卵石土的勘察

中国建筑西南勘察设计研究院　　赵跃平

1. 成都平原卵石土的特点

1.1 分布情况

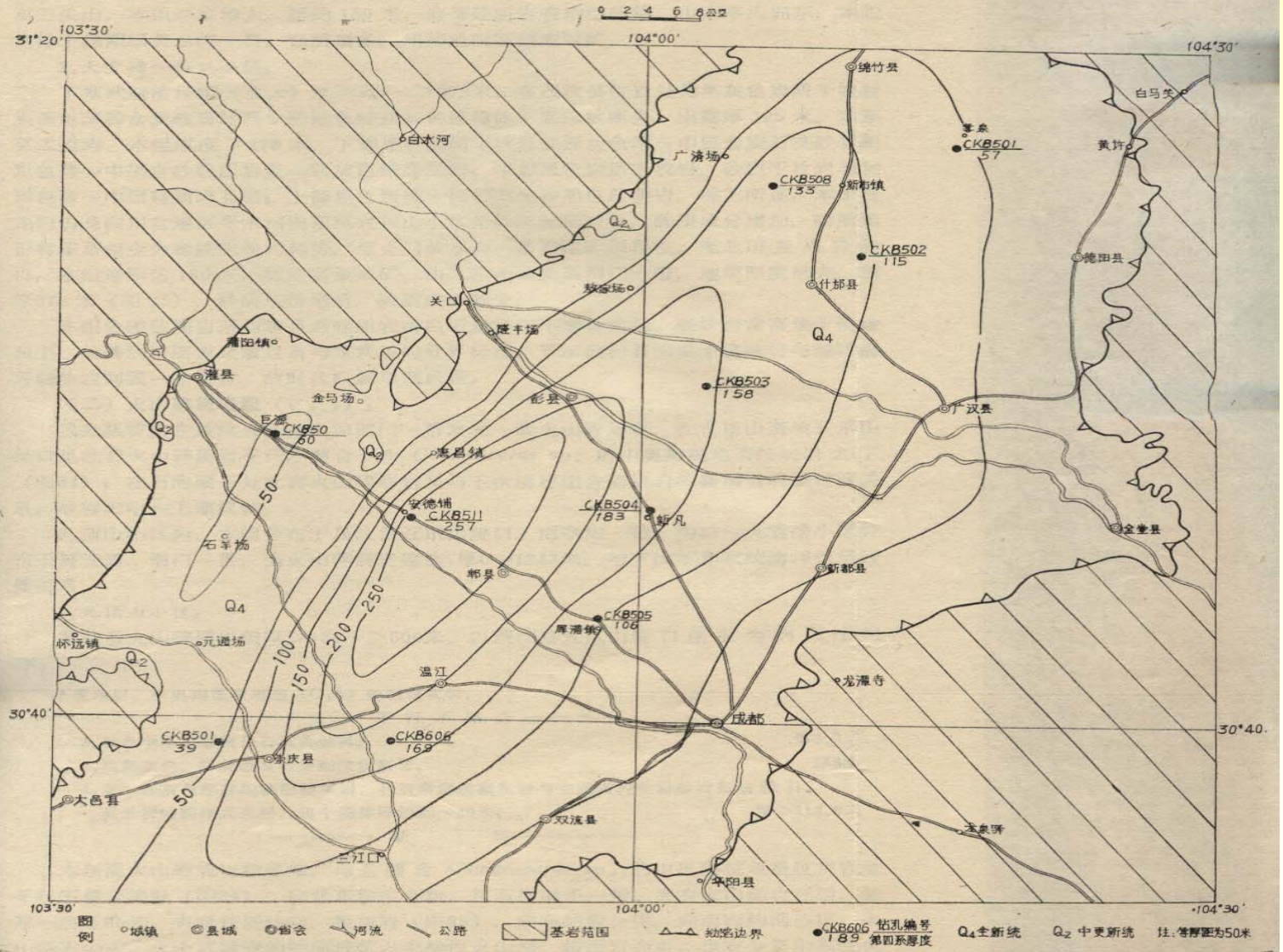
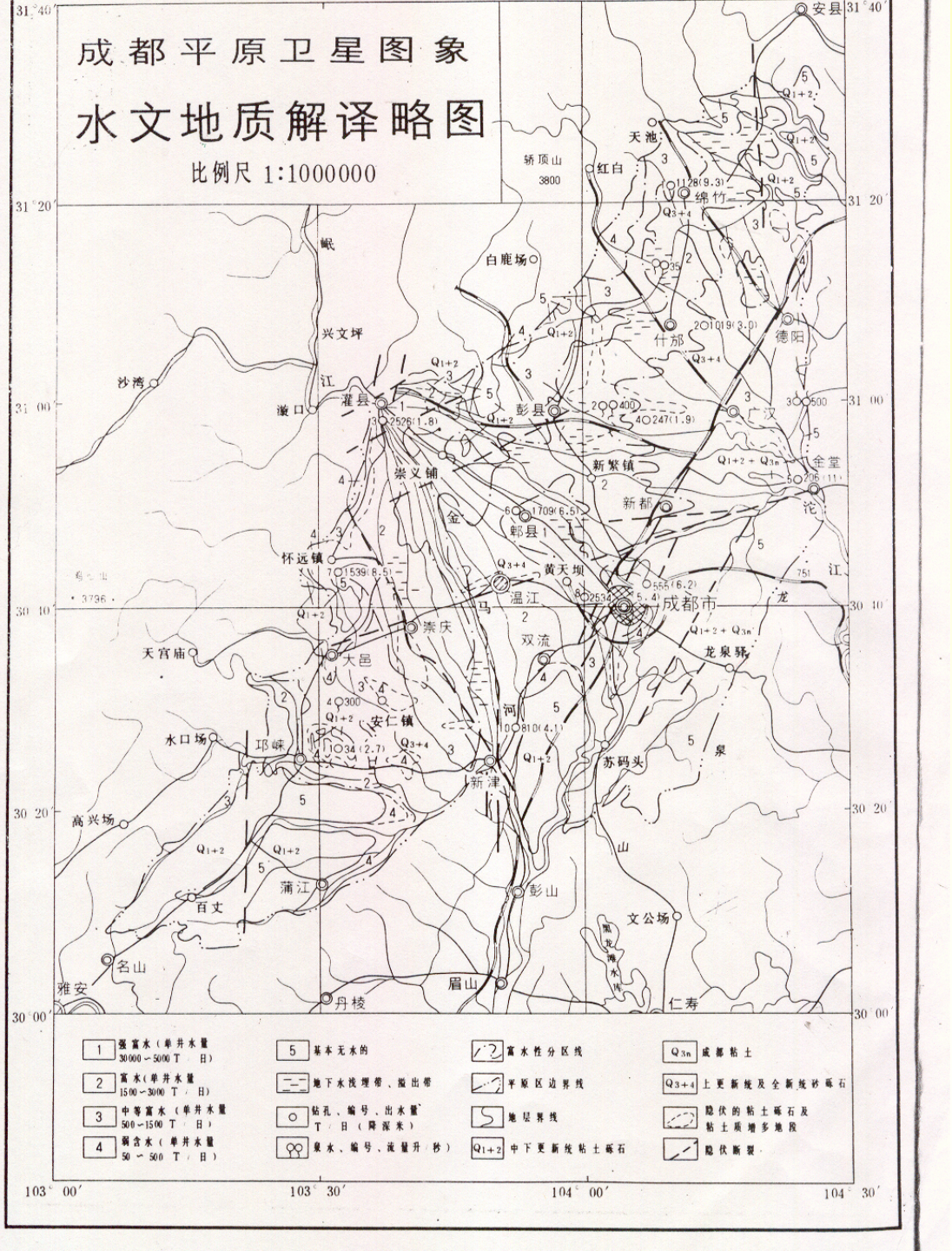
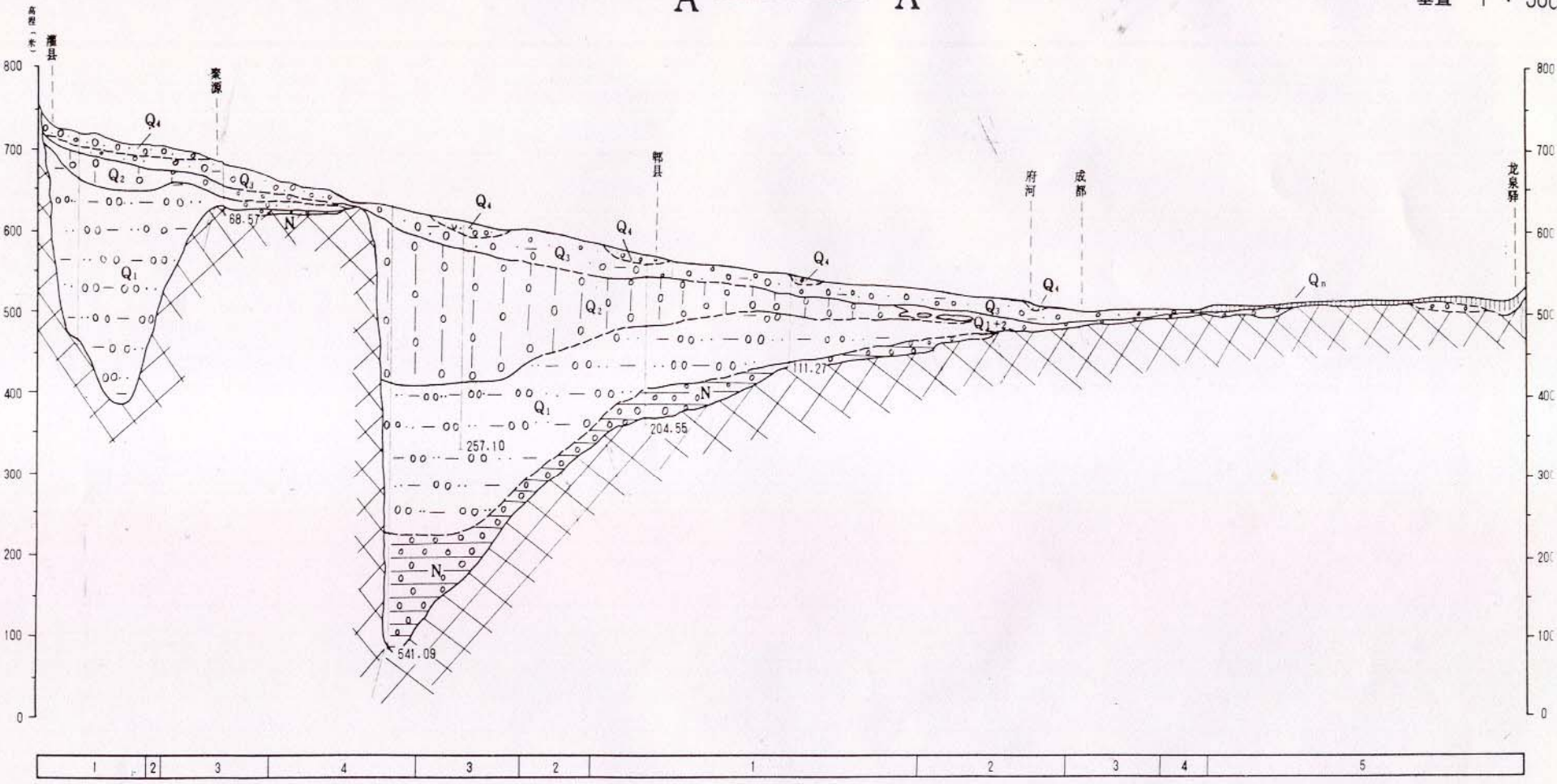


图33　成都平原第四系等厚线图


成都平原卫星图象
水文地质解译略图
比例尺 1:1000000
安县
天池
红白
轿顶山
3800
绵竹
白鹿场
岷
兴文坪
什邡
德阳
沙湾
灌县
彭县
广汉
金堂
新繁镇
崇义铺
新都
郫县
怀远镇
黄天坝
温江
成都市
崇庆
双流
龙泉驿
天宫庙
大邑
安仁镇
水口场
邛崃
新津
苏码头
高兴场
蒲江
彭山
百丈
文公场
名山
雅安
丹棱
眉山
仁寿
黑龙滩水库
1 强富水（单井水量 30000～5000 T/日）
2 富水（单井水量 1500～3000 T/日）
3 中等富水（单井水量 500～1500 T/日）
4 弱含水（单井水量 50～500 T/日）
5 基本无水的
地下水浅埋带、溢出带
钻孔、编号、出水量 T/日（降深米）
泉水、编号、流量升/秒）
富水性分区线
平原区边界线
地层界线
Q1+2 中下更新统粘土砾石
Q3n 成都粘土
Q3+4 上更新统及全新统砂砾石
隐伏的粘土砾石及粘土质增多地段
隐伏断裂
31°40′
31°20′
31°00′
30°40′
30°20′
30°00′
103°00′
103°30′
104°00′
104°30′

A ——— A′

比例尺 水平 1:20000
垂直 1:500



灌县—成都水文地质分类亮度值剖面

S65°E

亮度值

1.2 颗粒组成

卵石直径一般2-5 cm。

卵石含量50－70％，

卵石中的孔隙由中细砂充填，中细砂含量30－50％，局部地段和Q_3地层由粘性土充填。

卵石层中有中细砂层的透镜体。





2. 卵石土的钻探

2.1 传统方法

采用冲击钻探，抽筒取芯，套管护壁。

缺点：

① 施工速度慢

② 取芯质量差

③ 分层误差大

④ 结构看不清

⑤ 钻基岩要换钻机

2.2 植物胶(SM植物胶)和SD钻具（钻头，半盒管）

采用回钻钻进,双管单动,植物胶护壁。

SM植物胶的作用：

1　钻孔护壁

2　保护岩芯

3　减震

4　降温

2.3　两种钻探方法比较

两种钻探方法比较

比较因数	冲击钻探	植物胶钻探
施工速度	慢	快
取芯质量	差	好
分层误差	较大	小
岩土结构	不易看清楚	看得很清楚
钻基岩	换钻机	不换钻机
测地下水位	易测	不易测









3. 卵石土的测试

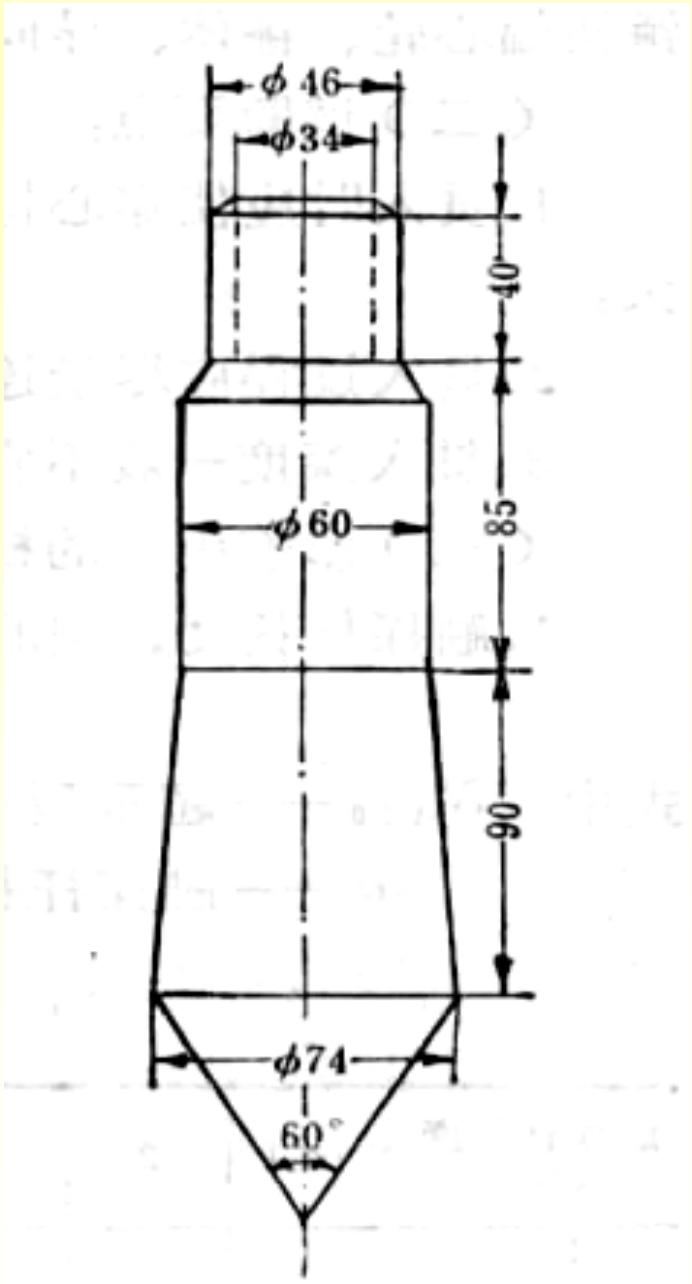
3.1 重型圆锥动力触探试验$N_{63.5}$

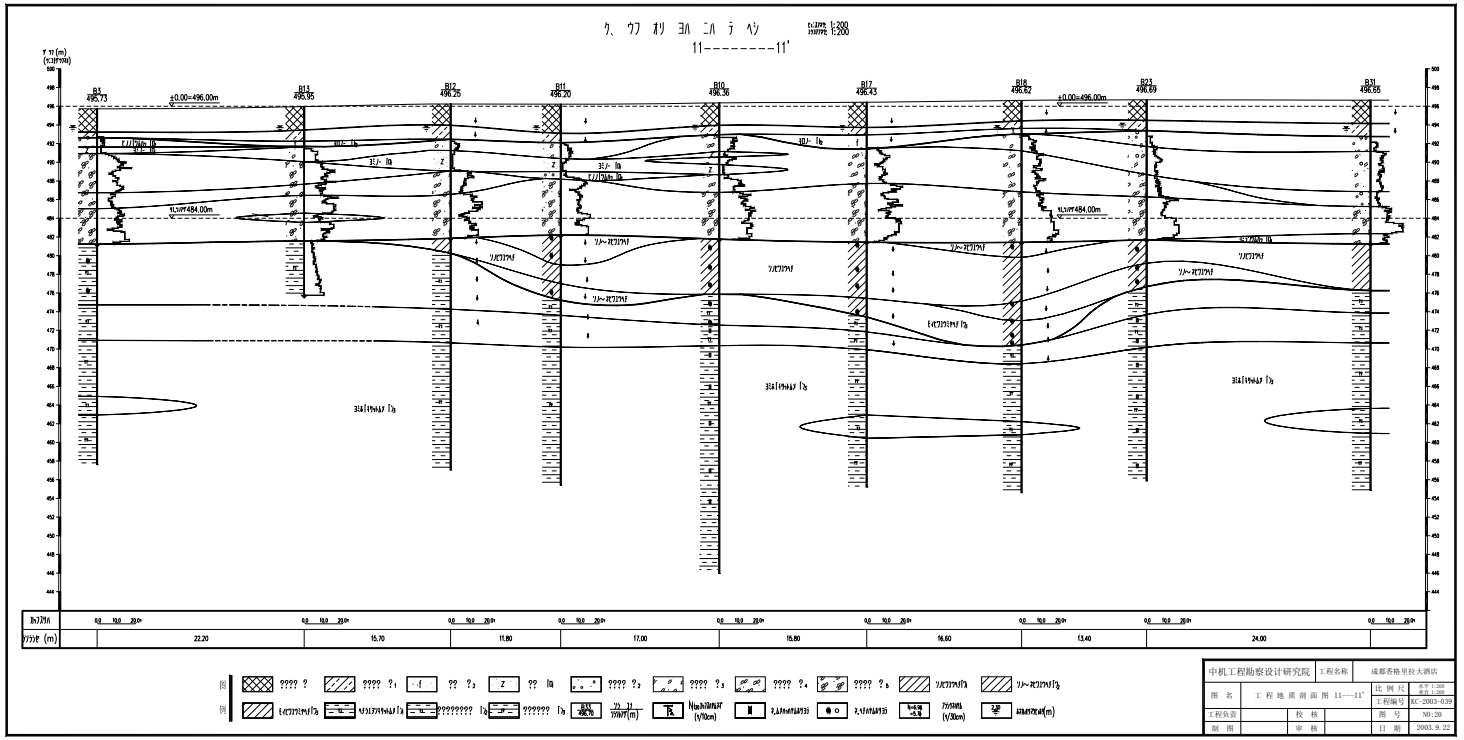
3.2 超重型圆锥动力触探试验N_{120}



圆锥动力触探类型及规格

类　型		轻　型	重　型	超 重 型
落锤	锤的质量（kg）	10	63.5	120
	落 距（cm）	50	76	100
探头	直　径（mm）	40	74	74
	锥 角(°)	60	60	60
探杆直径（mm）		25	42	50～60
指　　标		贯入30cm的读数N_{10}	贯入10cm的读数$N_{63.5}$	贯入10cm的读数N_{120}


ϕ 46
ϕ34
40
ϕ60
85
90
ϕ74
60°



中机工程勘察设计研究院	工程名称	成都香格里拉大酒店	
图名	工程地质剖面图 11——11'	比例尺	水平 1:200 高度 1:200
		工程编号	KC-2003-039
工程负责	校核	图号	NO:20
制图	审核	日期	2003.9.22

4.卵石土工程特性评价

4.1卵石土的密实度

用$N_{63.5}$划分碎石土的密实度

$N_{63.5}$	密　实　度
$N_{63.5}\leqslant 5$	松　散
$5< N_{63.5}\leqslant 10$	稍　密
$10< N_{63.5}\leqslant 20$	中　密
$N_{63.5}>20$	密　实

用N_{120}划分碎石土的密实度

N_{120}	密 实 度
$N_{120} \leqslant 3$	松 散
$3 < N_{120} \leqslant 6$	稍 密
$6 < N_{120} \leqslant 11$	中 密
$11 < N_{120} \leqslant 14$	密 实
$N_{120} > 14$	很 密

成都规范的划分

密实度 / 触探类型	松 散	稍 密	中 密	密 实
N_{120}	$N_{120}\leqslant 4$	$4<N_{120}\leqslant 7$	$7<N_{120}\leqslant 10$	$N_{120}>10$
$N_{63.5}$	$N_{63.5}\leqslant 7$	$7<N_{63.5}\leqslant 15$	$15<N_{63.5}\leqslant 30$	$N_{63.5}>30$

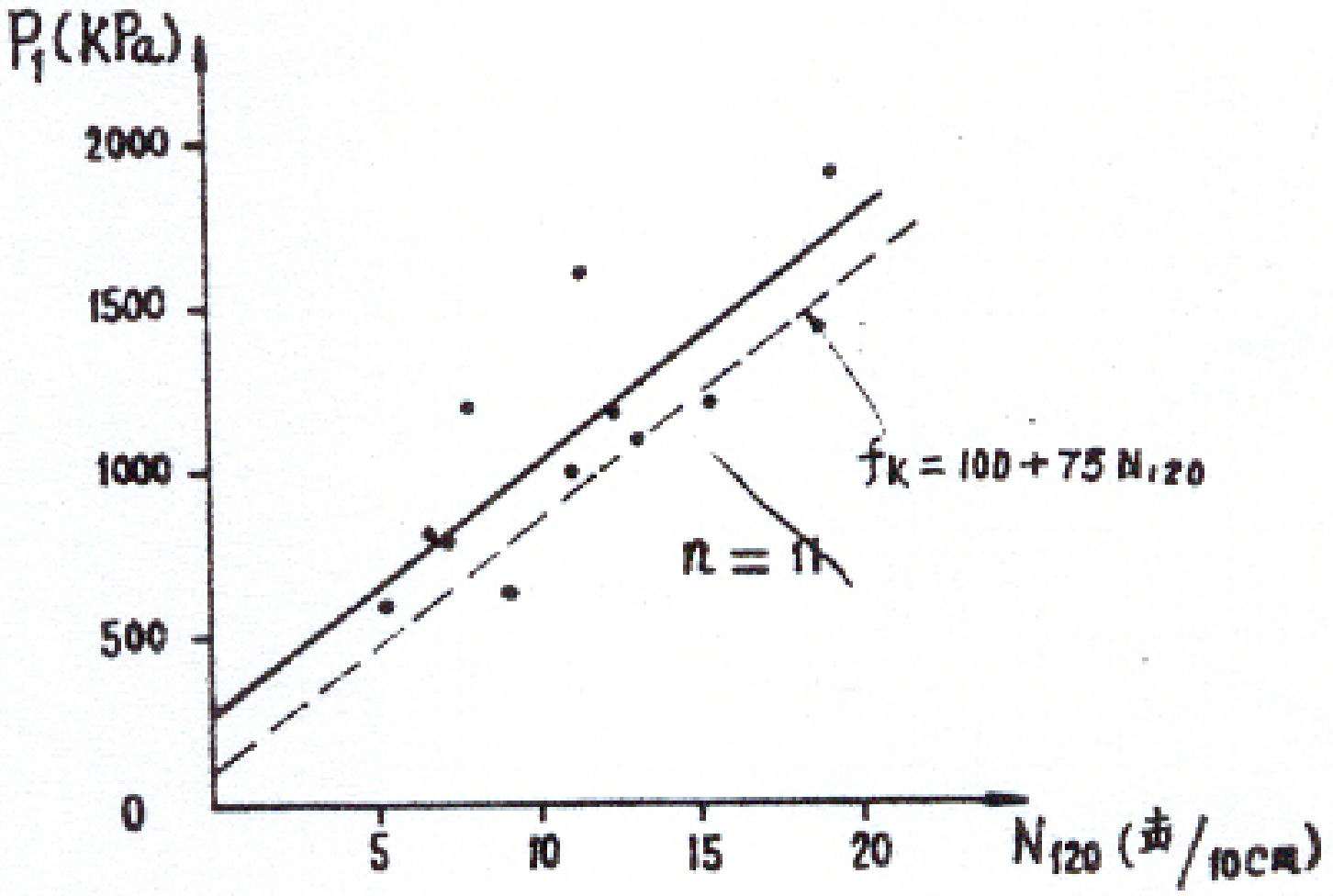
4.2卵石土的地基承载力

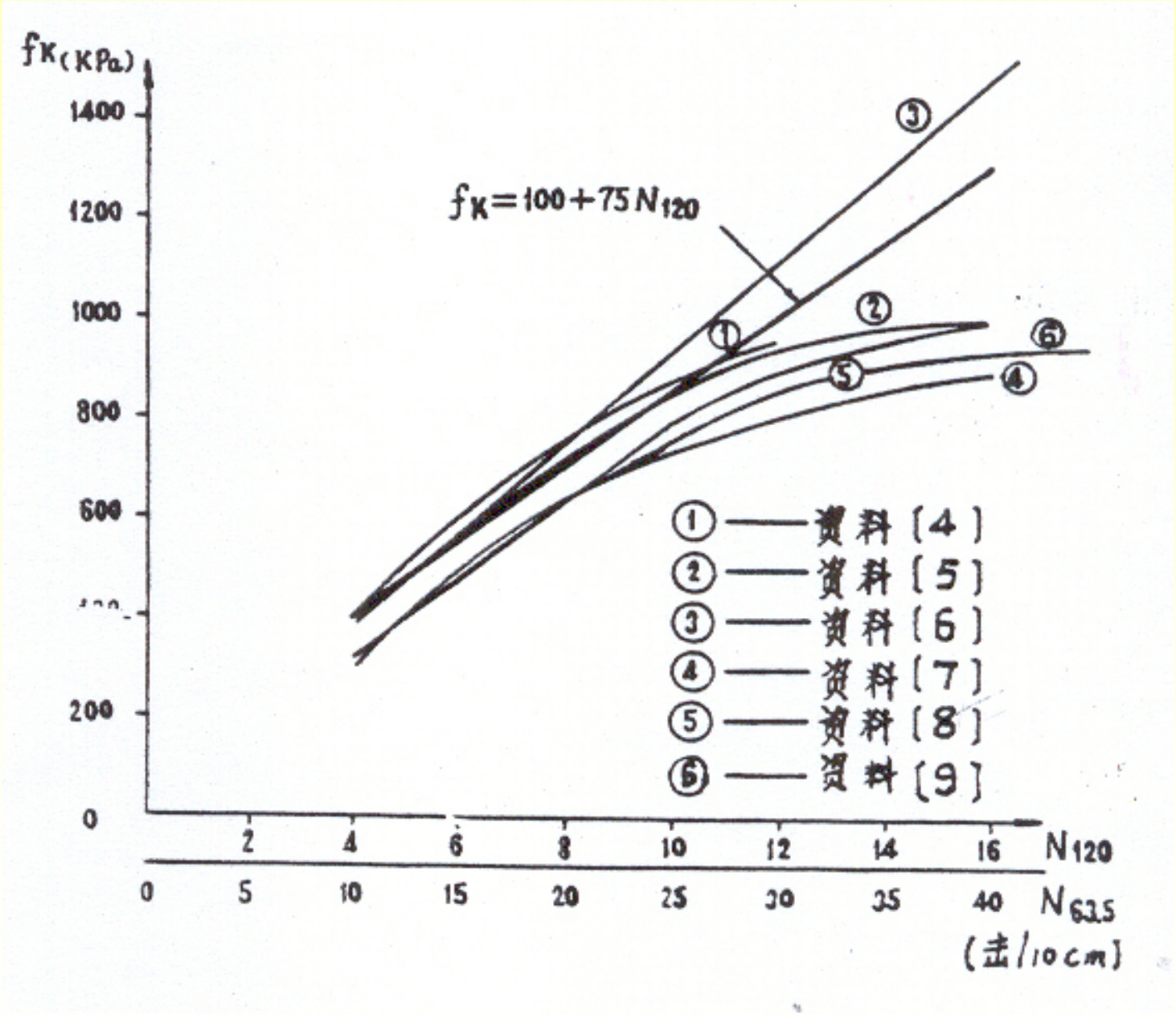
成都地区用$N_{63.5}$确定松散卵石、圆砾、砂土极限承载力标准值 (kPa)

$N_{63.5}$	2	3	4	5	6	8	10
卵 石				400	480	640	800
圆 砾			320	400	480	640	800
中、粗、砾砂		240	320	400	480	640	800
粉细砂	160	220	280	330	380	450	

沈阳市区《建筑地基基础技术规范》(DB 21-907-96)

重型动力触探击数 $N_{63.5}$	承载力标准值f_k (kPa)					
	卵石	圆砾	砾砂	粗、中砂	粉、细砂	
					稍湿	很湿
3	200	195	180	120	90	60
4	275	250	225	160	120	80
5	340	310	270	200	150	100
6	400	360	320	240	180	120
8	495	450	400	320	240	160
10	580	540	480	400	300	200
12	660	620	555	480	—	—
14	725	690	625	—	—	—
16	785	760	695	—	—	—
18	840	815	760	—	—	—
20	885	865	815	—	—	—
22	930	910	865	—	—	—
24	970	950	910	—	—	—
26	1010	985	945	—	—	—
28	1045	1015	970	—	—	—
30	1080	1045	995	—	—	—


P1(KPa)
2000
1500
1000
500
0
5
10
15
20
N120 (击/10cm)
fk = 100 + 75 N120
n = 11


f_K(KPa)
1400
1200
1000
800
600
200
0
$f_K = 100 + 75 N_{120}$
①
②
③
④
⑤
⑥
① —— 资料〔4〕
② —— 资料〔5〕
③ —— 资料〔6〕
④ —— 资料〔7〕
⑤ —— 资料〔8〕
⑥ —— 资料〔9〕
2 4 6 8 10 12 14 16 N_{120}
0 5 10 15 20 25 30 35 40 $N_{63.5}$
(击/10cm)

成都地区卵石土极限承载力标准值f_{ak}

N_{120}	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
f_{ak}(kPa）	700	860	1000	1160	1340	1500	1640	1800	1950	2040	2140	2200

4.3卵石土的变形模量

铁道部第二勘测设计院的研究成果（1988）
圆砾、卵石土地基变形模量E_O与$N_{63.5}$的相关关系为：

$$E_0=4.48N_{63.5}^{0.7554}$$

《成都地区建筑地基基础设计规范》编制组
利用卵石土的载荷试验与超重型圆锥动力触探击数进行对比分析，得到E_O（MPa）与$N_{63.5}$的关系式3-2-7：

$$\boldsymbol{E_O=15+2.7N_{120}}$$

$$\boldsymbol{E_S=6.2+5.9N_{120}}$$

沈阳市区确定砂土、碎石土及粉土变形模量E_O

重型动力触探数 $N_{63.5}$	变形模量 E_O （MPa）					
	卵石	圆砾	砾砂	粗、中砂	细、粉砂	粉土
1	—	—	—	—	—	3.0
2	—	—	—		4.8	4.5
3	12.8	11.9	10.2	8.0	7.4	6.2
4	16.6	14.4	12.3	9.5	10.2	8.2
5	20.5	16.5	14.8	12.0	12.2	10.4
6	23.8	18.5	16.8	15.0	14.1	12.6
8	28.8	24.1	21.2	19.0	18.0	—
10	33.2	28.5	25.8	23.0	21.9	—
12	37.6	32.2	29.1	27.0	—	—
14	41.1	37.7	32.7	—	—	—
16	44.5	41.5	36.6	—	—	—
18	47.8	45.1	39.9	—	—	—
20	50.8	47.6	43.4	—	—	—
22	53.6	50.3	46.8	—	—	—
24	56.3	54.2	49.9	—	—	—
26	58.9	56.0	53.0	—	—	—
28	62.4	59.4	56.4	—	—	—
30	64.4	60.4	58.9	—	—	—

4.4 人工挖孔桩桩端卵石土极限承载力

人工挖孔桩桩端卵石土极限承载力特征值

N_{120}	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
q_{ua}(kPa)	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000

4.5 预应力管桩单桩承载力

双流疾病控制中心业务楼

试桩编号	桩径(mm)	桩入土深度(m)	最大试验荷载(kN)	沉降量(mm)	极限承载力(kN)	桩端持力层	计算极限承载力(kN)	试验/计算
1	300	8.5	2200	11.05	≥2200	密实卵石	1700	1.29
2	400	8.5	2600	10.01	≥2600	密实卵石	2300	1.13
3	400	10.5	3000	18.5	≥3000	密实卵石	2500	1.20

成都紫竹苑青云阁4号楼

试桩编号	桩径(mm)	桩入土深度(m)	最大试验荷载(kN)	沉降量(mm)	极限承载力(kN)	桩端持力层	计算极限承载力(kN)	试验/计算
1	400	10.5	1600	3.05	≥1600	密实卵石	1600	1.00
2	500	15.5	2800	6.68	≥2800	密实卵石	2570	1.09
3	500	17.8	2800	28.05	2500	压浆	2730	0.92

德阳二重重容车间

试桩编号	桩径(mm)	桩入土深度(m)	最大试验荷载(kN)	沉降量(mm)	极限承载力(kN)	桩端持力层	计算极限承载力(kN)	试验/计算
1	500	23.6	4200	23.4	≥4200	中密卵石		
2	500	19.8	4200	29.2	≥4200	中密卵石		
3	500	22.2	4200	29.3	≥4200	中密卵石		
4	500	22.2	4200	18.2	≥4200	中密卵石		

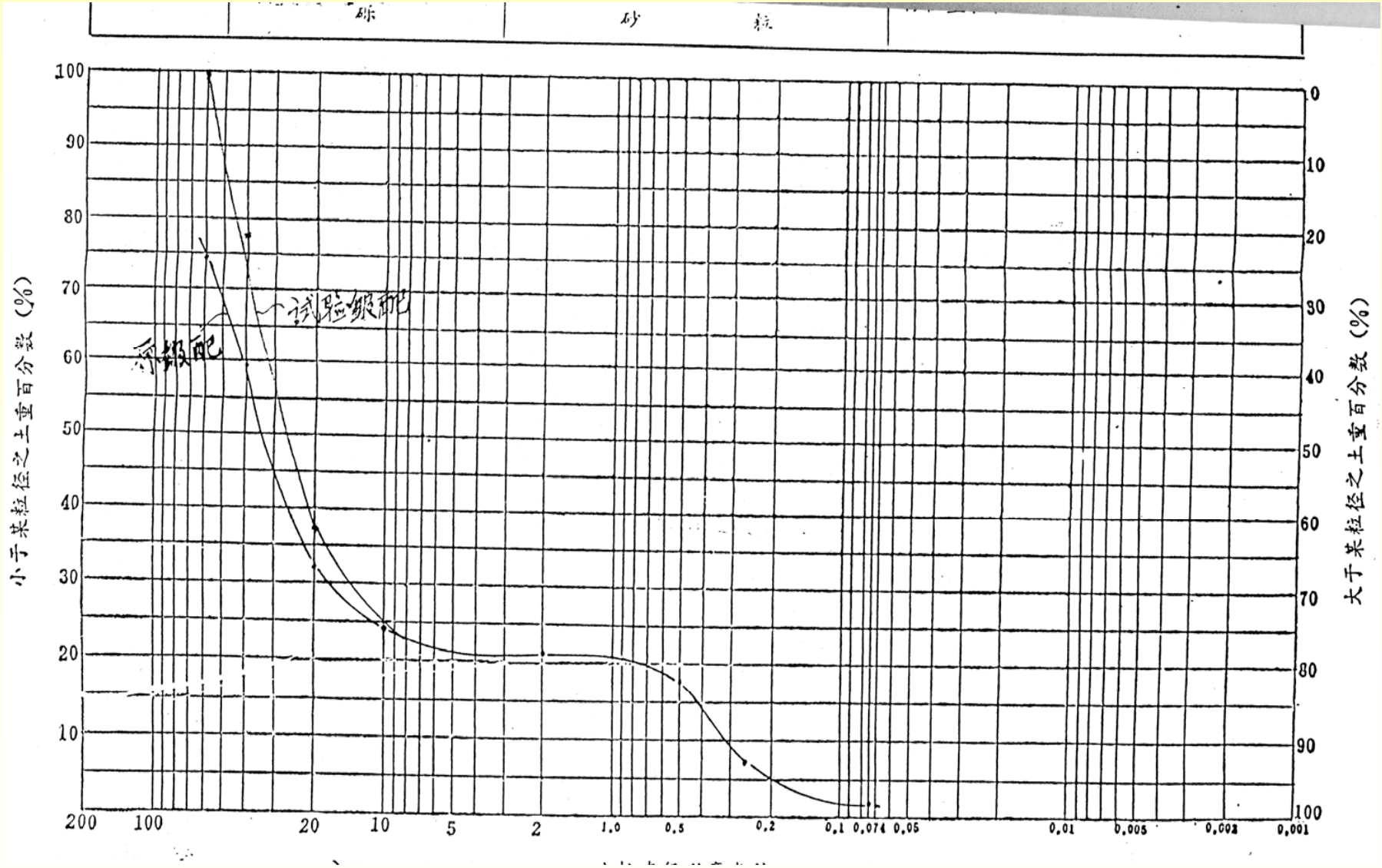
试验桩

试桩编号	桩径(mm)	桩入土深度(m)	最大试验荷载(kN)	沉降量(mm)	极限承载力(kN)	桩端持力层	计算极限承载力(kN)	试验/计算
1	300	10.80	2500	30.81	≥2500	中密-密实卵石	1800	1.39
2	300	10.55	2500	32.74	≥2500	中密-密实卵石	1800	1.39
3	300	10.70	2500	33.20	≥2500	中密-密实卵石	1800	1.39
4	400	9.70	3600	39.72	≥3600	中密-密实卵石	2500	1.44
5	500	9.70	4600	31.20	≥4600	中密-密实卵石	3180	1.45
6	500	9.70	4300	29.90	≥4300	中密-密实卵石	3180	1.35
7	500	9.70	4600	30.05	≥4600	中密-密实卵石	3180	1.45

4.6 卵石土的抗剪强度

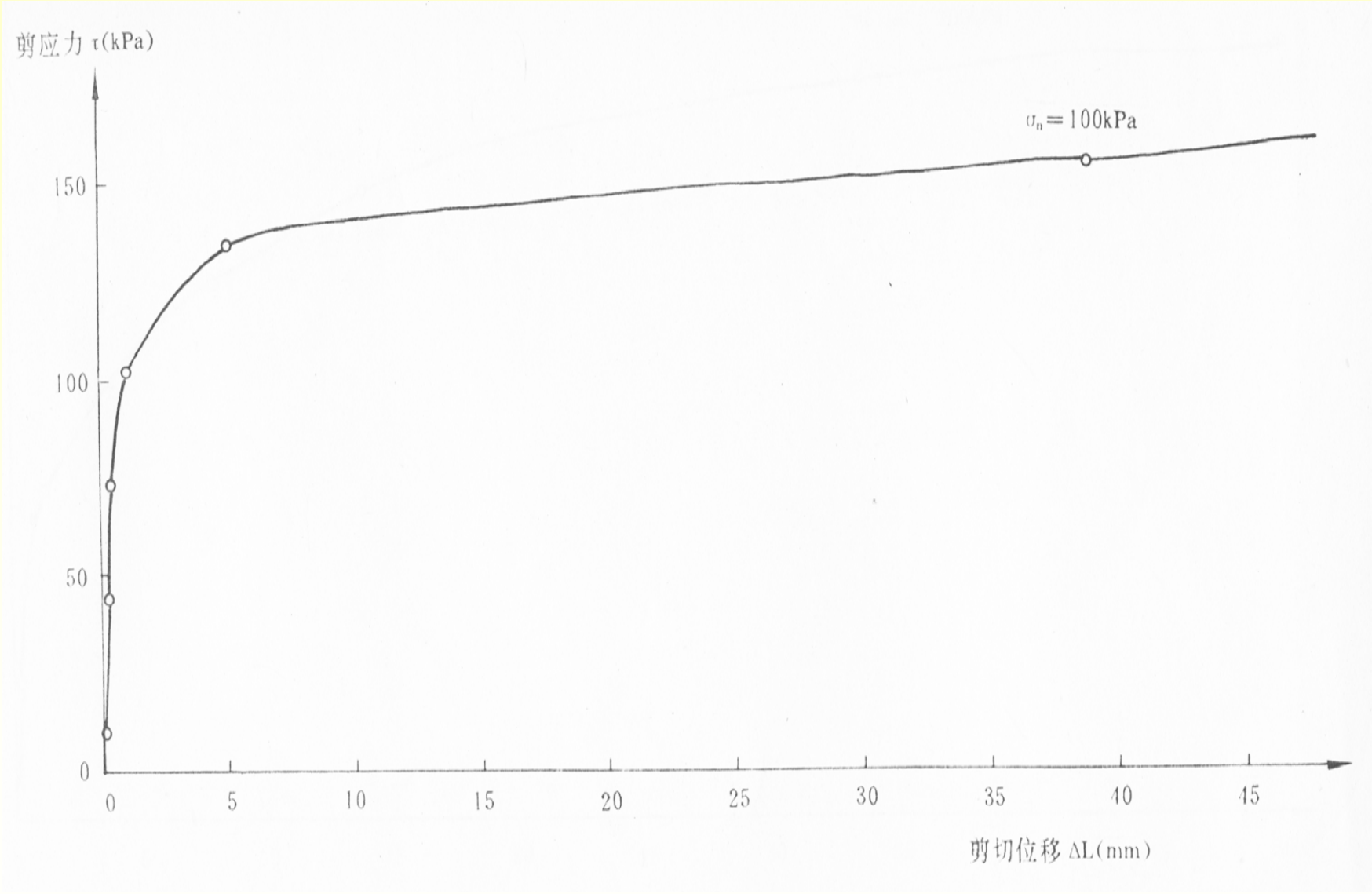
试坑编号		重度（kN / m³)	含水率 (%)	比 重 Gs	孔隙比
场地一	三号坑	21.6	4.4	2.65	0.281
	一号坑	22.9	6.0	2.65	0.227
	二号坑	22.1	7.8	2.65	0.293
场地二	二号坑	21.8	6.0	2.79	0.257
	三号坑	21.1	7.0	2.79	0.298
	五号坑	21.8	6.0	2.79	0.257

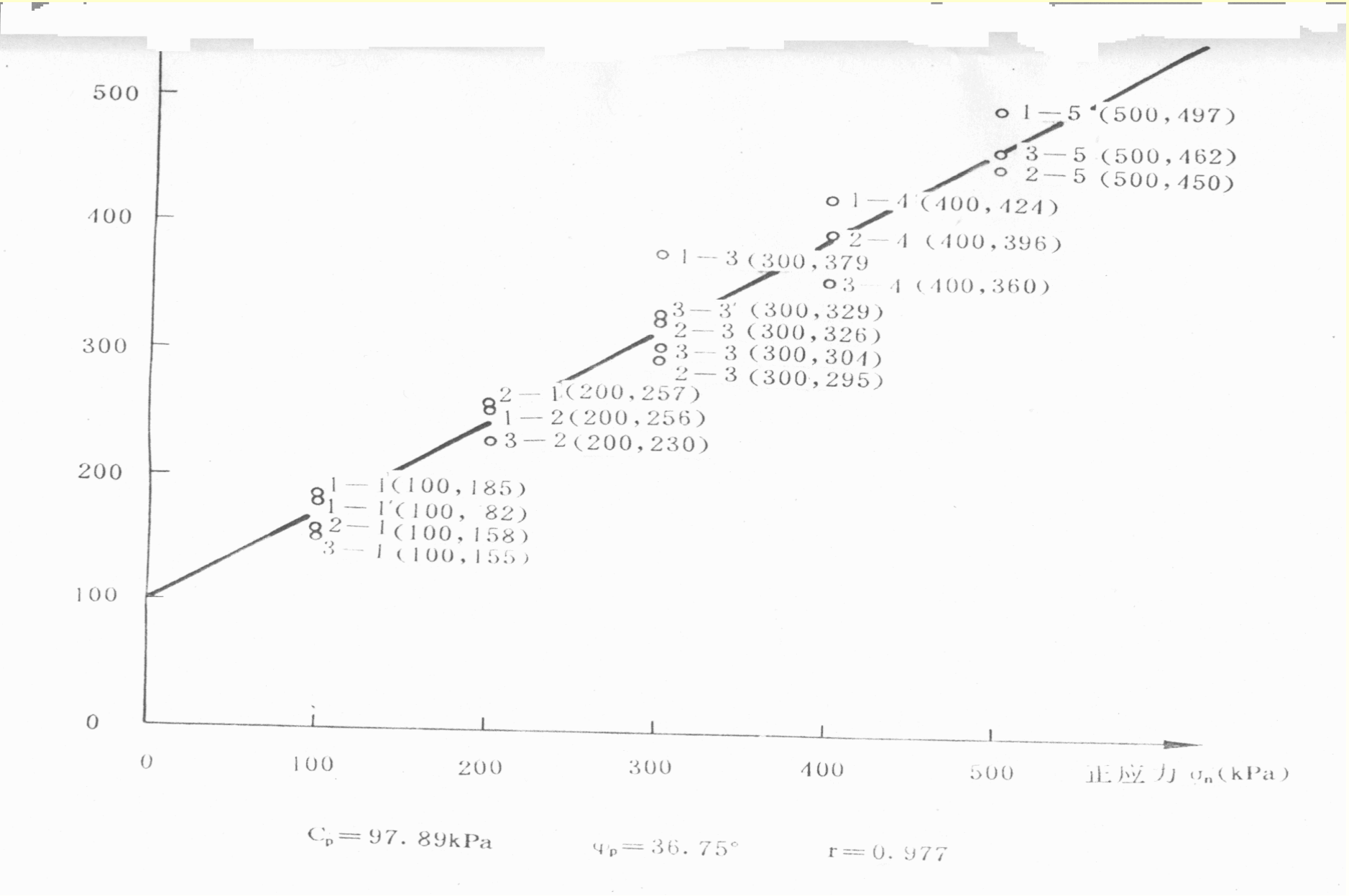
取样深度(m)	重度（kN／m^3）	含水率(%)	比重 Gs	干重度（kN／m^3）	孔隙比
23.78-24.37	23.4	15.1	2.65	20.33	0.303
24.37-25.33	22.2	7.1	2.65	20.73	0.278
28.34-29.25	23.45	7.1	2.65	21.89	0.21
30.04-30.95	22.90	6.2	2.65	21.56	0.228
31.68-32.00	22.72	7.3	2.65	21.17	0.25
33.43-34.17	23.50	7.2	2.65	21.92	0.209


砾
砂
粒
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
小于某粒径之土重百分数（%）
大于某粒径之土重百分数（%）
设计级配
试验级配
200
100
20
10
5
2
1.0
0.5
0.2
0.1
0.074
0.05
0.01
0.005
0.002
0.001

卵石土大型直剪试验成果表

试样编号	C (kPa)	ϕ (度)	剪应力 τ (kPa)				
			正应力P_1 (100kPa)	正应力P_2 (200kPa)	正应力P_3 (300kPa)	正应力P_4 (400kPa)	正应力P_5 (500kPa)
1-1	120	38	185		379		497
1-2	98	39.1	182	256		424	
2-1	108	34.8		257	295	396	
2-2	92	36.1	158		326		450
3-2	73	37.8		230	304		462
3-1	92	35.4	155		329	360	


剪应力 τ(kPa)
σ_n=100kPa
150
100
50
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
剪切位移 ΔL(mm)



$C_p = 97.89$kPa　　$\varphi_p = 36.75°$　　$r = 0.977$

卵石土大型三轴剪切试验成果表

坑号	重度（kN／m^3）	含水率(%)	孔隙比	C (kPa)	ϕ (度)
2	21.8	6.0	0.257	25	40.86
3	21.1	7.0	0.298	27	33.9
5	21.8	6.0	0.257	15	39.4

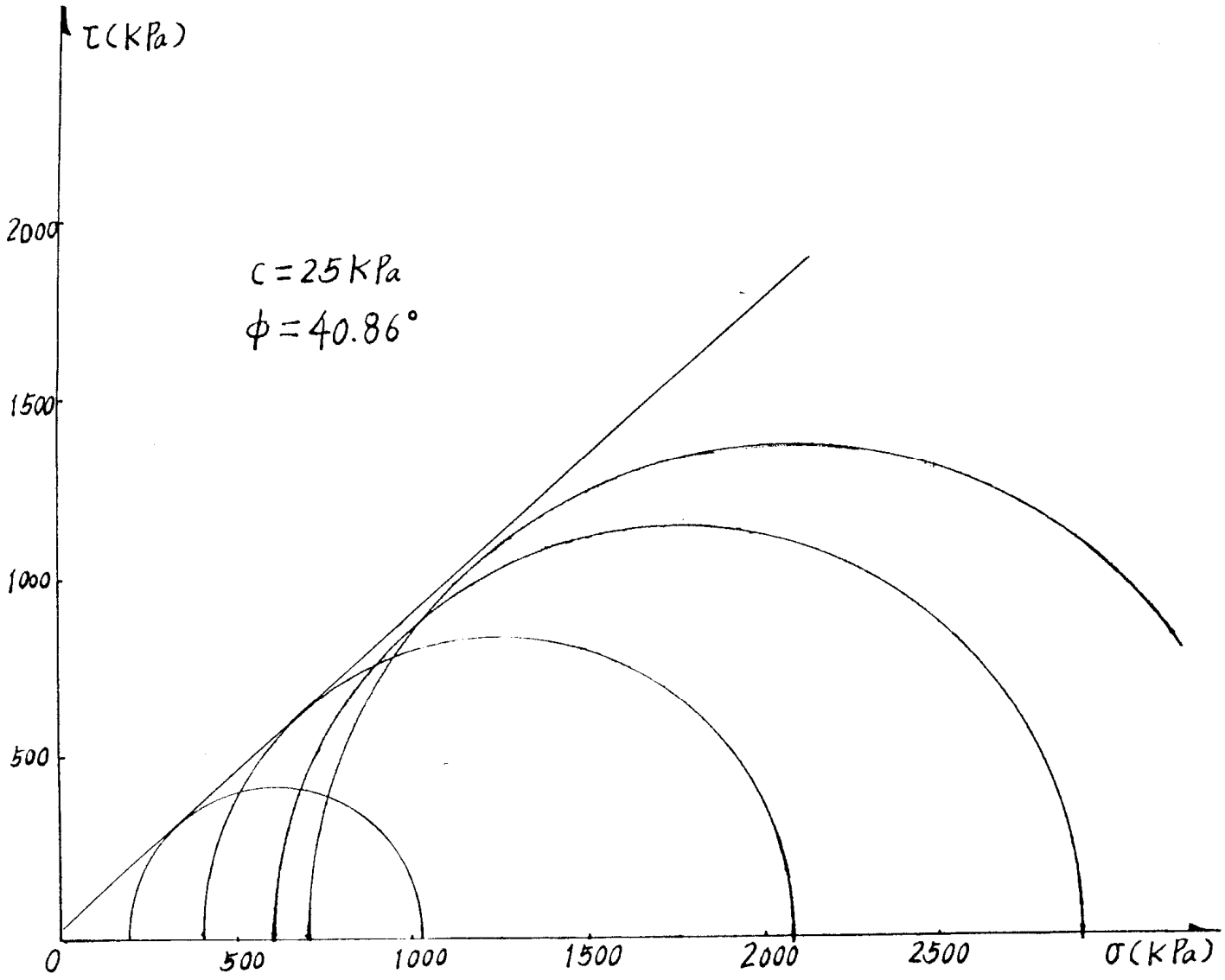
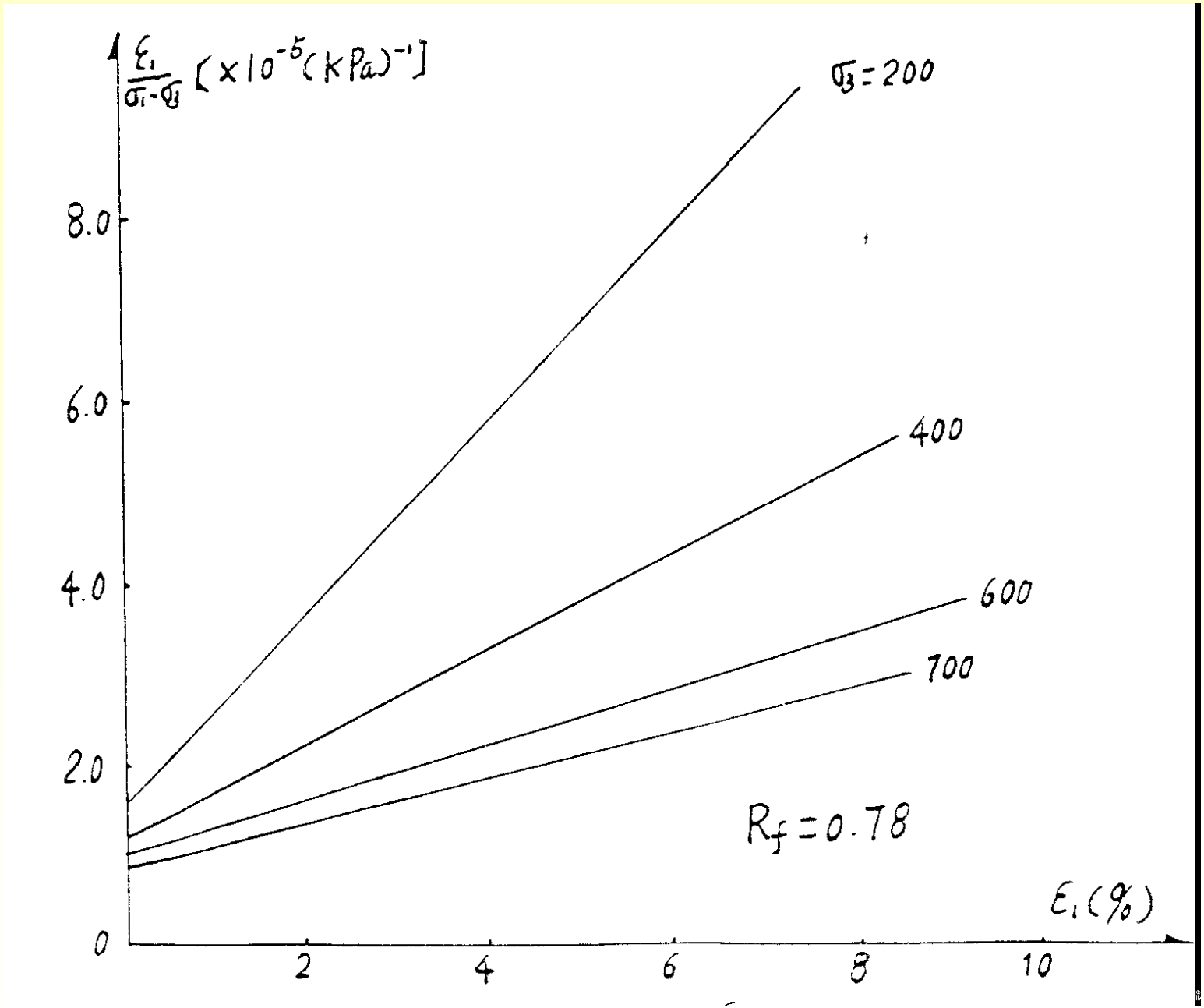


图5（a）坑2 Mhor应力圆


$\frac{\varepsilon_1}{\sigma_1-\sigma_3}$ [$\times 10^{-5}$(KPa)$^{-1}$]
σ_3=200
400
600
700
8.0
6.0
4.0
2.0
0
2
4
6
8
10
R_f=0.78
ε_1(%)

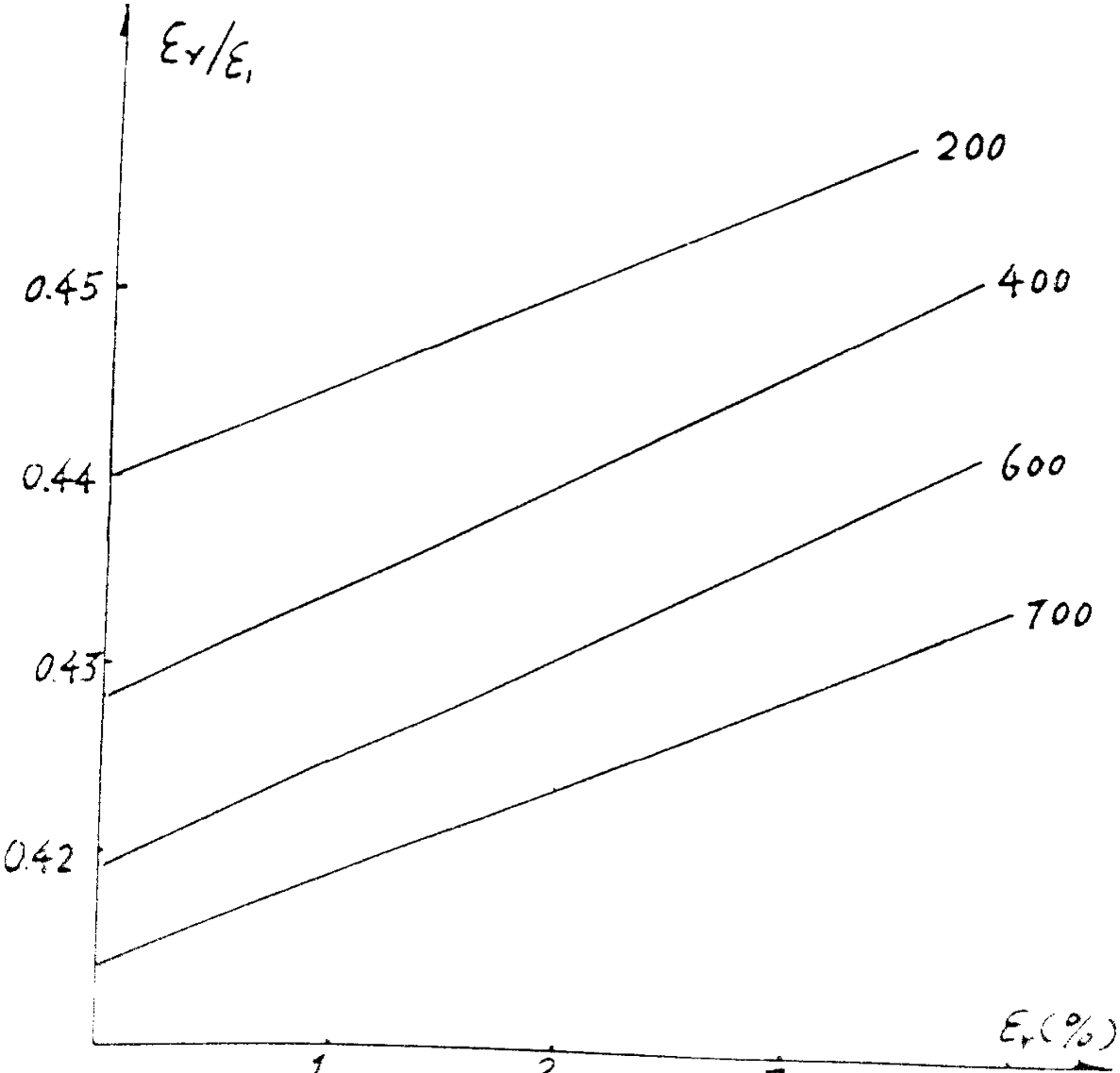
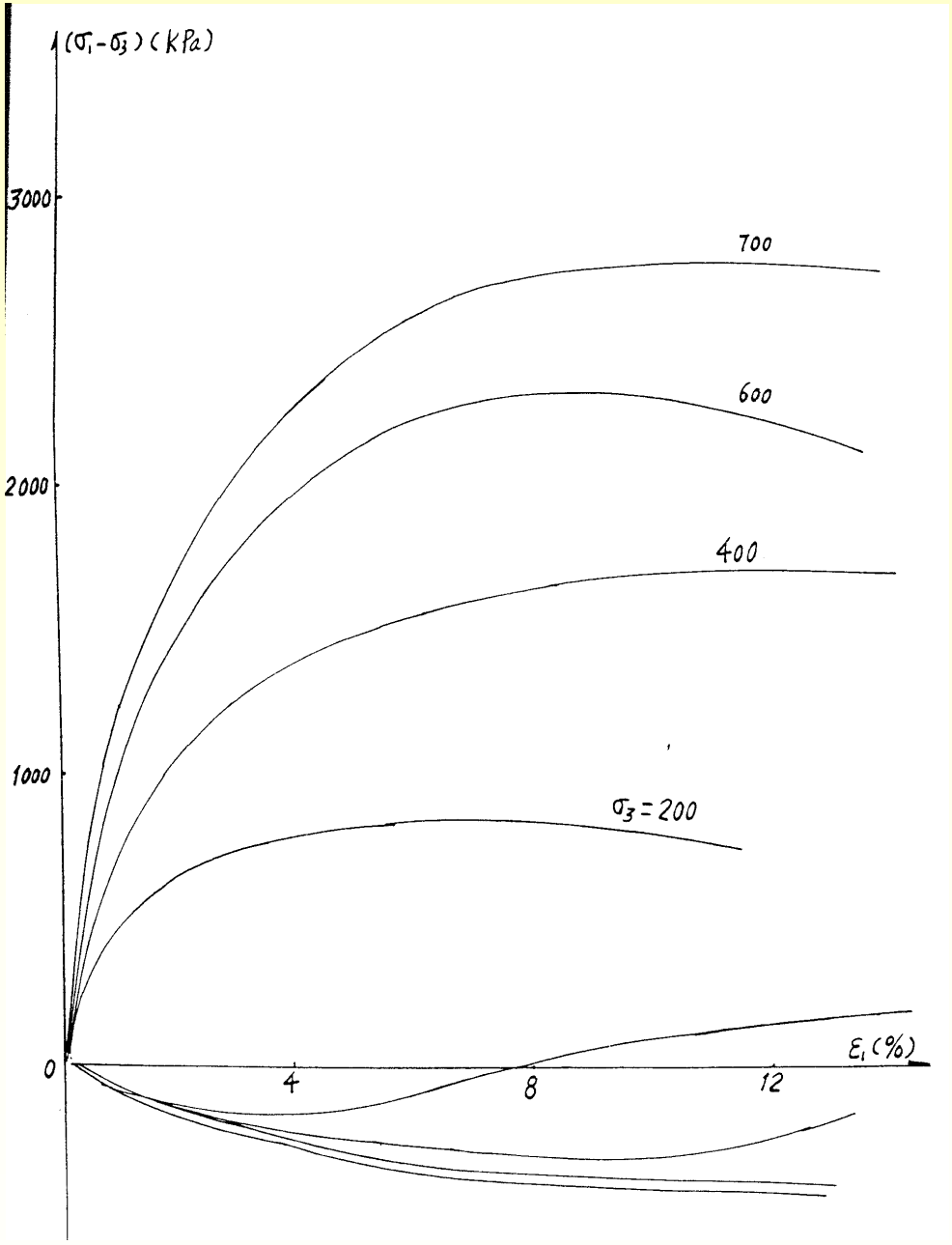


图8(c) 试5 $\varepsilon_r/\varepsilon_1 \sim \varepsilon_r$ 曲线


(σ1-σ3)(kPa)
3000
2000
1000
0
700
600
400
σ3=200
ε1(%)
4
8
12