ヶ所で見られ、この影響の可能性が
ある。

以上の様に、膨潤の問題は膨潤土の土性と地下水等によって決まり、その点で本調査は
膨潤土の既容を把握したにすぎず、今後さらに十分な調査や現地での実験を行うことが、
安全で経済的な構造物を作る上で必要である。

3.3 土構造物の現況と設計上の留意点

土構造物の現況調査は、石台寺地区及び大岡坡灌区の主に水路とダムを対象に実施し
た。この結果は、表I-C-6にまとめたとおりである。また、大岡坡一級及び二級揚水機
場において、土構造物の維持管理上の問題点について聞き取り調査を行った。

(1) 現況

1) 盛土構造物(ダム、水路)

ダムは6箇所について調査した。その内1箇所が2級台地であり、その他は3級台
地に建設されて、盛土材も同台地の土質を用いている。ダムの形状はいずれも法

面勾配を1:2.5とし、天端幅は3~5mで、法高は5m前後で小段を設けている。保護工は植生工を主体とし、水面側にはリップラップが張られている。最大堤高は、羅橋ダムの15m及び劉橋ダムである。

調査したダムは、羅橋ダムに一部漏水が見られたが、その他は安定しており植生工がよく活着している。

水路は大崗坡灌区の主幹線用水路と、小規模なものとして羅橋ダムからの水路(羅崗付近)を踏査した。大崗坡の水路は3級台地にあり、法面勾配は内外共に1:2.5となっており、法高は5m前後で3m幅の小段が設けられている。保護工は植生工を主体として機場近くの内側数10m間がコンクリート張りとし石張りになっている。法高は10m以上であり、外側は植生工がよく活着し安定しているが、内側は水面付近で崩れている所が多い。コンクリート張りの部分は安定しているが、石張り部は背面に水がまわり土が流出し陥没している所が多く見られる。水路内に埋った崩壊土砂は1年に1回取り出しているとの事であった。

羅橋ダムからの水路は2級台地にあり、高さが1.5~2.0m、法面勾配が内外共に1:2.0である。保護工は植生工のみであり、水面側は崩壊と侵食が著しい。

2) 切土構造物(水路)

切土部分に設けられた水路は、3級台地に位置する7地点について調査した。

法面勾配は、法高が3m以下の場合1:1.3~1.8となっており、法面保護は植生工である。全体に水面付近に馬蹄形の小すべりや侵食が多く発生している。

法高5m以上では1:2.5の勾配であり、一部小黄河ダムの余水吐付近では1:2.0であった。保護工は植生工であり、小黄河からの水路(道路余庄-太平線との交差点)では補修を行っていたが、補修後数日で雨による雨裂が発生している。一般に多くの水路の水面付近で侵食されているのがみられた。

完全に台形状に整形された水路ではないが、羅橋ダム付近で工事によって切土された法高3~5m、法面勾配1:1の法面があり、法尻が水面に接している部分ですべり崩壊が発生していた。これは膨潤土の水路安定法面勾配が1:1以下であることを示している。

大崗坡一級揚水機場背面の法面(法高31.5m)は、本来すべて1:2.5であったが、礫

陽水路側には灰色粘土が分布し、これがすべったため1:3.5に法面を切り直している。

大崗坡灌区の水路の状況を聞き取りした結果によると、水路の補修は毎年行われており、最近の大きな改修工事は次のとおりである。

1981年 襄陽県効崗付近延長500m間 : 水路法面の崩壊が著しく暗渠に改築した。

1986年 襄陽県羅橋ダムと劉橋ダムの間の水路 : 石積みによる護岸工事

1987年 襄陽県庄胖子崗付近380m間 : 水路法面の崩壊が著しく、暗渠に改築中。

これらは崩壊が著しく水路を崩壊土砂が埋めてしまうために行われた工事であり、すなわち膨潤土の対策工事と考えられる。

(2) 設計上の留意点

以上の現況を踏まえて、膨潤土の土構造物、特に水路の設計について留意点をまとめた。

- ① 盛土及び切土ともかなりの強度を持ち、法面勾配1:2.5であれば法高10~15m程度は十分に安定する。
- ② ただし、雨によって雨裂を生じ易いため、法面保護工は欠かせない。
保護工としては植生工がよく活着し有効である。
- ③ 水路内側の水面付近は、吸水膨張に伴う強度低下のため、崩壊及び侵食をほとんどの所で受けている。また、法面勾配を急にすると法面のすべり破壊をまねく。従って、法面勾配はなるべくゆるくし、水面付近にはライニングを行うことが望ましい。
なお、施工に当っては掘削後放置することは避け、ただちに法面保護を行うことが望ましい。
- ④ 水路側の法面勾配は、法高や水面の位置によって異なるが、盛土の場合は既設水路やダムの状況から1:2.5以上で安定すると考えられる。切土の場合は1:1ですべり破壊を生じ、1:1.3~1.8でも馬蹄形の小すべりが生じているためやはり1:2.5以上とすることが望ましい。

- ⑥ しかし、この勾配はすべり崩壊を生じない勾配であり、水路の場合は侵食が生じ易く、また法面勾配の変化により崩壊へとつながるため、ライニングを行うことが望ましい。ライニングには種々あるが、石張りは背面土の流出による陥没を生じる可能性があり、コンクリートが望ましい。
- ⑦ 以上は、水路の現況から見た考察をまとめたものであり、実施に当っては膨潤土の特性をさらに把握し、現地での実験等を含めた詳細な調査を行うことが安全で経済的な水路を造るために望ましい。

第4章 一級揚水機場

4.1 地質

一級揚水機場の深度18(標高62)m付近までの地質構成は、ボーリング「石-1」より表 I-C-7の様に区分した。

各層の層相は次のとおりである。また土質柱状図は図 I-C-4に示す。

1) 粘性土層

第四紀全新統沖積層のシルト質粘土からなる。粒径は上部3.0m付近までシルトが卓越し、深さ0.9m以上は粘土が多い。

全体に淡黄褐～淡黄灰色を示し、所々に鉄マンガンを汚染された小黑斑が点在する。

全体に含水量が少なく硬く、乾燥すると固結する。

2) シルト層

第四紀全新統沖積層の淤泥と呼ばれる静水あるいは緩慢な流水環境中の堆積物である。

色調は暗青灰色を呈し、軟弱でボーリング掘進中に孔壁の押し出しを示した。

3) 砂質土層

第四紀全新統沖積層のやや細砂を含む中～粗砂からなり、粒子はほぼ丸い。滞水層となっており、孔壁の崩壊が著しい。

4) 礫・砂互層

第四紀全新統沖積層の礫質土と砂質土の互層からなっている。また上部は泥質を呈す。層中の礫は最大3cm、ほぼ0.2～0.5cm前後の硬質円礫からなっている。

深度12.6～14.9mは基質が粘土質シルトからなる泥質礫及び粘土質シルトと砂の互層からなり、やや透水性に欠けるが、その他はほぼ地下水を賦存する透水層となっている。

4.2 土質工学的特性

(1) N値

1) 粘性土層

N値は $N=14\sim 21$ であるが、地下水面(深さ7.99m)に近い部分では小さい値である。上層部では若干大きい値であり、これは土質特性として乾燥により硬くなる土であることによる可能性がある。揚水機場計画地の地下水位は深さ1~2mと考えられるため、 $N=10$ 程度と判断される。

2) 礫・砂互層

N値は $N=24\sim 50$ で下層ほどN値は増大する。

(2) 物理特性

物理試験は粘性土層(1試料)、シルト層(1試料)、礫・砂互層(3試料)を対象に実施した。この結果は、表I-C-8及び図I-C-5に示したとおりである。

1) 粘性土層

粒度分布はシルト(0.1~0.005mm)が68%と主体を占め、粘土分が27%、砂分は11%と少なく、礫は含まない。

自然含水比は $W=25\%$ と小さく、液性限界は $W_L=40\%$ 、塑性限界は $W_P=22.8\%$ であるため塑性指数は $I_p=17.2$ となる。

比重は $G_s=2.72$ と一般的な値を示し、湿潤密度は $\rho_t=1.99\text{t/m}^3$ と沖積層の粘性土としては高い値を示す。したがって、間隙比も $e=0.709$ と小さい。

飽和度は $S_r=96\%$ である。

2) シルト層

粒度分布はシルト分が66%と主体を占め、粘土分は29%、砂分は10%と少なく、礫分は含まない。

自然含水比は $W=35\%$ と粘性土層に比べ高く、液性限界は $W_L=36.7\%$ 、塑性限界は $W_P=23.6\%$ であるため塑性指数は $I_p=13.1$ となる。

比重は $G_s=2.70$ と一般的な値を示した。

湿潤密度は $\rho_t=1.89\text{t/m}^3$ と粘性土層に比べやや低い値を示し、間隙比も

$e=0.929$ とやや高い値である。

飽和度は $S_r=100\%$ と完全飽和状態となっている。

3) 礫・砂互層

比重 $G_s=2.57\sim 2.63$ 、自然含水比 $W=16\sim 21\%$ であるが、深度方向に土性の変化が見られ、粒度分布は大きく変化する。深さ $12.62\sim 14.90\text{m}$ までは細粒分(0.1mm 以下)を 34% 以上含むが、これ以深ではほとんど含まない。礫分は深度 $16.1\sim 17.5\text{m}$ で 48% を示したが、他では $6.7\sim 23.6\%$ 程度である。

(3) 強度特性

強度試験としては直接せん断(非圧密非排水条件)試験を、粘性土層(1試料)、シルト層(1試料)を対象に実施した。

1) 粘性土層

粘着力は $C=0.67\text{kg/cm}^2$ 、せん断抵抗角は $\phi=20^\circ$ が得られた。しかし N 値の項で述べた様に地下水位が低い所で試験していることから、この値は修正する必要がある。

修正の方法は、一般に知られる様に N 値と一軸圧縮強度(q_u)は比例関係にあり一次式で表せること、 C 、 ϕ 及び q_u には $C=q_u/2 \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$ の関係が成り立つことに着目し、まず C 及び ϕ から q_u を求め、次に q_u と N 値の関係式を求め、逆にその関係式から $N=10$ の時の q_u を出し、 $\phi=20^\circ$ と仮定した時の C を求める。

計算は次のとおりである。

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \cdot C / \tan(45^\circ - \phi/2) \\ &= 2 \times 0.67 / \tan(45^\circ - 20/2) \\ &= 0.938 \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= q_u / N \text{値} \\ &= 0.938 / 21 \\ &= 0.0447 \end{aligned}$$

$N=10$ を代入すると

$$\begin{aligned} q_u &= a \times N \text{値} \\ &= 0.0447 \times 10 \end{aligned}$$

$$=0.447\text{kg/cm}^2$$

$$\phi = 20^\circ \text{ とすると } C = q_u/2 \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$$

$$=0.447/2 \cdot \tan(45^\circ - 20/2)$$

$$=0.32\text{kg/cm}^2$$

以上より、本層の標準的な強度は、 $C=0.32\text{kg/cm}^2$ 、 $\phi=20^\circ$ と判断した。

2) シルト層

本層の粘着力は $C=0.16\text{kg/cm}^2$ 、せん断抵抗角は $\phi=14.1^\circ$ であり、粘性土と比べかなり低い値を示した。

(4) 膨張及び収縮特性

膨張及び収縮試験は、物理特性から膨潤土(膨張土)の可能性のある粘性土層を対象に、実施した。

各試験法の原理及び各用語の説明は、表I-C-9に示すとおりである。

また、試験結果は表I-C-10及び図I-C-5に示すとおりである。

自由膨張率は $F_S=50\%$ と一般的な膨潤土の値を示すが、膨張力は $P_P=0.3\text{kg/cm}^2$ と低い。膨張率は無荷重で $V_H=2.37\%$ 程度を示すが、 0.5kg/cm^2 荷重においては $V_{HP}=0.040\%$ と非常に少なくなる。

一方収縮性は体縮が $e_s=11.6\%$ 、線縮率が $e_{sl}=3.0\%$ また収縮係数が $C_{SI}=0.443$ と全体に膨潤土というよりも一般粘土に近い値を示す。

以上の様に膨潤土としては、収縮性よりも膨張性が大きな土質といえる。この結果から、本来沖積層である本層には膨潤性はないはずであるが、局部的に分布することが判明した。ただ 0.5kg/cm^2 時の膨張量が非常に少ないことから施工上大きな問題とはならないであろう。

4.3 土木地質的判断

(1) 土質分類と土質定数

1) 土質試験に基づく分類

先に述べた土質試験結果に基づき、土質分類を行う。

分類法は、日本統一土質分類法と、中国水利電力部の分類及び膨潤土の分類の3種類に基づいて行う。

① 日本統一土質分類

③ 粘性土層及びシルト層

両層はほとんど砂分を含まないシルト質粘土であるため、塑性図によって区分できる。

試験結果を塑性図に示すと図I-C-6のとおりであり、これから判断すると粘性土層及びシルト層ともに「CL」に分類される。

⑤ 礫・砂互層及び砂質土層

礫・砂互層は深度方向に変化し、深度12.62~14.9mは「SMg」、14.9~16.6mは「Spug」、16.6~17.5mは「GW」にそれぞれ分類される。

砂質土層は土質試験を実施していないが、肉眼観察によると礫・砂互層中の深度15.22~15.71mと類似し、「Spu」に分類されると考えられる。

② 中国水利電力部による区分

中国水利電力部における土質分類は、表I-C-11に示すとおりである。

③ 粘性土層及びシルト層

両層はやはり塑性図によって分類する。ただし塑性図のA線は $I_p=0.66(W_L-20)$ とやや異なり、火山灰の区分はなく、特に塑性を高中低の3種に区分している点に注目される。塑性図から判断すると、粘性土層及びシルト層ともに「CI」に分類される。

⑤ 礫・砂互層及び砂質土層

粗粒分の分類は、日本統一土質分類に比べて有機質及び火山灰の区分がない他はほぼ似ている。

礫・砂互層は深度方向に変化し、深度12.62~14.9mは「SM」、14.9~16.6mは「SP」、深度16.6~17.5mが「GW」にそれぞれ分類される。

砂質土層は、前記と同様に考えると「SP」に分類されることが考えられる。

③ 膨潤土の分類

粘性土層は膨潤性を示したため、ここで膨潤土としての分類及び等級を区分する。

分類は、分布地形、地質及び物理特性によって行う表I-C-12を用いた。

本層は唐河沿沖積面に分布する沖積層であり、 $W=25\%$ 、 $e=0.709$ 、 $W_L=40\%$ 、 $I_p=17.2$ であるから、二類に分類される。

また膨潤性の等級は、「湖北膨張土科研小組」作成の表I-C-13によって行った。

類型は二類であり、 $F_S=50\%$ 、 $P_p=0.30\text{kg/cm}^2$ であるから、分級は低、中等、強の内、「低」に区分される。したがって、建築物の破損程度はほぼ軽微であると判断される。

2) 土工上の分類

各層の土工上の土質分類を行う。

分類法は中国水利電力部の「水電工程概算指標」に基づく表I-C-14を用いて行う。

粘性土層は沖積層であるが硬く、湿潤密度は $\gamma_t=1.99\text{t/m}^3$ であるため、土質級別では「IV」に分類される。

シルト層は「淤泥」であり、 $\gamma_t=1.89$ とやや高いが「II」に区分される。

また砂質土層及び礫・砂互層は「I」の1.沙土に区分されると判断した。

3) 土質定数

標準貫入試験、室内土質試験及び試料の肉眼観察により、各層の土質定数を表I-C-15の様に設定した。

この表の内、礫・砂互層のセン断抵抗角は、N値から推定した。推定方法は種々

あるが、江蘇省水利工程観測隊によると中国の中密以上の粗、中、細砂については、日本の「国鉄土構築物設計施工指針」に基づく「 $\phi=0.3N+27$ 」がよく適合すると報告されており、上式を用いて計算した。

(2) 支持力

調査地の地盤を見るとシルト層を除きある程度の強度を持っており、揚水機場を直接基礎で支持することも難しくないと考えられる。したがって直接基礎とした場合の各地層の許容支持力を試算した。

許容支持力を求める方法は種々あるが、ここでは中国水利水電部の「地基基礎設計規範」による表I-C-16、また粘性土層については膨潤土を考慮した表I-C-17も用いた。

1) 粘性土層

「一般粘性土」もしくは「膨潤土」に区分され、両方の観点から許容支持力([R])を求めてみる。

一般粘性土とした場合、物理特性とN値の両手法によって求まる。

物理特性からは、 $I_p=17.2$ 、 $I_L=0.13$ 、 $e=0.709$ であるから $[R]=29t/m^2$ 程度と求まる。一方N値からは、 $N=10$ であるから $[R]=26t/m^2$ となる。

また膨潤土としては、分類二類、 $W/W_L=0.625$ 、 $e=0.709$ であるから $[R]=27t/m^2$ となり、これらを総合的に見ると許容支持力は、 $[R]=26\sim29t/m^2$ 程度と判断される。

2) シルト層

「淤泥」に区分され、 $W=25\%$ であるから $[R]=10t/m^2$ 程度と判断される。

3) 砂質土層

「砂土」に区分され、相対密度によって推定すると、粗～中砂土密実度中密であるから $[R]=24\sim34t/m^2$ 程度と推定される。

4) 礫・砂互層

「砂土」に区分され、N値から推定できるが、深度方向に変化する。

また、中国式にN値修正(表I-C-18参照)を行ったN値との対比であるため、深

度5m以上となるとその影響が多くなり、N値を修正して[R]を求める。

計算結果は次のとおりである。

深度(m)	測定N値	修正係数a	修正N値 N値×a	許容支持力(t/m ²)
12.6~13.7	24	0.79	19	22
13.7~14.9	39	0.78	30	34
14.9~16.6	44	0.76	33	36
16.6~17.5	54	0.74	40	42
17.5~18.1	57	0.73	42	44

以上より本層の許容支持力は[R]=22~44t/m²を示し、深さが深いほど大きい値である。

(3) 設計上の留意点

1) 支持層の選定

揚水機場の支持層は、砂質土層以深であれば支持力面ではほぼ問題ないと考えられるが、根切り工事等の施工条件も考慮することが望ましく、また調査地点が揚水機場と100m程度離れており土質の変化も考えられるため、支持層内へ余裕をもって入れておくことが望ましい。

粘性土層内の一部には膨潤土が見られたが、等級が低く、直接基礎におよぼす影響は少ないと考えられる。ただ施工時に膨張し、これに伴う強度低下、施工後の変形等が生じることが考えられるので注意が必要であろう。

2) 根切り工事上の問題点

切土法面勾配は、粘性土層を対象に考えると、表I-C-19の法高5~10m、一般粘性土の硬塑に区分されるため、1:1.25~1:1.50とすることが望ましい。同表は永久法面の勾配であり、工事は短期であるため、これ以上急勾配にすることも十分可能であるが、膨潤性も考慮しなければならない。

また、シルト層は軟かく、施工中の押し出しが考えられるため、防護が必要であり、砂質土も湧水に伴ない崩壊する可能性があり、同様に考えられる。

一方、礫と砂の互層は深度12.6~14.9mではは泥質分を含むため透水性が低い

が、これ以深は透水性が高く、唐河と連続している可能性も考えられ、工事中の湧水対策はかかせないであろう。

3) 掘削の土工

各層の土工上の分類は、先に述べた通りであり、掘削方法については表 I-C-14を参照されたい。

4) 今後の課題

今回の調査は、調査許可の問題から当初の3箇所ボーリング調査を取水口の1箇所とした。しかも、揚水機場計画地から100mも離れており、地層構成特に支持層の分布深度については、不十分な調査であり、実施に際しては再度、構造物上での調査が必要である。

第5章 二級揚水機場

5.1 地質

二級揚水機場の深度9.3mまでの地質状況は、ボーリング「石-2」によると表I-C-7の様になっている。また土質柱状図は図I-C-4に示すとおりである。

当地に分布する地層は深度方向に若干層相が異なるが、すべて第四紀上更新統洪積層である。

上部2.49mまでは、暗茶灰～灰色を示すシルト質粘土で、 $\phi 0.1\sim 0.2\text{cm}$ のカルシウム結核からなる砂を少量含み、また所々に少量の鉄マンガンの小斑が点在する。全体に含水量が少なく非常に硬い。

深度2.49～8.50mは、カルシウム結核からなる礫を含むシルト質粘土である。カルシウム結核は最大径9cm、全般に0.2～5cm程度の垂角～生姜の根状を呈し硬質である。シルト質粘土の部分は淡灰黄色を示し、上部と同様に含水量が少なく非常に硬い。また鉄マンガンの結核($\phi 0.2\text{cm}$)及び小黑斑が点在する。本層には本来カルシウム結核は含まないが3級台地に近接しており、二次堆積物として混入したものと考えられる。

深さ8.50～9.25mは、カルシウム結核が少なくなる他は深さ2.49～8.50mと同様の層相を示す。

5.2 土質工学的特性

(1) N値

礫分の少ない所では $N=25$ 、礫分の多い深さ2.49～8.50mでは $N=35\sim 36$ を示す。なお、一部で $N=50$ 以上を示すが、これは礫の影響と考えられる。

(2) 物理特性

物理試験は5試料について実施した。この結果は、表I-C-8及び図I-C-5に示したとおりである。

カルシウム結核を除いた粒度分布は、シルト分(0.05～0.1mm)が39～69%と主体を占め、粘土分が22～34%、また砂分(0.1～2mm)は一部で27%(深度4.37～4.88m)とやや多いがほとんどが6.7～12.2%程度である。

自然含水比は $W=21\sim 29\%$ と粘性土の中では低い値を示し、液性限界は $W_L=40.2\sim 51.0\%$ 、塑性限界は $W_P=21.9\sim 26.1\%$ であるため塑性指数は $I_P=18.3\sim 24.9$ となる。

比重は $G_S=2.71\sim 2.75$ で一般的な値である。湿潤密度は $\rho_t=2.04\sim 2.06\text{t/m}^3$ と含水比が低いことからわかる様に大きな値を示し、間隙比は $e=0.586\sim 0.658$ と小さい値を示す。

飽和度は $S_r=96\sim 97\%$ を示した。

(3) 膨張及び収縮性

膨張及び収縮試験は、2試料に対して実施した。この結果は表I-C-10及び図I-C-5に示すとおりである。

自由膨張率は $F_S=72\sim 90\%$ と高い膨張性を示し、また膨張力も $P_P=1.21\sim 1.86\text{kg/cm}^2$ と高い値を示す。膨張量は無荷重で $V_H=4.97\sim 29.49\%$ を示すが 0.5kg/cm^2 荷重においては $V_{HP}=0.815\%$ と少ない。

収縮性は体縮が $e_s=19.7\%$ 、線縮率が $e_{sl}=3.53\sim 6.5\%$ また収縮係数が $C_{sl}=0.283\sim 0.501$ となり、収縮性が比較的少ないことを示す。

以上の様に、膨潤土としては収縮性が少なく膨張性が大きな土質といえる。また、膨張性の特徴は、無荷重状態では大きな膨張を示し、 0.5kg/cm^2 と小さな荷重でも加わると膨張量は急激に減ずることである。

5.3 土木地質的判断

(1) 土質分類と土質定数

1) 土質試験に基づく分類

先に述べた土質試験結果に基づき土質分類を行う。

分類法は、日本統一土質分類と中国水利電力部の分類及び膨潤土の分類の3種類に基づいて行う。

① 日本統一土質分類

洪積層はシルト質粘土あるいは礫混りシルト質粘土であるため、塑性図によって分類できる。

試験結果を塑性図に示すと図I-C-6のとおりであり、「CL~CH」に分類され、またカルシウム結核を含む所では「CHg」に分類される。

② 中国水利電力部による区分

中国水利電力部における土質分類は、表I-C-11に示すとおりであり、やはり塑性図によって分類できる。塑性図から判断すると「CI~CH」に分類される。

③ 膨潤土の分類

膨潤土の分類及び等級を区分する。

分類は、分布地形、地質及び物理特性によって行う表I-C-12を用いた。

本層は、台地に分布する洪積層であり、 $W=21\sim 29\%$ 、 $e=0.586\sim 0.658$ 、 $W_L=40.2\sim 51.0\%$ 、 $I_p=18.3\sim 24.9$ であるから「二類」に分類される。

また膨潤性の等級は、「湖北膨張土科研小組」作成の表I-C-13によって行った。

類型は二級であり、 $F_S=72\sim 90$ 、 $P_p=1.21\sim 1.86\text{kg/cm}^2$ であるから、分級は低、中等、強の内、「強~中等」に区分される。したがって、建築物の破損に注意が必要であると考えられる。

2) 土工上の分類

土工上の土質分類を行う。

分類法は中国水利電力部の「水電工程概算指標」に基づく表I-C-14を用いて行う。

湿潤密度は $\gamma_t=2.0\text{t/m}^3$ を示し、非常に硬い洪積層であるため、土質級別では「IV」に分類される。

3) 土質定数

標準貫入試験、室内土質試験及び試料の肉眼観察により、各層の土質定数を表I-C-15の様に設定した。

(2) 支持力

調査地の洪積層は非常に硬く、揚水機場を直接基礎で支持することも難しくないと考えられる。したがって、直接基礎とした場合の許容支持力を試算した。

許容支持力を求める方法は種々あるが、膨潤土であるため、表I-C-17を用いた。

この表から判断すると膨潤土の判別は二類に属し、地盤の許容支持力は次のように求まり、 $[R]=28\sim30\text{t/m}^2$ である。

深度(m)	膨潤土類別	W/W_L	e	許容支持力[R] (t/m^2)
1.73~2.54	二類	0.522	0.586	30
6.64~7.54	二類	0.451	0.658	28

(3) 設計上の留意点

① 膨潤土(膨張土)

当地の膨潤土は、他の揚水機場計画に比べて最も膨潤性が顕著で分級でも「強~中等」に区分される。しかし、有荷重時の膨張量が少ないこと、揚水機場の基礎は地下水位(11月20日時点1.25m)よりかなり深くなるため施工後の問題はないであろう。問題は施工時の膨張をどう避けるか、また付帯構造物の基礎への影響である。

② 根切り工事

切土法面勾配は、膨潤土でなければ表I-C-12が参考となる。同図によると洪積層は老粘性土の堅硬に区分され、法高5~10mとすれば法勾配は1:0.5~1:0.75となる。しかし、踏査の結果当地区内で法高5m、法勾配1:1の法面が法尻付近で崩壊がみられる。本工事でも長期を要するため雨等によって膨潤することも考えられるため、法勾配は1:1.25~1:1.50程度とすることが望ましい。

③ 掘削の土工

掘削の土工上の分類は先に述べたとおりであり、掘削方法は表I-C-14を参照されたい。

第6章 三級揚水機場

6.1 地質

三級揚水機場付近の深度16.4mまでの地質状況は、ボーリング「石-3」によると表I-C-7の様になっている。また土質柱状図は図I-C-4に示すとおりである。

当地に分布する地層は、深度方向に若干層相が異なるが、すべて第四紀中更新統洪積層である。

層相は主にカルシウム礫の多少によって変わり、上部1.2mまでは暗茶黄色を示すシルト質粘土であり、少量のカルシウム結核($\phi 1\text{cm}$)、鉄マンガンの小黑斑($\phi 0.2\text{cm}$)が点在する。全体に含水量が少なく硬い。

深さ1.2~5.1mはカルシウム質結核をやや多く含むシルト質粘土からなる。カルシウム結核は最大8.5cm、全般に0.5~1.0cmの生姜の根状を呈し、乳灰色を示し硬質である。特に深さ4.0~5.1mに多く分布する。また $\phi 0.2\sim 0.3\text{cm}$ の鉄マンガン結核を含み、特に4.0~5.1mに多く見られる。本層全体で見ると含水量が少なく硬い。

深さ5.1~16.4mは淡黄灰、赤褐色(一部灰色)を示すシルト質粘土からなる。カルシウム結核は上部に比べ少なくなり、 $\phi 0.5\text{cm}$ 程度のものを少量含む。また鉄マンガン結核を同様に含む。7.1m付近には所々に $\text{dip}30^\circ$ 程度の鏡肌が見られる。全体に含水量が少なく非常に硬い。

6.2 土質工学的特性

(1) N値

N値は $N=29$ 、 47 、 51 と下の方向に序々に増加する。これは上部がやや風化を受けているためであろう。

(2) 物理特性

物理試験は5試料について実施した。この結果は表I-C-8及び図I-C-5に示したとおりである。

粒度分析はカルシウム礫を除いてシルト分($0.1\sim 0.005\text{mm}$)が48~56%、粘土分が29~40%でほとんどを占め、砂分は7~20%と少ない。

自然含水比は、 $W=21\sim 28\%$ と粘性土としては低い値を示し、液性限界は $W_L=40.8\sim 52.6\%$ 、塑性限界は $W_P=22.3\sim 26.3\%$ を示すため塑性指数は $I_P=18.5\sim 26.3$ となった。

比重は $G_S=2.71\sim 2.75$ で一般的な値である。湿潤密度は $\rho_t=1.95\sim 2.04t/m^3$ と含水比が低いことからわかる様に大きな値を示し、間隙比は $e=0.658\sim 0.779$ と小さい値を示す。

飽和度は $S_r=96\sim 97\%$ を示した。

(3) 強度特性

強度試験は、直接せん断試験を非圧密非排水条件で1試料に対して実施した。

粘着力は $C=0.22kg/cm^2$ 、せん断抵抗角は $\phi=23^\circ$ となった。

他の土質特性との関係は、図I-C-5土性図に示したとおりであり、N値が $N=51$ を示すのに対しかなり低い強度を示した。これは、本層が膨潤土であり、しかも鏡肌を示す潜在的なクラックをもつため、原地盤に位置している時に比べ低い値となっている可能性が高い。

(4) 膨張及び収縮性

膨張及び収縮試験は、2試料に対して実施した。この結果は表I-C-10及び図I-C-5に示すとおりである。

自由膨張率は $F_S=60\sim 70\%$ とやや高い膨張性を示し、また膨張力は $P_P=0.35\sim 0.67kg/cm^2$ とバラツキを示す。膨張量は無荷重で $V_H=8.09\%$ を示すが、 $0.5kg/cm^2$ 荷重下においては $V_{HP}=0.039\sim 0.181\%$ と非常に少ない。

収縮性は、体縮が $e_s=14.5\%$ 、線縮率が $e_{sl}=2.60\sim 6.48\%$ 、また収縮係数が $C_{sl}=0.363\sim 0.538$ となり、収縮性が比較的少ないことを示す。

以上の様に、本層は膨潤土としては収縮が少なく、膨張性が大きい土質といえる。また膨張性の特徴は、無荷重状態では大きな膨張を示し、 $0.5kg/cm^2$ と小さな荷重でも加わると膨張量は急激に減ることである。

6.3 土木地質的判断

(1) 土質分類と土質定数

1) 土質試験に基づく分類

先に述べた土質試験結果に基づき土質分類を行う。

分類は日本統一土質分類と、中国水利電力部の分類及び膨潤土の分類の3種類に基づいて行う。

① 日本統一土質分類

洪積層は、シルト質粘土あるいは礫混りシルト質粘土であるため、塑性図によって分類できる。

試験結果を塑性図に示すと図I-C-6のとおりであり、「CL~CH」に分類され、またカルシウム結核を含む所では「CHg」に分類される。

② 中国水利電力部による区分

中国水利電力部における土質分類は、表I-C-11に示すとおりであり、やはり塑性図によって分類でき、塑性図から判断すると「CI~CH」に分類される。

③ 膨潤土の分類

膨潤土の分類及び等級を区分する。

分類は、分布地形、地質及び物理特性によって行う表I-C-12を用いた。

本層は、台地に分布する洪積層であり、 $W=21\sim 28\%$ 、 $e=0.658\sim 0.779$ 、 $W_L=40.8\sim 52.6\%$ 、 $I_p=18.5\sim 26.3$ であるから「二類」に分類される。

また、膨潤性の等級は、「湖北膨張土科研小組」作成の表I-C-13によって行った。

類型は二類であり、 $F_g=60\sim 70$ 、 $P_p=0.35\sim 0.67\text{kg/cm}^2$ であるから、分級は低、中等、強の内、「中等~強」に区分される。

2) 土工上の分類

土工上の土質分類を行う。

分類法は、中国水利電力部の「水電工程概算指標」に基づく表I-C-14を用いて行う。

湿潤密度は $\gamma_t=2.0\text{t/m}^3$ を示し非常に硬い洪積層であるため、土質級別では「Ⅳ」に分類される。

3) 土質定数

標準貫入試験、室内土質試験及び試料の肉眼観察により、各層の土質定数を表I-C-15の様に設定した。

(2) 支持力

調査地の洪積層は非常に硬く、揚水機場を直接基礎で支持することも難しくないと考えられる。したがって、直接基礎とした場合の許容支持力を試算した。

許容支持力を求める方法は種々あるが、本層は膨潤土であるため、表I-C-17を用いた。

この表から判断すると膨潤は二類に属し、地盤の許容支持力は次のように求まり、 $[R]=25\sim28\text{t/m}^2$ となる。

深度(m)	膨潤土類別	W/W _L	e	許容支持力[R] (t/m ²)
1.95~2.78	二類	0.437	0.658	28
14.34~15.88	二類	0.686	0.779	25

(3) 設計上の留意点

① 膨潤土

洪積層の膨潤性の程度は「中等～強」に区分される。揚水機場の基礎は地下水位(11月22日時点1.33m)よりかなり深くなるため、施工後の問題はないであろう。しかし、施工時に膨潤すると、強度低下を生じると共に後の基礎変形に結びつくので注意する必要がある。

② 根切り工事及び掘削の土工

二級揚水機場と同様である。

③ 今後の問題

本調査は、三級揚水機場の直上で行っていない。したがって実施に際しては、再度ボーリング調査を行う必要がある。

第7章 その他

唐河の水文資料とするため、図I-C-7に示すように一級揚水機場の下流より採取した河床砂の粒度分析及び比重試験を実施した。この結果は表I-C-20に示す。

試験は5試料を対象として実施した。

比重は $G_s=2.62\sim 2.63$ と一般的な値を示した。

粒度分布は図I-C-8のとおりであり、1試料を除き砂分が65~96%を占め、礫分が3~35%、細粒分は0~2%とほとんど含まない。

引用文献

- 1) 中華人民共和国水利電力部、土工試驗規程 上冊、1980年
- 2) “ ”、土工試驗規程 下冊、1981年12月
- 3) “ ”、水電工程概算指標 第1冊 建築工程、1975年12月
- 4) 工程地質手冊編寫組、工程地質手冊、1982年9月
- 5) 楊文遠他、工程地質学、1984年10月
- 6) 華東水利学院、水工設計手冊、第2卷、1984年2月

表 I - C - 1 調査項目と調査内容

地区	調査項目	調査内容	得られる資料
石 台 寺 地 区 全 体	地形・地質概要	① 地表踏査 ② 既存資料の収集 ③ 機械ボーリング	地質図 他
	支持地盤の分布	① 機械ボーリング ② 既存資料の収集 ③ 聞き取り調査	許容支持力 他
	切土及び盛土法面の安定 (水路等)	① 地表踏査 ② 聞き取り調査 ③ 既存資料の収集	安定法面勾配 法面保護工
	膨潤土の分布と被害状況	① 地表踏査 ② 聞き取り調査 ③ 既存資料の収集 ④ 室内土質試験	分布、膨潤の程度、被害と対 策
各 揚 水 機 場	地質構成	① 機械ボーリング	柱状図
	各層の土質特性及び土質 定数	① 標準貫入試験 ② 不攪乱試料採取 ③ 室内土質試験	N値、物理特性、強度特性、膨 張。収縮特性、土質分類
	支持力	① 標準貫入試験 ② 室内土質試験 ③ 既存資料の収集	許容支持力
	その他	——	設計上の留意点 (掘削の難易等)
唐河	河床砂の粒径	① 室内土質試験	粒度分布

表 I - C - 2 現地調査数量一覧表

ボーリングNo.	掘削延長 (m)	標準貫入試験 (回)	不攪乱試料採取 (試料)	揚水機場名
石 - 1	62.2	7	2	一級
石 - 2	9.3	4	2	二級
石 - 3	16.4	3	2	三級
合 計	87.9	14	6	——

表 I - C - 3 室内土質試験数量一覧表

試験項目	規格	数量 (試料)		
		不攪乱	攪乱	合計
比重	土-005-78	6	10	21
	JIS A 1202	0	5	
含水量	土-003-78	6	10	16
粒度	土-006-78	6	10	21
	JIS A 1204	0	5	
液性限界	土-007a-78	6	—	6
塑性限界	土-0079-78	6	—	6
直接せん断	土-019-79	3	—	3
自由膨張率	土-037-79	5	—	5
無荷載膨張量	土-038-79	4	—	4
有荷載膨張量	土-039-79	4	—	4
膨張力	土-040-79	5	—	5
収縮	土-042-79	5	—	5

表 I - C - 5 各台地における許容支持力の目安

台地名	地層名		分布標高 (m)	層厚 (m)	許容支持力 (t/m ²)
1級台地	沖積層	粘性土層	72.4 ~ 80.3	7.9	26~29
		シルト層	71.0 ~ 72.4	1.4	≒10
		砂質土層	67.7 ~ 71.0	3.3	24~34
		礫・砂互層	62.2 ~ 67.7	5.5	22~44 (下部ほど大)
2級台地	上更新統洪積層		86.9 ~ 96.2	9.3	28~30
3級台地	中更新統洪積層		110.3 ~ 126.7	16.4	25~28

条件：基礎幅3m以下、根入れ深さ0.5~1.5m

表 I - C - 4 日中土質試験法の相違点

試験項目	内容	日本工業規格	中国水利電力部土工試験規程	
比重	指定温度	15°C	20°C	
含水比	炉乾燥温度	110°C	100~105°C	
粒度分析	フルイと比重浮ひよ う試験の区分粒径	74 μ	1mm	
	フルイの規定	50.0、38.1、25.4、 19.1、9.52、4.76、 2.00、0.84、0.42、 0.25、0.105及び0.074mm	100.0、80.0、60.0、40.0、 20.0、10.0、5.0、2.0、1.0、 0.5、0.25及び0.1mm、内 100.0~2.0mmまでは円孔	
	フルイ分け時間	1分間ふるっても通過分 が残留分の1%を越えな くなるまで。	一般的に10~15分	
	比重浮ひ ょう	懸濁液の攪拌	振とう1分間	攪拌棒上下30回 1分間
	記録時間	1、2、5、15、30、60、 240及び1440分	1、5、30、120、及び1440分	
液性限界	試験方法	サラ落下法	コーン法 コーンはフリ子付で先端角は 30°、重さ76g。 落下高10m、落下後15秒後の 貫入深さ	
一軸圧縮	圧縮速度	毎分1%の圧縮ヒズミが 生ずる割合	毎分1~3%	
一面セン断	試験器	種々あり	日本の在来型とはほぼ同様。セ ン断箱は完全自由拘束の下箱 移動型。	

表 I-C-5(1/4) 法面調査結果一覧表(盛土)

区分	名称	法形状	法面保護	地質状況	崩壊及び補修の有無
水路	大崎一級 揚水機場	<p>水路</p>	外側 内側 送水管近く ついで 一般部 植生工 コンクリート張り コンクリート ブロック張り 植生工	第四紀中更新統洪積層の膨潤性粘土からなる盛土。 含水比が低い状況ではかたいが、(乾燥時収縮し、亀甲状亀裂発生)、水を含まると、急速に膨潤し崩れる。	外側は、長大法面となるが大きな崩れは見られない。 内側は、コンクリート張り部を除き崩れが見られる。コンクリートブロック部は、清水時に膨潤し、崩れた裏込め側の盛土材が流れ出し、ブロックが破損したものと考えられる。植生工部は膨潤と共に崩れて、えぐられつつある。
ダム	黒澤河水庫		水面側 下流側 上部は植生工 下部はリップラップ 植生工	第四紀上更新統洪積層の粘土からなる盛土。 膨潤性は低いと考えられる。	堤体には、崩壊及び補修歴はない。 しかし、後背側には、中更新統沖積層が分布し、水ざわでの崩壊が生じている。 また、取水口の水路には崩壊が見られ、コンクリートブロック張りの崩れ、水路斜面の侵食がある。
ダム	西郊水庫		水面側 下流側 上部は植生工 下部はリップラップ 植生工	第四紀中更新統洪積層の粘性土からなる盛土。	なし。
ダム	劉橋水庫		水面側 下流側 上部は植生工 下部はリップラップ 植生	同上	なし。

表 I-C-6(2/4) 法面調査結果一覧表(盛土)

区分	名称	法形状	法面保護	地質状況	崩壊及び補修の有無
ダム	羅橋ダム		水面側 上部は植生工 下部はリップラップ 植生工 下流側	第四紀中更新統洪積層の粘性土からなる盛土。	なし。
水路	大尚坂第二揚水機場		外側 内側 送水管近く ついで 一般部 植生工 石張り コンクリート ブロック張り 植生工	第四紀中更新統洪積層の粘性土からなる盛土。	内側石張り及びブロック張り部クラック発生及び一部はく離。一般部は水面近くが侵食されている。
ダム	小黄河ダム		水面側 下部はリップラップ 植生工 下流側	第四紀中更新統洪積層の粘性土からなる盛土。	一部石張りをした所は、目地が割れている。
水路	羅橋ダムからの水路(羅崗付近)		植生工	第四紀上更新統洪積層の粘性土からなる盛土。	水面側の崩壊、侵食が著しい。
ダム	周橋ダム		水面側 上部は植生工 下部はリップラップ 植生工 下流側	第四紀中更新統洪積層の粘性土からなる盛土。	なし。

表 I - C - 6(3/4) 法面調査結果一覽表(切土)

区分	名称	法形状	法面保護	地質状況	崩壊及び補修の有無
ポンプ場	大筒坂一級揚水機場		<p>下部 コングリートブロック張り</p> <p>上部 植生工</p>	<p>第四紀中更新統洪積層。黄褐色、茶褐色、淡灰色を示す膨潤性の粘土からなる。含水比が低い状況では、かたいが、水を含むと淡灰色を示すもの以外は急速に膨潤し、崩れる。また淡灰色を示すものは著しい膨潤性を示さないもの、表面が非常に軟らかくなり原地盤においては亀裂が多く、亀裂内への雨水浸入に伴ない見かけの内部摩擦角が低下し、全体の強度が低下する地質である。</p>	<p>崩壊の法面の勾配が裏陽に比べてゆるいが、これは、崩れが生じたために、ゆるくしたものである。土質は淡灰色の粘土であり、雨水浸入による強度低下が原因と思われる。送水管以外の法面の補修は、ブロック張りの張りかえ(膨潤性の位置的変化によること)及び湧水による法尻ブロック部の補修である。</p>
水路	劉橋ダム下流水路		植生工	第四紀中更新統洪積層の暗茶褐色粘性土からなる。	水面付近が金枝に崩れている。
水路	劉橋ダムと羅橋ダムの連絡水路		植生工	第四紀中更新統洪積層の茶と淡灰色の粘性土。低膨潤性	水面付近に馬蹄形状小すべりが発生している。またやや下流では雨裂も見られる。
			なし	第四紀中更新統洪積層。上部3~5mは茶と灰斑状の粘性土でカルシウム結核を含む。これに深赤褐色粘性土で膨潤性がある。	赤褐色粘性土が膨潤性であるため、また1:1と急勾配で切土しているため、ほとんどの法面で馬蹄形の小すべりが発生している。

表1-C-6(4/4) 法面調査結果一覧表(切土)

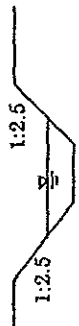

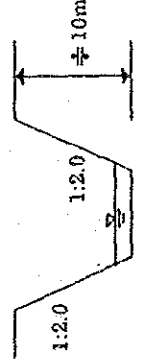
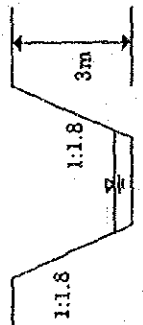
区分	名称	法形状	法面保護	地質状況	膨壊及び補修の有無
水路	大岡塚第二揚水機場		植生工	第四紀中更新統洪積層の粘性土。	水面近くが侵食されている。
水路	小菅河からの水路 (余圧-太平洋との交差部)		なし	第四紀中更新統洪積層。上部4.0mは灰黄色の膨潤性粘土。 下部1.0mはカルシウム質結核を含む。	改修したばかりであるが、保護工がなく、雨裂が生じている。
水路	小菅河ダムからの水路 (余圧吐付近)		植生工	第四紀中更新統洪積層の粘性土。 膨潤性あり。	著しい崩れはないが、表層脱落あり。 下流部の流れやや多い。
水路	岡崎ダムからの水路 (放水口付近)		植生工	第四紀中更新統洪積層。 カルシウム結核(φ1~5cm)を含む淡黄灰色のシルト質粘土。膨潤性あり。	水面付近小嵩蹄型の湧りが多く発生している。

表 I-C-7 地質構成

一級揚水機場の地質構成

記号	N値			深度 (m)	標高 (m)	層厚 (m)	土質	地層区分
	10	20	30 40					
				3.0		3.0	粘土質シルト	粘性土層
				7.0		4.0	シルト質粘土	
				7.9	72.4	0.9	シルト質粘土	
				9.3	71.0	1.4	粘土質シルト	シルト層
				12.6	67.7	3.3	中～粗砂	砂質土層
				13.7	66.6	1.1	泥質炭	
				14.9	65.4	1.2	粘土質シルト と砂の互層	礫・砂互層
				16.6	63.7	1.7	粗砂	
				17.3	62.9	0.9	砂礫	
				18.1	62.2	0.6	中細砂	

二級揚水機場の地質構成

記号	N値			深度 (m)	標高 (m)	層厚 (m)	土質	地層区分
	10	20	30 40					
				2.5	93.6	2.5	シルト質粘土	洪積層
				8.5	87.6	6.0	礫混り粘土	
				9.3	86.9	0.8	シルト質粘土	

三級揚水機場の地質構成

記号	N値			深度 (m)	標高 (m)	層厚 (m)	土質	地層区分
	10	20	30 40					
				0.4	128.7	0.4	表土	洪積層
				1.2	125.4	0.8	シルト質粘土	
				5.1	121.5	3.9	礫混り粘土	
				16.4	110.3	11.3	シルト質粘土	

表 I-C-8 各揚水機場の物理特性一覽表

台地 区分	地層名	粒度分布 (%)						自然含水 比 W (%)	液性限界 W _L (%)	塑性限界 W _P (%)	塑性指数 Ip	比重 G _s	湿潤密度 ρ _t (t/m ³)	間隙比 e	飽和度 Sr (%)
		<0.002mm	粘土 0.005~ 0.002mm	シルト 0.05~ 0.005mm			礫 2~20mm								
				微細 0.1~0.05mm	砂 0.1~0.05mm	粗~粗 2~0.1mm									
1級	沖積層 (粘性土層)	18	9	62	7	4	0	25	40.0	22.8	17.2	2.72	1.99	0.709	96
	沖積層 (シルト層)	18	11	61	5	5	0	35	36.7	23.6	13.1	2.70	1.89	0.929	100
	沖積層 (砂・礫互層)	0	0~9	0~18	5~7	42~89	6~48	16~21	—	—	—	2.57 ~2.63	—	—	—
2級	上更新統 洪積層	0~19	10~34	33~59	5~7	9~27	0	21~29	40.2 ~51.0	21.9 ~26.1	18.3 ~24.9	2.71 ~2.75	2.04 ~2.06	0.586 ~0.658	96~97
	中更新統 洪積層	0~21	10~40	40~60	7~8	5~10 (一部20)	0	21~28	40.8 ~52.6	22.3 ~26.3	18.5 ~26.3	2.71 ~2.75	1.95 ~2.04	0.658 ~0.779	96~97

表 I - C - 9 膨張、収縮試験の原理と用語の説明

試験項目	原理と用語の説明
自由膨張率試験 (土-037-79)	土の自由膨張とは乾燥し粉末化した土が水中で体積増大する現象を指す。自由膨張率は人工的に調整し準備した炉乾燥土 10ml を蒸留水中に浸し膨張した後増えた体積と元の体積の比を百分率で表示したものである。
無荷載膨張量試験 (土-038-79)	本試験は測定試料を鉛直方向無荷重、側方ヒズミ拘束条件で水に浸した後の鉛直方向膨張を見る試験。元の高さに対する変形量の比率を膨張量といい百分率で表す。
有荷載膨張量試験 (土-039-79)	被覆圧力あるいはある特定の荷重条件を模造するため、実際の荷重の大小に基づき、鉛直方向有荷重、側方ヒズミ拘束条件で、膨張量試験を行う。膨張量及び自然間隙比と膨張後の増加間隙比の比率で膨張率を表す。 本調査の荷重は 0.5kg/cm ² とした。
膨張力試験 (土-040-79)	膨張力とは土体が吸水し膨張する時に発生する内部応力である。本試験は試料が体積不変時における膨張により発生した最大内部応力を測定し、膨張力として表す。
原状土収縮試験 (土-042-79)	原状土の乾燥に伴う収縮の過程は通常3段階に区分され、①収縮ヒズミが含水量と逆比例関係で増大する段階、②関係がくずれ含水量に対し収縮ヒズミが序々に小さくなる段階、③含水量が減少しても収縮変形が生じないか微量となる段階、がある。 ②と③段階の限界含水量を収縮含水量といい、水平あるいは垂直方向の収縮量を元試料厚の比を線縮率という。また体積比でこれを表わすと体縮という。①段階における含水比と収縮ヒズミ(線縮率)曲線の勾配を収縮係数という。 試験は試料を空気中に放置し、その水平、垂直収縮及び含水量を測定する。

出典：2)

表 I - C - 10 膨張及び収縮特性一覧表

地形区分	1級台地の局部	2級台地	3級台地
機 場 名	一級揚水機場	二級揚水機場	三級揚水機場
地 層 名	沖積層 (粘性土層)	上更新統洪積層	中更新統洪積層
液性限界 W_L (%)	40.0	40.2~51.0	40.8~52.6
塑性指数 I_p	17.2	18.2~24.9	22.3~26.3
自由膨張率 F_S (%)	50	72~90	60~70
膨 張 力 P_p (kg/cm ²)	0.03	1.21~1.86	0.35~0.67
無載荷膨張量 V_H (%)	2.37	4.97~29.49	8.09
0.5kg/cm ² 載荷膨張量 V_{HP} (%)	0.040	0.815	0.039~0.181
体 縮 e_s (%)	11.6	19.9	14.5
線 縮 率 e_{sl} (%)	3.0	3.53~6.51	2.60~6.48
収縮係数 C_{sl}	0.443	0.283~0.501	0.363~0.538
縮 限 W'_s (%)	16.6	9.99~12.5	13.9~18.0
膨潤土の分類	二類	二類	二類
膨潤土の等級	低	強~中	中~強

表 I - C - 12

膨潤土の土地質的分類

类别	地貌	地层	岩性	矿物成分	物理指标				分布的典型地区
					w	e	w _L	I _p	
一类	分布在盆地的边缘与丘陵地	晚第三纪至第四纪湖相沉积及第四纪风化层	以灰白、灰绿等杂色粘土为主(包括半成岩的岩石)裂隙特别发育,常有光滑面或擦痕	以蒙脱石为主	20~39	0.6~1.1	45~90	21~48	云南蒙自、鸡街,广西南明,河北邯郸,河南平顶山,湖北襄樊
二类	分布在河流的阶地	第四纪冲积、冲洪积、坡洪积层(包括少量冰水沉积)	以灰褐、褐黄、红、黄色粘土为主,裂隙很发育,有光滑面与擦痕	以伊利石为主	18~23	0.5~0.8	36~64	18~30	安徽合肥,四川成都,湖北枝江、郢县,山东临沂
三类	分布在岩溶地区准平原谷地	碳酸盐类岩石的残积、坡积及其洪积物	以红棕、棕黄色高塑性粘土为主,裂隙发育,有光滑面与擦痕		27~38	0.9~1.4	50~110	20~45	广西贵县、来宾武宣

注:矿物成分分析采用粘土颗粒粒径小于2 μ 的试样。

出典:4)

表 I - C - 13

膨潤土の等級区分

类型	划分标准	分 级			
		低 的	中 等 的	强 的	
一类和二类	判别指标	液限w _L (%)	40~43	43~57	>57
		自由膨胀率F _s (%)	40~50	50~60	>60
	参考判别方法	膨胀力P _p (公斤/厘米 ²)	0.20~0.35	0.35~0.65	>0.65
		建筑物损坏程度	轻微,少量中等	轻至中等,个别严重	中等至严重
		工程地质特征	河相堆积,竖向裂隙发育	河湖相堆积,竖向斜向裂隙发育	湖相沉积,斜交剪切裂隙发育,有浅层滑坡与地裂
三类	判别指标	液限w _L (%)	57~74	>74	浅层滑坡与地裂危害严重的房屋损坏严重
		自由膨胀率F _s (%)	24~33	>33	
		膨胀力P _p (公斤/厘米 ²)	0.05~0.35	>0.35	
	参考判别方法	建筑物损坏程度	轻微,少量中等	轻至中等,个别严重	
		工程地质特征	竖向裂隙发育	斜向斜交剪切裂隙发育,有浅层滑坡与地裂	

出典:4)

表 I-C-14 土工における土質分類

土质级别	土质名称	自然湿容重	外形特征	开挖方法
I	1. 沙土 2. 种植土	1650~1750 公斤/立方米	疏松粘着力差 或易透水略有粘性	用锹或略加脚踏开挖
II	1. 壤土 2. 淤泥 3. 含壤种植土	1750~1850 公斤/立方米	开挖时能成块 并易打碎	用锹需用脚踏开挖
III	1. 粘土 2. 干燥黄土 3. 干淤泥 4. 含少量砾石粘土	1800~1950 公斤/立方米	粘手看不见沙粒或干硬	用镐三齿开挖 或用锹需用力加脚踏开挖
IV	1. 坚硬粘土 2. 砾质粘土 3. 含卵石粘土	1900~2100 公斤/立方米	土壤结构坚硬 将土分裂后成块状或含粘粒、砾石较多	用镐三齿等工具开挖

II、水电工程土质分级对照表

土质名称	土壤分类 I	土壤分类 II	土壤分类 III	土壤分类 IV	备注
普通土	//////				包括沙土、二合土等
粘土		//////			
河土			//////		
干淤泥		//////			系黄河流域的淤泥
硬沙			//////		
沙砾				//////	

出典：3)

表 1 - C - 15 土質定数一覧表

台地 区分	掘場名	地層名	層厚(m)	土質分類		自然 含水比 W(%)	湿潤密度 ρ_t (t/m ³)	N値	粘着力 C _u (kg/cm ²)	せん断 抵抗角 ϕ (°)	自由膨張 率 F _s (%)	0.5kg/cm ² 載荷膨張 量V _{HP} (%)	膨張力 P _p (kg/cm ²)	線縮率 e _{sl} (%)	膨潤土の 分類	膨潤性の 程度
				日本統一 土質分類	中国(土・ 001-78)											
1級台地	一般揚水 機場	沖積層 (粘性土層)	7.9	CL	CI	25	2.0	*10	0.32	20	50	0.040	0.30	3.0	二類	低
		沖積層 (軟土層)	1.4	CL	CI	35	1.9	—	0.16	14	—	—	—	—	—	—
		沖積層 (砂質土層)	3.4	SPu	SP	—	*1.9	—	0	—	—	—	—	—	—	—
2級台地	二級揚水 機場	沖積層 (砂-礫互層)	5.5以上	SM SPu GW	SM SP GW	16~21	*2.0	24~57	0	*34~44	—	—	—	—	—	—
		上新統 洪積層	9.3以上	CL-CH	CI-CH	21~29	2.0	25~36	3級と 同程度	3級と 同程度	72~90	0.815	1.21 ~1.86	3.53 ~6.51	二類	強~中
3級台地	三級揚水 機場	中新統 洪積層	16.4以上	CL-CH	CI-CH	21~23	2.0	29~51	0.22以上	23以上	60~70	0.039 ~0.181	0.35 ~0.67	2.60 ~6.48	二類	中~強

* 推定値

表 I - C - 16 許容支持力の關係表

砂土許容承载力 [R] (吨/米²)

土の名称	密实度		
	稍密	中密	密实
细砂、中砂 (与密实度有关)	16~22	24~34	40
粗砂、粗砂土	12~16	16~22	30
		12~16	20

非粘性土許容承载力 [R] (吨/米²)

含水比 μ	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
容许承载力 [R]	70	58	50	43	38

注: ① 含水比 μ 为天然含水量 w 与界限 w_L 的比值;

② 本表仅适用于压缩量 $\epsilon_v > 150$ 公斤/厘米² 的砂土。

一般粘性土許容承载力 [R] (吨/米²)

孔隙比 e	液性指数 I_L								
	0	0.5	1.0	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.20
0.5	35	31	28	45	41	37	(34)		
0.6	30	26	23	38	34	31	28	25	
0.7	25	21	19	31	28	25	23	20	16
0.8	20	17	15	26	23	21	19	16	13
0.9	16	14	12	22	20	18	16	13	10
1.0		12	10	19	17	15	13	11	
1.1				15	13	11	10		

注: 右括号内供内服用。

沿海地区淤泥和淤泥质土許容承载力 [R] (吨/米²)

天然含水量 w (%)	35	40	45	50	55	65	75
容许承载力 [R]	10	9	8	7	6	5	4

注: ① 对于内陆淤泥和淤泥质土, 可参照使用;

② w 为原状土的天然含水量。

红粘土許容承载力 [R] (吨/米²)

含水比 μ	0.5	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00
容许承载力 [R]	35	30	26	23	21	19	17	16	13	11

注: 本表适用于广西、贵州、云南地区的红粘土。对于福建、成因类型、物理力学性质与相似的其他地区红粘土, 可参照使用。

粘性壤土容许承载力 [R] (吨/米²)

压缩指数 C_c (厘米/厘米)	70	50	40	30	20
容许承载力 [R]	15	13	11	8	6

注: 本表只适用于埋藏时间超过十年的粘土和亚粘土, 以及超过五年的粉质粘土。

新近沉积粘土的容许承载力 [R] (吨/米²)

孔隙比 e	液性指数 I_L				
	< 0.25	0.25	0.75	1.25	
< 0.8	14	12	12	10	
0.8	13	11	11	9	
1.0	12	10	10	8	
1.1	11	9	9		

根据标准贯入试验锤击数 $N_{60(5)}$, 按表 15-17 及表 15-18 确定容许承载力。

砂土容许承载力 [R] (吨/米²)

标准贯入试验锤击数 $N_{60(5)}$	10~15	15~30	30~50
容许承载力 [R]	14~18	18~24	24~30

老粘土和一般粘性土容许承载力 [R] (吨/米²)

标准贯入试验锤击数 $N_{60(5)}$	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
容许承载力 [R]	12	16	20	24	28	32	36	42	50	53	66

根据轻便触探试验锤击数 N_{10} , 按表 15-19 及表 15-20 确定容许承载力。

一般粘性土容许承载力 [R] (吨/米²)

轻便触探试验锤击数 N_{10}	15	20	25	30
容许承载力 [R]	10	14	18	22

粘性壤土容许承载力 [R] (吨/米²)

轻便触探试验锤击数 N_{10}	8	11	13	15
容许承载力 [R]	6 <td>8 <td>10 <td>12</td> </td></td>	8 <td>10 <td>12</td> </td>	10 <td>12</td>	12

条件: 基礎幅 3 m 以下、根入れ深さ 0.5~1.5 m

出典: 5)

表 I - C - 17 膨潤土の許容支持力関係表

膨潤土类别	w/w_L e	0.4~0.7		
		0.6	0.9	1.1
一 类		35	28	20
二 类		30	22	17
三 类		25	20	15

出典：4)

表 I - C - 18 中国におけるN値の深度補正

1. 当试验深度大于3米时, 实测贯入击数应按下式作钻杆长度校正:

$$N_{(63.5)} = \alpha N'_{(63.5)}$$

式中 $N'_{63.5}$ —— 实测的锤击数;

α —— 钻杆长度校正系数(表 14-16)。

钻杆长度(米)	≤3	6	9	12	15	18	21
校正系数 α	1.00	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70

出典：1)

表 I-C-19 一般的水路法面勾配

(水中)

渠道边 坡土质	渠道水深(米)和流量(米 ³ /秒)			备 注
	水深<1 流量<0.5	水深1~2 流量0.5~10	水深2~3 流量>10	
粘土、 重粘 壤土	1:1.00	1:1.00	1:1.25	1.本表适用于一般挖方小于5米深,填方高度小于3米的渠道; 2.当填方高度3~10米时,内坡采用1:3~1:3.5,外坡采用1:2~1:2.5
壤土	1:1.25	1:1.25	1:1.50	
砂壤土	1:1.50	1:1.50	1:1.75	
砂土	1:1.75	1:2.00	1:2.25	

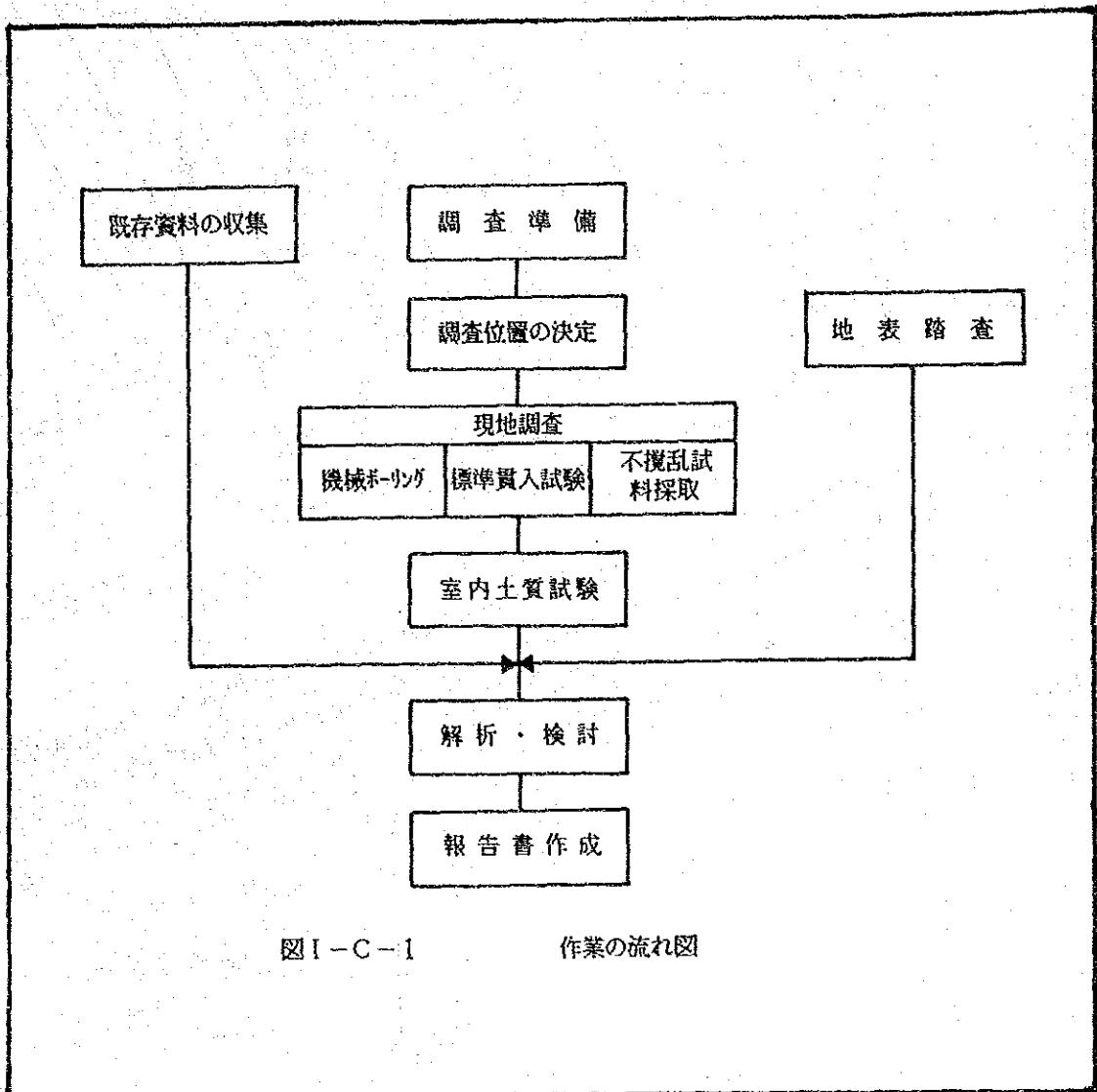
(水上)

土的类别	密实度或状态	边 坡 高 度 (米)		备 注
		<5	5~10	
碎石土	密 实	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75	1.本表中的碎石土,其充填物为坚硬或硬塑状态的粘性土; 2.砂土或碎石土的充填物为砂土时,其边坡容许坡度值按自然休止角确定
	中 密	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00	
	稍 密	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25	
老粘性土	坚 硬	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75	
	硬 塑	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00	
一般粘性土	坚 硬	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25	
	硬 塑	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50	

出典:6)

表 I-C-20 土質試験結果一覧表 (唐河河床砂)

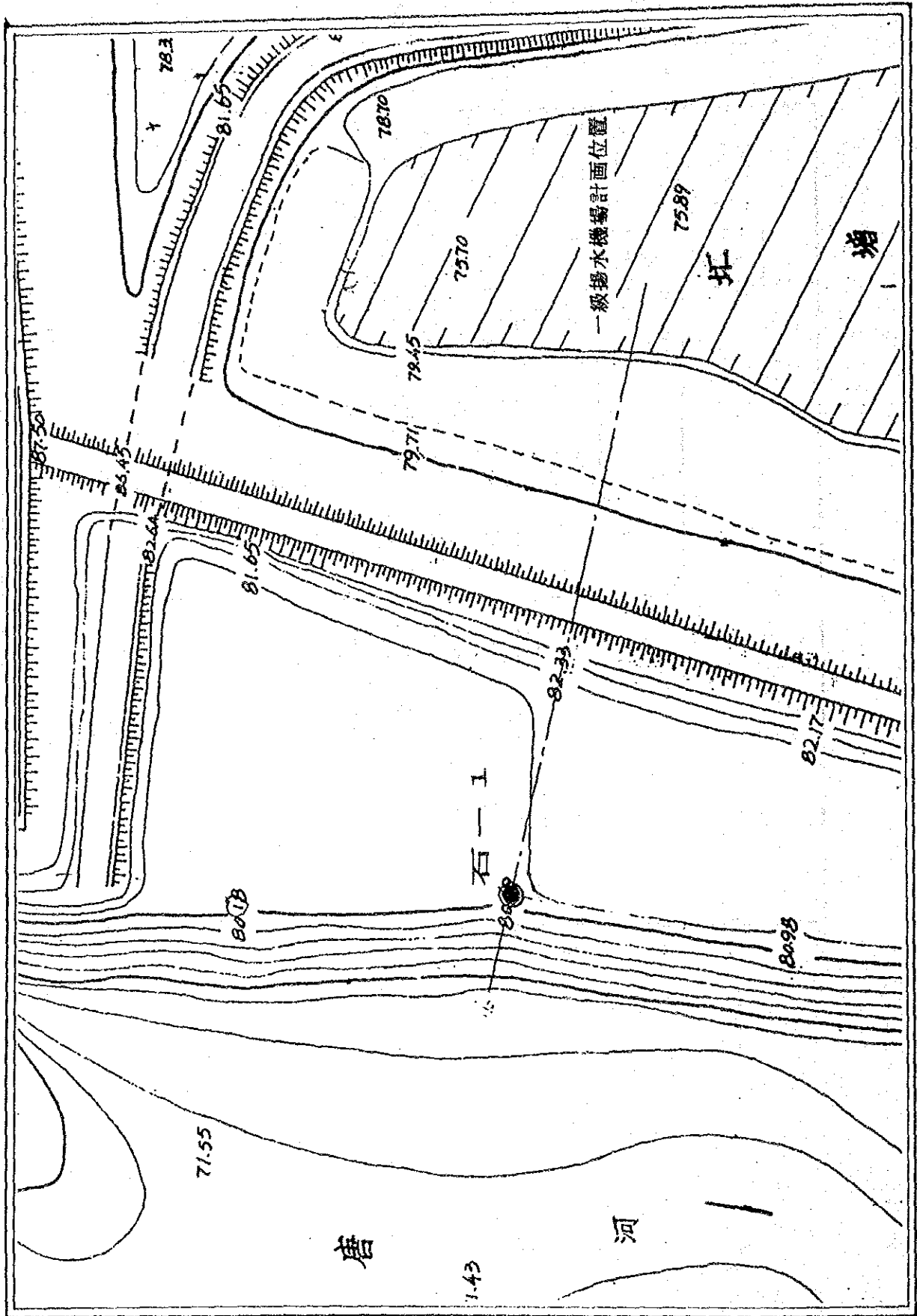
試料番号		表層	-0.3	表層岸	-0.3岸	-0.1岸
深 さ m		~	~	~	~	~
粒 度 特 性	礫分 (2000 μ m以上) %	3.0	28.0	47.0	29.0	35.0
	砂分 (74~2000 μ m) %	96.0	72.0	47.0	69.0	65.0
	シルト分 (5~74 μ m) %	} 1.0	} 0	} 6.0	} 2.0	} 0.3
	粘土分 (5 μ m以下) %					
	最大粒径 mm	4.76	9.52	9.52	9.52	9.52
	均等係数 U_c	2.05	4.06	8.3	2.8	2.85
	曲率係数 U_c'	1.04	0.81	0.9	0.95	0.92
土粒子の比重 G_s		2.62	2.62	2.62	2.63	2.62



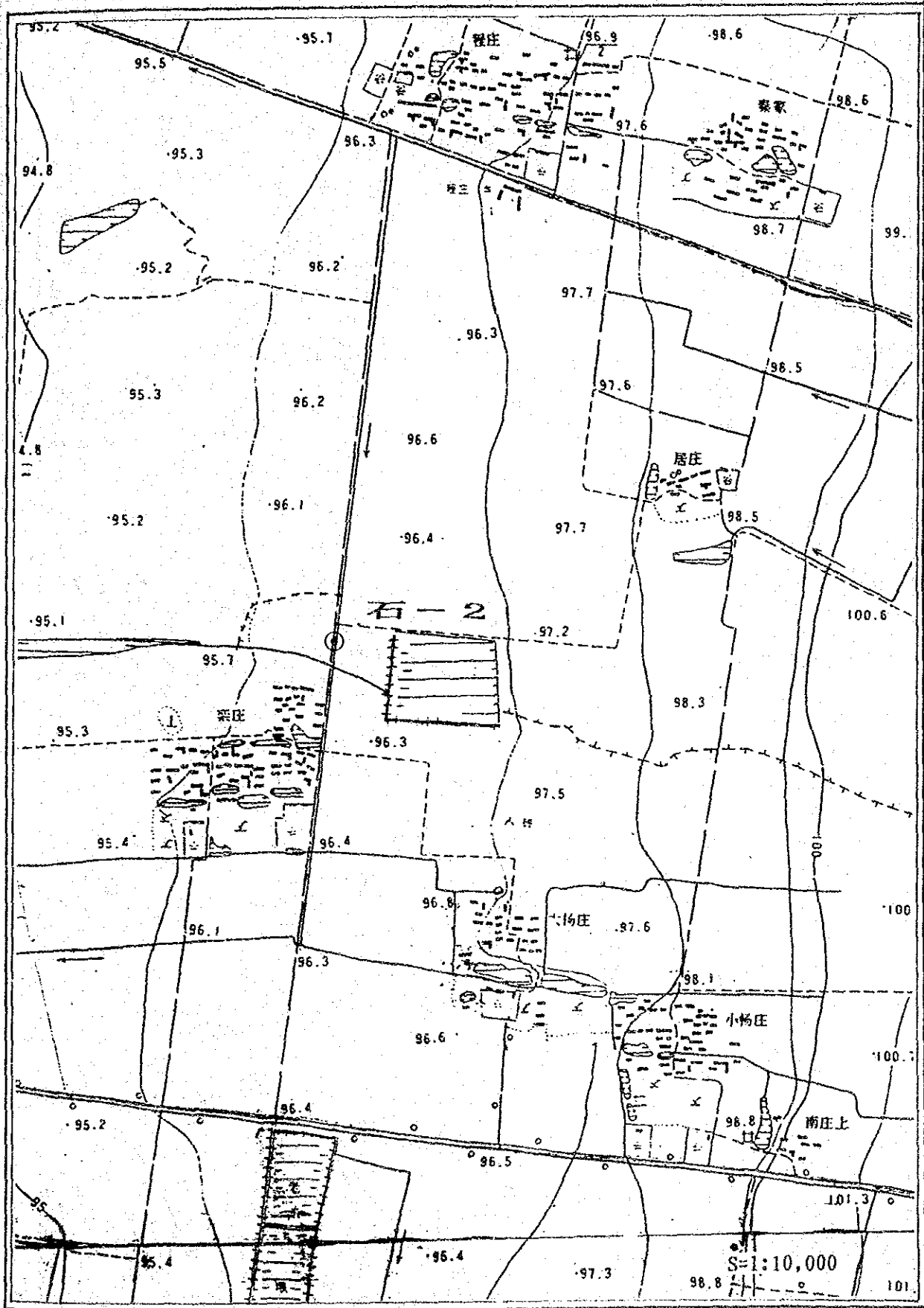
図I-C-1

作業の流れ図

図 I-C-2 ボーリング調査位置図 (1)
(一級揚水機場)



ボーリング調査位置図 (2)
(二級揚水機場)



ボーリング調査位置図 (3)
(二級揚水機場)

