

中 华 人 民 共 和 国

城市地质综合调查报告

比例尺 1 : 50000

杭州市幅

临浦镇幅

H-51-61-A

H-51-61-C

(第 五 册)

10040-01-005

浙 江 省 地 质 矿 产 局

1987 年 7 月



中 华 人 民 共 和 国

城市地质综合调查报告

比例尺 1 : 50000

杭州市幅

临浦镇幅

H-51-61-A

H-51-61-C

第五册

(区域工程地质)

责任编辑 朱汉生 李关盛

大队长	蔡火炎	章瑜
大队总工程师	宋云骥	张健康
技术负责	董继海	包超民
分队长	吴炬芳	

浙江省水文地质工程地质大队一分队
浙江省区域地质调查大队五分队

1987年7月 萧山

目 录

第五篇 区域工程地质.....	1
第一章 概述.....	1
第二章 区域工程地质问题各论.....	2
第一节 土体工程地质条件.....	2
第二节 工程地质分区.....	15
第三节 区域构造、地震及区域稳定性.....	19
第四节 环境工程地质问题.....	20
第三章 结语及建议.....	23
主要参考文献.....	24

第五篇 区域工程地质

第一章 概述

根据省地质矿产局一九八四年任务书要求,杭州市和临浦镇幅1:5万工程地质调查的目的是:结合杭州市规划,以搜编和实测相结合的方法,为国民经济提供工程地质基础资料。具体任务是:查明岩土体岩性的工程地质特征,划分工程地质岩组类型,注意岩层风化程度分带性的划分。水文地质工程地质大队以平原区的工作为主,丘陵山区由区域地质调查大队负责。

五十年代末至六十年代初,测区工程地质工作已初具规模;七十年代末及八十年代的工作,研究程度较高,是本次工作的主要依据。尤其是水文地质工程地质大队近年来的工作成果,已直接为本报告所利用。

本次工程地质工作中,施工了11个工程孔,20个水文、工程结合孔,进行了土样分析和贯入试验、岩石力学性质测试等大量工作。工作中严格按照规范、任务书、设计书和工作细则的要求进行,经多次检查,原始资料准确、可靠。

工程地质调查和勘查工作与水文地质工作同时进行。水文地质工程地质调查大队一分队在1984年12月份接受任务书后,按要求编制设计并进行了野外工作,于1987年1月提交了初步报告。承担丘陵山区工作的区域地质调查大队五分队自1984年6月开始,进行了设计书的编写并按要求开展野外调查,于1987年5月提交初审报告。

本篇报告汇总两份初审报告编写而成。

第二章 区域工程地质问题各论

第一节 土体工程地质条件

(一)工程地质单元体的划分

为便于工程地质单元体的划分,将全区分为平原区、山麓沟谷区和丘陵山区。平原区以地层时代、成因类型为基础,考虑岩性特征、埋藏分布情况,以及每一单元体应具有相似的物理力学性质指标的原则,划分工程地质单元体;山麓沟谷区依地层时代、岩性特征及物理力学性质的差异划分工程地质单元体;丘陵山区根据岩体建造、工程地质差异(坚硬程度、均匀程度、完整性等)划分工程地质单元体。

据上述原则,将测区内平原区、山麓沟谷区和丘陵山区分别划分为18个、3个和7个工程地质单元体,见表2-1、2、3。

表2-1 平原工程地质单元体划分表

单元体编号	成因时代	岩 性
I ₀		人工填土(素填土和杂填土为主)
I ₁	lhQ ₄ ³	灰、灰黑色亚粘土
I ₂	al, al-mQ ₄ ³	黄灰、褐黄色轻亚粘土、粉砂,局部为粉砂和亚粘土
II ₁	al-lQ ₄ ²	灰黄、黄褐色亚粘土,局部为轻亚粘土
II ₂	al-mQ ₄ ²	灰、灰黄、灰带绿色粉细砂、轻亚粘土
II ₃	mQ ₄ ²	灰、深灰色淤泥质亚粘土、淤泥质粘土、亚粘土、粘土等
III ₁	al-lQ ₄ ¹	灰黄、黄褐、灰绿色等亚粘土、粘土,局部为轻亚粘土
III ₂	mQ ₄ ¹	灰、深灰、灰绿色轻亚粘土、粉细砂
III ₃	mQ ₄ ¹	灰、深灰、褐灰色淤泥质亚粘土、淤泥质粘土、亚粘土、粘土等
IV ₁	al-lQ ₃ ²	灰绿、褐黄、棕黄色亚粘土、粘土
IV ₂	mQ ₃ ²	灰、灰褐色亚粘土
V ₁	alQ ₃ ²	灰、灰黄、褐黄色轻亚粘土
V ₂	alQ ₃ ²	灰、灰黄、褐黄色粉砂、细砂、粉细砂、砂砾石等
VI ₁	al-lQ ₃ ¹	褐黄、黄灰、灰绿色粘土、亚粘土,局部轻亚粘土
VI ₂	lhQ ₃ ¹	灰、灰褐色亚粘土、粘土
VI ₃	alQ ₃ ¹	青灰—褐黄色粉砂、粉细砂
VI ₄	alQ ₃ ¹	灰黄、灰、灰带褐色砂砾石
VII	pl, al-plQ ₂	棕黄、褐黄、灰绿等色粘性土含砾石、砾石混粘土

表2-2 山麓沟谷区工程地质单元体划分表

单元体编号	成因时代	岩 性
I—III	pl-alQ ₄	灰黄、褐黄色砂砾岩
IV—VI	pl-alQ ₃ , plQ ₃ , dl-plQ ₃	褐黄、黄褐、棕黄色轻亚粘土、亚粘土含碎砾石、砂砾石含轻亚粘土、亚粘土、砂砾石
VII	el-dlQ ₂ , plQ ₂ , dl-plQ ₂	棕红、褐红色亚粘土、亚粘土含碎砾石、砂砾石含粘性土

(二)各工程地质单元体物理力学性质指标的统计和承载力的确定

1. 指标的统计

各工程地质单元体分别作为一个统计单元,对某些因试验原因和透镜体等因素造成的指标偏差,将其删去,然后用Victor-900型微机进行全面的数理统计。

表2-3 丘陵山区工程地质分区表

区	亚区	区 段	代 号	岩 石	抗压强度 (kg/cm ²)	软化系数	抗剪强度 (kg/cm ²)
丘陵基岩区	碳酸盐岩类亚区	坚硬-半坚硬岩熔发育灰岩组	C _{3c} 、C _{2h} 等	质纯灰岩	557-780		
		坚硬-半坚硬岩溶较发育杂质灰岩组	O _{1l} 、O _{1j} 、O _{1x} 、C _{3d} 等	灰 岩	644-911		
	沉积碎屑岩类亚区	坚硬中厚层状碎屑岩组	D _{3x}	石英砂岩	975-2320	0.7-0.8	230-313
		坚硬-半坚硬层状碎屑岩组	D _{3z} S _{3t} 、S _{2k} 等	岩屑砂岩、泥岩	570-1348	0.45	
		半坚硬薄层状碎屑岩组	O _{3w} 、O _{3c} 、S _{1d} 等	泥岩、粉砂岩	600		
	火山岩类亚区	坚硬火山岩组	J _{3h} 等	熔结凝灰岩	1057-2517		
		坚硬侵入岩、潜火山岩组	T ₃ ⁽¹⁾ 、A ₃ 、J ₃ 、T ₃ ⁽²⁾ 等	花岗岩闪长岩、流纹斑岩等	954		

(1)对天然含水量、天然容重、孔隙比、饱和度、压缩系数等指标值中不合理的数值按式:

$$\bar{X} + 3\delta \pm \frac{3\delta}{\sqrt{2N}} < \text{舍弃值} < \bar{X} - 3\delta \pm \frac{3\delta}{\sqrt{2N}}$$

进行舍弃,尔后统计综合性指标(最大值、最小值、算术平均值);对塑性指数、液性指数、灵敏度、渗透系数、砂土天然休止角只求算术平均值,并以其为综合性指标。

(2)抗剪强度指标:按各级压力下抗剪强度(τ)的算术平均值用最小二乘法计算求得各级压力下的(τ)值,并作图确定内摩擦角(φ)、内聚力(c)值。

(3)压缩系数:用各级不同垂直压力(P)下孔隙比(e)的算术平均值,绘制每一工程地质单元体的平均压缩曲线,并由曲线求得压缩系数(a_{1-2})。

(4)标贯试验指标的统计:当钻杆长度大于3-21m时的锤击数按公式

$$N'_{63.5} = \alpha \cdot N_{63.5}$$

进行校正,大于21m校正系数(α)用《工程地质手册》中表3-2-5数据的相关分析式

$$\alpha = (1.1867 - 0.1552) \ln L$$

确定;对于饱和粉砂、细砂层,当贯入击数($N'_{63.5}$)大于15时,其有效击数按公式

$$N'_{63.5} = 15 + \frac{1}{2} (N'_{63.5} - 15)$$

进行校正;用上述两项校正后的标贯指标,计算有关各单元体的平均贯入击数,作为该指标的综合性指标;另根据实际贯入击数计算了平均贯入击数,以供参考。

(5)本次做的重型(2)动力触探试验,因试验深度较大,无合适的校正公式,故仅根据实际击数计算其平均贯入击数,作为该项指标的综合性指标,贯入击数均未经校正。

各单元体物理力学性质综合性指标,见表2-4.5.6。

2. 承载力的确定

(1)天然地基容许承载力的确定:参照《工民建规范》、《港工规范》,山麓沟谷区因缺少力学性质指标,仅根据岩性和密实度确定;平原区根据物理力学性质指标查表或计算确定;以《工民建规范》为主,最后再据测区内及邻区经验值综合考虑后提出推荐值。用抗剪强度指标计算时,假定基础宽度为3m,基础埋深1.5m,地下水位埋深1.5m。本次所提出的推

表2-4 平原区土体物理力

工程地质单元 体编号	天然含水量 W (%)	天然容重 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	液 限 W _L (%)	塑 限 W _p (%)	塑性指数 I _p (%)	液性指数 I _L
I ₁ ^b	$\frac{34.70-27.17}{30.23}$ 41	$\frac{19.62-17.56}{18.74}$ 45	$\frac{0.963-0.656}{0.841}$ 43	$\frac{37.10-29.10}{32.80}$ 19	$\frac{28.20-14.90}{23.74}$ 19	9.06	0.71
II ₁ ^a	$\frac{32.30-21.80}{26.98}$ 8	$\frac{19.42-17.95}{18.93}$ 7	$\frac{0.934-0.747}{0.803}$ 7	$\frac{39.80-31.80}{36.01}$ 7	$\frac{26.60-20.60}{22.86}$ 7	13.15	0.31
II ₂ ^b	$\frac{39.70-21.70}{30.07}$ 22	$\frac{20.11-17.66}{18.74}$ 22	$\frac{1.099-0.603}{0.851}$ 22	$\frac{36.90-30.80}{33.50}$ 11	$\frac{31.00-20.30}{25.52}$ 12	7.98	0.57
II ₃ ^c	$\frac{53.10-33.30}{42.89}$ 57	$\frac{18.25-16.09}{17.27}$ 57	$\frac{1.540-0.949}{1.214}$ 57	$\frac{48.70-27.20}{37.31}$ 57	$\frac{29.00-17.10}{23.08}$ 56	14.23	1.39
III ₁ ^a	$\frac{30.30-22.00}{24.96}$ 8	$\frac{20.11-18.93}{19.72}$ 8	$\frac{0.850-0.619}{0.695}$ 8	$\frac{44.50-27.10}{36.78}$ 8	$\frac{26.20-16.20}{22.68}$ 8	14.10	0.16
III ₂ ^b	$\frac{42.20-22.70}{33.82}$ 15	$\frac{19.42-16.97}{18.15}$ 15	$\frac{1.198-0.679}{0.970}$ 15	$\frac{40.70-25.30}{30.36}$ 7	$\frac{30.00-17.90}{21.79}$ 7	8.57	1.40
III ₃ ^c	$\frac{49.40-26.60}{39.42}$ 67	$\frac{18.74-15.70}{17.46}$ 68	$\frac{1.433-0.796}{1.136}$ 67	$\frac{46.40-28.10}{35.86}$ 67	$\frac{27.80-16.30}{22.55}$ 67	13.31	1.27
IV ₁ ^a	$\frac{36.20-20.40}{28.22}$ 32	$\frac{20.21-18.15}{19.13}$ 32	$\frac{1.017-0.596}{0.799}$ 32	$\frac{53.70-26.40}{38.38}$ 30	$\frac{30.60-16.20}{22.76}$ 30	15.62	0.35
IV ₂ ^b	$\frac{40.00-24.60}{32.30}$ 2	$\frac{19.62-17.66}{18.64}$ 2	$\frac{1.147-0.695}{0.921}$ 2	$\frac{45.30-29.40}{37.35}$ 2	$\frac{23.30-18.80}{21.05}$ 2	16.30	0.69
V ₁ ^b	$\frac{36.20-21.90}{28.24}$ 17	$\frac{19.82-17.46}{18.34}$ 17	$\frac{1.028-0.629}{0.862}$ 17	$\frac{34.80-22.20}{22.76}$ 9	$\frac{25.30-16.80}{20.69}$ 9	7.07	1.07
V ₂ ^b	$\frac{31.80-14.30}{24.33}$ 9	$\frac{20.80-16.87}{18.74}$ 9	$\frac{0.991-0.466}{0.771}$ 9	$\frac{26.90-25.70}{26.17}$ 3	$\frac{20.20-18.60}{19.33}$ 3	6.84	0.73
VI ₁ ^a	$\frac{35.20-20.40}{25.46}$ 9	$\frac{20.21-17.95}{19.33}$ 9	$\frac{1.039-0.590}{0.739}$ 9	$\frac{58.60-26.20}{36.20}$ 7	$\frac{31.80-13.50}{21.49}$ 7	14.71	0.27
VI ₁ ^c	$\frac{44.90-25.90}{34.38}$ 5	$\frac{18.44-16.87}{17.76}$ 5	$\frac{1.317-0.815}{1.027}$ 5	$\frac{42.00-27.40}{35.58}$ 4	$\frac{23.30-19.30}{21.45}$ 4	14.13	0.91
VI ₂ ^b							
VI ₃ ^d							
VII							

①式中分子为最大值和最小值，分母为算术平均值，右边为频数。标准贯入击数中，分母里带括号者为未经校正的击机械厂工程地质勘察土工试验资料进行统计

学 性 质 综 合 性 指 数 汇 总 表 ①

固结快剪		压缩系数 a _{r-2} (1/MPa ⁻¹)	无侧限抗压强度指标			标准贯入 击 数 N _{63.5}	重型(2)试 验击数(贯 入10cm) (N _{63.5})
内摩擦角 φ(度)	内 聚 力 (kPa ⁻¹)		原 状 土 q _u (kPa ⁻¹)	重 塑 土 q _u (kPa ⁻¹)	灵敏度 St		
$\frac{29^{\circ}25'}{43}$	$\frac{12.75}{43}$	$\frac{0.387-0.092}{0.194}^{40}$	$\frac{140.58-27.37}{89.47}^{33}$	$\frac{63.77-10.01}{42.48}^{15}$	$\frac{2.106}{2.106}$	$\frac{22.33-1.69}{9.28(10.40)}^{20}$	
$\frac{22^{\circ}45'}{6}$	$\frac{30.41}{6}$	$\frac{0.479-0.173}{0.316}^7$	$\frac{151.07-88.68}{121.64}^6$	$\frac{142.44-42.97}{79.85}^6$	$\frac{1.523}{1.523}$	$\frac{9.59-6.67}{8.13(9.00)}^2$	
$\frac{29^{\circ}23'}{21}$	$\frac{14.72}{21}$	$\frac{0.469-0.102}{0.204}^{22}$	$\frac{122.82-22.46}{90.06}^{12}$	$\frac{56.70-9.81}{38.26}^{10}$	$\frac{2.354}{2.354}$	$\frac{22.98-2.56}{10.66(14.41)}^{59}$	
$\frac{11^{\circ}08'}{55}$	$\frac{15.70}{55}$	$\frac{1.469-0.306}{0.826}^{58}$	$\frac{89.47-3.63}{35.81}^{38}$	$\frac{24.33-3.92}{12.16}^{36}$	$\frac{2.944}{2.944}$	$\frac{3.15-2.03}{2.59(3.50)}^2$	
$\frac{19^{\circ}10'}{7}$	$\frac{61.80}{7}$	$\frac{0.286-0.143}{0.224}^8$	$\frac{275.27}{275.27}^1$	$\frac{156.96}{156.96}^1$	$\frac{1.754}{1.754}$		
$\frac{25^{\circ}16'}{14}$	$\frac{13.73}{14}$	$\frac{0.632-0.112}{0.326}^{15}$	$\frac{124.29-32.18}{63.57}^{10}$	$\frac{40.81-8.24}{23.74}^6$	$\frac{2.678}{2.678}$	$\frac{21.18-2.09}{12.36(19.64)}^{14}$	
$\frac{11^{\circ}54'}{67}$	$\frac{20.60}{67}$	$\frac{1.336-0.204}{0.592}^{68}$	$\frac{120.66-5.30}{62.00}^{55}$	$\frac{28.35-4.61}{15.99}^{50}$	$\frac{3.877}{3.877}$	$\frac{10.88-0.71}{2.79(4.04)}^{24}$	
$\frac{20^{\circ}09'}{30}$	$\frac{50.03}{30}$	$\frac{0.541-0.122}{0.255}^{31}$	$\frac{383.67-80.15}{204.15}^{21}$	$\frac{189.23-23.74}{97.51}^{21}$	$\frac{2.094}{2.094}$	$\frac{26.32-6.33}{14.55(22.89)}^9$	
$\frac{14^{\circ}30'}{14}$	$\frac{38.26}{14}$	$\frac{0.408-0.143}{0.275}^2$	$\frac{239.95-139.20}{189.63}^2$	$\frac{109.87-39.53}{74.75}^2$	$\frac{2.537}{2.537}$		
$\frac{24^{\circ}40'}{15}$	$\frac{14.72}{15}$	$\frac{0.581-0.194}{0.357}^{17}$	$\frac{108.40-11.87}{46.40}^8$	$\frac{39.63-5.10}{20.01}^8$	$\frac{2.319}{2.319}$	$\frac{18.51-7.29}{11.69(18.44)}^9$	
$\frac{31^{\circ}18'}{7}$	$\frac{17.66}{7}$	$\frac{0.530-0.143}{0.245}^8$	$\frac{181.58-37.67}{96.53}^3$	$\frac{110.07-11.48}{60.82}^2$	$\frac{1.587}{1.587}$	$\frac{27.90-7.23}{12.23(19.60)}^{25}$	$\frac{37.0}{37.0}^1$
$\frac{21^{\circ}32'}{9}$	$\frac{56.90}{9}$	$\frac{0.265-0.163}{0.214}^9$	$\frac{297.44-78.68}{168.05}^7$	$\frac{151.56-35.71}{91.92}^7$	$\frac{1.828}{1.828}$	$\frac{27.75-12.94}{18.95(30.50)}^8$	$\frac{71.4-50.0}{57.7}^6$
$\frac{18^{\circ}01'}{4}$	$\frac{17.66}{4}$	$\frac{1.091-0.153}{0.551}^5$	$\frac{70.04-38.26}{54.15}^2$	$\frac{44.54-23.05}{33.84}^2$	$\frac{1.600}{1.600}$	$\frac{8.43-0.62}{4.54(7.50)}^6$	$\frac{6.0-5.0}{5.5}^2$
						$\frac{46.43-10.15}{25.68(47.17)}^7$	$\frac{71.4}{71.4}^1$
						$\frac{49.28-19.47}{30.10(45.64)}^5$	$\frac{166.7-7.7}{71.8}^{42}$
							$\frac{250}{250}^1$

数之算术平均值。重型(2)试验击数未经校正，按实击数进行统计。Ⅲ₁^a单元体的指标，搜集了区内杭钢小轧分厂和杭州重型

荐值未考虑下卧软土层的影响。

平原区和山麓沟谷区天然地基容许承载力分别见表 2-7、8。

(2) 桩基承载力的确定：鉴于测区的特点和具体情况，仅确定钢筋混凝土预制桩桩尖极

表 2-5 渗 透 试 验 成 果 统 计 表①

单 元 体 编 号	渗 透 系 数	
	垂直kV (cm/s)	水平kH (cm/s)
II ₃ ^c	7.34×10 ⁻⁶ / 1	
III ₃ ^c	1.46×10 ⁻⁷ / 1	3.99×10 ⁻⁸ / 1
IV ₁ ^a	6.54×10 ⁻⁷ / 2	1.45×10 ⁻⁷ / 1
VI ₁ ^a	1.33×10 ⁻⁸ / 1	1.81×10 ⁻⁸ / 1

① 表中的分数，其分子为算术平均值，分母为频数

表 2-6 天 然 休 止 角 试 验 成 果 统 计 表①

单 元 体 编 号	天 然 休 止 角	
	水 上 (度)	水 下 (度)
I ₁ ^b	43.00/ 2	33.75/ 2
II ₂ ^b	38.50/ 1	28.00/ 1
III ₂ ^b	36.50/ 2	24.25/ 1
IV ₁ ^a	42.50/ 1	25.50/ 1
V ₂ ^b	43.83/ 3	28.50/ 3
VI ₁ ^a	44.00/ 2	28.50/ 2

① 表中的分数，其分子为算术平均值，分母为频数

表 2-7 平原区天然地基容许承载力(R)确定表① (单位：kPa)

单元体编号	根据《工民建地基规范》查表	根据《港工地基规范》查表	按《工民建规范》 中标贯击数确定	计 算 法		推 荐 值
				临塑荷载 (P _{cr})	塑性荷载 (P _{1/4})	
I ₀						69—88
I ₁ ^b	127.53	132.44		160.88	190.31	98—147
II ₁ ^a	156.96—186.39	186.39—206.01	215.82	120.66	138.32	98—147
II ₂ ^b	147.15	147.15	162.85	162.85	192.28	118—157
III ₁ ^a	274.68	284.49				147—196

① 用计算法确定临塑荷载及塑性荷载时，按基础宽度 3m，基础埋深 1.5m，地下水位为 1.5m 计算；确定承载力时，未考虑下卧软土层的影响

限阻力和桩侧极限摩阻力。根据各单元体的岩性特征、物理力学性质综合指标及埋藏深度,参照《工民建规范》及《港工规范》查表;根据标贯击数计算(用施默特曼公式),再同邻区经验值对比后,综合考虑确定;以《工民建规范》为主,但未考虑厚度变化的影响。各工程地质单元体的桩尖极限阻力和桩侧极限摩阻力见表2-9。

(三)各工程地质单元体的工程地质条件

1. 平原区

(1)人工填土(I_0):由人工填土组成,多为素填土,岩性为亚粘土混杂砖、瓦碎块及一些生产、生活或建筑垃圾。主要分布在杭州市区及一些村镇附近,层厚0.50-4.50m不等,物理力学性质变化较大,其性质较好的或经夯实的地段可作一般工民建的天然地基。天然地基容许承载力69-88kPa,桩侧极限摩阻力29-39kPa。对于性质较差的地段,建筑施工时应予清除。

(2)亚粘土(I_1^1):由全新统上组湖沼积(lhQ_4^3)灰色、灰黑色亚粘土组成,以软塑为主,局部软可塑,见铁锰斑点,富含有机质及炭化植物残片,底部常见灰黑色薄层泥炭或有机质粘土。分布零星,仅分布在古荡-蒋村、西湖周边和祥符桥以北一带。多数直接出露地表,层厚1.30-1.55m,上覆常有0.5m左右的种植土。该层因厚度较小,且底部有泥炭或有机质土层,土层性质差,一般不适宜作天然地基。桩侧极限摩阻力29-39kPa。

(3)轻亚粘土、粉砂(I_1^2):由全新统上组冲积、冲海积(alQ_4^3 、 $al-mQ_4^3$)黄灰、灰黄、褐黄色轻亚粘土、粉砂组成,局部为粉细砂。具层状构造,局部夹亚粘土薄层,常见铁锰质锈斑。稍一中密状,具中等压缩性。主要分布在钱塘江地层区,苕溪地层区分布极零星。多数直接出露地表,上覆常有0.5m左右的种植土。层厚一般1.5-12m。天然状态下物理力学性质尚好,天然地基容许承载力98-147kPa,桩侧极限摩阻力39-59kPa,适宜作一般工民建的天然地基。但应注意在动荷载条件下易产生地基土液化,在动水压力条件下易产生管涌、流砂等不良工程地质现象及软弱粘性土夹层的不良影响。

(4)亚粘土(II_1^1):由全新统中组冲湖积($al-lQ_4^2$)灰黄、黄褐色亚粘土组成,局部轻亚粘土。具层状、斑杂状构造,常见铁锰质斑点。可塑-硬塑,中等压缩性。多数位于 I_1^1 层之下或直接出露于地表;出露地表的地带上覆0.5m种植土。除笕桥-彭埠-浦沿-袁浦一带缺失外,广布各地层区。层厚0.50-6.20m,钱塘江地层区一般在2.0-3.5m;浦阳江地层区一般2.40-4.80m;苕溪地层区一般2-4m。本层工程地质性质较好,天然地基容许承载力98-147kPa,桩侧极限摩阻力29-59kPa,适宜作一般工民建的天然地基。当厚度较小时,应注意下卧软土层的影响,并对软土层进行强度验算,以免导致建筑物的不均匀沉降及变形破坏。

(5)粉细砂、轻亚粘土(II_1^2):由全新统中组冲海积($al-mQ_4^2$)灰、灰黄、灰带绿色的粉细砂、轻亚粘土组成,局部为粉细砂夹亚粘土,具层状构造。下部颗粒变粗,底部偶有小砾,见有铁锰质斑点。稍密一中密状,中等压缩性,中灵敏度。主要分布于钱塘江、浦阳江地层区及苕溪地层区的三墩-灯泡厂一带,近山地带缺失。钱塘江地层区顶板埋深一般2-12m,层厚1.20-18.30m;浦阳江地层区顶板埋深2.40-4.80m,层厚1.70-8.00m;三墩-灯泡厂一带顶板埋深2.80-5.70m,层厚1.20-3.30m。天然状态下工程地质性质尚好,天然地基容许承载力118-157kPa,桩侧极限摩阻力39-64kPa,适宜作一般工民建的天然地基。但应注意在动荷载条件下易产生液化等不良工程地质现象及垂直、水平方向

表 2-8 山麓沟谷区天然地基容许承载力(R)确定表^① (单位: kPa)

单元体编号	根据《工民建地基规范》	根据《港工地基规范》	推 荐 值
I -III	147. 15—196. 20	147. 15—196. 20	147—196
IV -VI	196. 20—392. 40	196. 20—392. 40	196—392
VII	392. 40—588. 60	392. 40—588. 60	392—589

① 因缺少力学性质指标, 其容许承载力是根据野外判断的密实度查表确定的

表 2-9 钢筋混凝土预制桩桩尖极线阻力(R_j)和桩侧极限摩阻力(f)确定表^① (单位: kPa)

工程地质单元体编号	根据《工民建地基规范》		根据《港工地基规范》		根据标贯击数计算确定		推 荐 值	
	R _j	f	R _j	f	R _j	f	R _j	f
I ₀		39.24—68.67		24.53—34.34				29—39
I ₁ ^a		39.24—68.67		24.53—34.34				29—39
I ₁ ^b		49.05—68.67		24.53—39.24		38.26		39—59
II ₁ ^a		39.24—68.67		24.53—34.34		44.15		29—59
II ₂ ^b		49.05—68.67		34.34—44.15		46.11		39—64
II ₃ ^c		13.73—23.54		4.91—14.72				14—20
III ₁ ^a	1569.60—3139.20	39.24—68.67	1088.91—1667.70	53.96—63.77			1472—2453	39—64
III ₂ ^b		49.05—68.67		39.24—88.29				29—69
III ₃ ^c		13.73—23.54		4.91—14.72				15—25
IV ₁ ^a	3531.60	39.24—78.48	1667.70—2943.00	63.77—93.20	2481.93	58.86	1668—3139	59—88
IV ₂ ^b		39.24—68.67		49.05—53.96				39—54
V ₁ ^b		29.43—49.05		83.39—93.20		50.03		39—69
V ₂ ^b		49.05—78.48		88.29—98.10	2116.51	53.96	1766—2158	49—78
VI ₁ ^f	3531.60—4316.40	39.24—68.67	2354.40—2943.00	83.39—93.20	3237.30	78.48	2354—3924	59—78
VI ₁ ^c		39.24—68.67		49.05—53.96				39—69
VI ₂ ^b	2354.40—3531.60	58.86—68.67	3041.10—4610.70	98.10—107.91	4383.40	107.91	2943—4415	69—98
VI ₃ ^d	8829.00	78.48—98.10	7848.00—9810.00	112.82—122.63			7848—9810	98
VII	4708.80—8829.00	78.48	7848.00—9810.00	103.01—122.63			4709—7848	98

① 表中推荐的桩尖阻力和桩侧摩阻力均为极线值; 根据标准贯入击数确定的桩尖阻力和桩侧摩阻力是利用施默特曼公式计算的, 表中根据《工民建地基规范》确定的极限值是按打入式预制桩的容许值乘以 2 计算的

的性质差异变化的影响。

(6) 淤泥质亚粘土 (II_3): 由全新统中组海积 (mQ_4^2) 灰、深灰色淤泥质亚粘土、淤泥质粘土、粘土、亚粘土等组成。软—流塑状, 中—高灵敏度, 高压缩性, 垂直方向微透水, 其垂直和水平方向力学性质亦有差异。除局部零星缺失外, 广布各地层区。顶板埋深在 1.62—18.50m, 层厚 0.95—20.20m。本层含水量高, 孔隙比大, 力学性质差, 不宜作天然地基或短桩基持力层。桩侧极限阻力 14—20kPa。

(7) 亚粘土、粘土 (III_1): 由全新统下组冲湖积 ($al-lQ_4^1$) 灰黄、黄褐、灰绿色亚粘土、粘土等组成, 局部为轻亚粘土, 普遍见有铁锰质斑点。可塑—硬塑状, 中等压缩性, 中—低灵敏度。仅分布于苕溪地层区灯泡厂—拱宸桥—祥符桥一带及三墩以西等地。因受后期侵蚀切割, 其顶板起伏及厚度变化较大, 局部与 II_1 层直接接触。顶板埋深 3.15—13.90m, 层厚 0.40—5.95m (图 2-1)。该层物理力学性质良好, 为良好的短桩基持力层。在埋藏浅的地段可作建筑物的天然地基, 在与 II_1 层直接接触的地段条件更佳。天然地基容许承载力 147—196kPa, 桩尖极限阻力 1472—2453 kPa, 桩侧极限摩阻力 39—64kPa。利用本层时须注意其顶板起伏及厚度变化, 当厚度较小时须注意下卧软土层的影响。

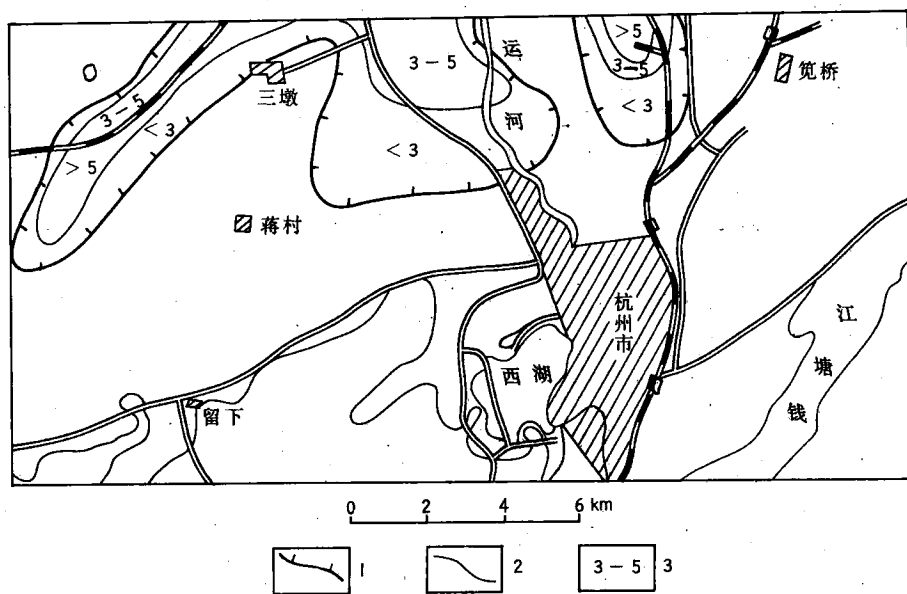


图 2-1 III_1 单元体等厚度图

1. 分布范围 (虚方向有分布); 2. 等厚度界线; 3. 层厚 (m)

(8) 轻亚粘土、粉细砂 (III_2): 由全新统下组冲海积 ($al-mQ_4^1$) 灰、深灰、灰绿色轻亚粘土、粉细砂组成, 夹亚粘土或为互层。稍—中密状, 具中等压缩性, 中灵敏度。分布于李家湾—南阳坝—灯泡厂—红卫乡—彭埠一带和南星桥—钱塘江大桥—转塘一带, 以及石岩等地, 多呈带状分布。顶板埋深 5.00—18.00m, 层厚 1.80—8.80m, 在钱塘江地层区埋藏较深, 厚度亦大。物理力学性质一般, 桩侧极限摩阻力 29—69kPa。在动荷载条件下易产生液化等不良工程地质现象。因在不同地段具有性质较差的粘性土夹层, 故在纵横方向上力学强度差异较大, 不作持力层考虑。

(9) 淤泥质亚粘土 (III_3): 由全新统下组海积 (mQ_4^1) 灰、深灰、褐灰色淤泥质亚粘土、淤

泥质粘土、淤泥和粘土、亚粘土等组成。软塑—流塑，高压缩性；中—高灵敏度，垂直和水平方向均不透水。除局部零星缺失外，广布各地层区。顶板埋深8.10—29.50m，局部与II₃层直接接触，难以区分；层厚0.77—25.10m，钱塘江地层区埋深、厚度均较大，其次为浦阳江地层区。本层物理力学性质差，桩侧极限摩阻力15—25kPa，不宜作桩基持力层。

(10) 亚粘土、粘土(IV₁)：由上更新统上组冲湖积($al-IQ_3^2$)灰绿、褐黄、棕黄色亚粘土、粘土组成，局部夹轻亚粘土、粉细砂薄层或透镜体，普遍见铁锰质斑点、团块等。可塑—硬塑，中等压缩性，中灵敏度，水平、垂直方向均不透水。各地层区均有分布。因受后期侵蚀切割，其顶板起伏及厚度变化较大，顶板埋深15—30m，在蒋村—古荡、农药厂—彭埠及六堡、定海村、钱江农场附近，埋深均在25m以上；湖滨—四季青一带的杭州市区埋深在20—25m之间；蒋村及灯泡厂—红卫一线以北，转塘—周浦和临浦附近的近山地带均在15m以内。从总体上看，钱塘江地层区埋藏相对较深，如彭埠附近揭露最深达36.75m，该层厚1.20—18.50m，三墩—祥符桥、六堡、转塘、临浦附近层厚可达10m以上(图2-2)。该层物理力学性质良好，桩尖极限阻力1663—3139kPa，桩侧极限摩阻力59—88kPa，埋藏适中，为平原区较理想的中长桩持力层。但应注意其顶板起伏及厚度变化。本层对杭州市的工程建设具有较重要的意义。如中国银行杭州市分行主楼桩端就坐落在该层中，埋深21.70—27.60m，层厚3.10—5.80m。主楼地面14层，地下1层，高度58.30m。采用40×40cm的钢筋混凝土预制桩，极限单桩承载力采用1293.6kN。

(11) 亚粘土(IV₂)：由上更新统上组海积(mQ_3^2)灰、灰褐色亚粘土组成，可塑，中等压缩性，中灵敏度。仅分布于苕溪地层区的南阳坝附近，钻孔揭露顶板埋深在26.70—27.40m，层厚2.80—4.40m。物理力学性质较差，桩侧极限摩阻力39—54kPa，不宜作持力层。

(12) 轻亚粘土(V₁)：由上更新统上组冲积($alIQ_3^2$)灰、灰黄、褐黄色轻亚粘土组成，夹粉砂，稍—中密状，中等压缩性，中灵敏度。主要分布在蒋村—祥符桥、彭埠及钱塘江东侧的钱塘江南岸，顶板埋深22.50—36.05m，层厚1.25—8.20m。物理力学性质一般，不宜作桩基持力层，桩侧极限摩阻力39—69kPa。

(13) 粉砂、细砂、砂砾石(V₂)：由上更新统上组冲积(alQ_3^2)灰黄、褐黄、灰色粉砂、细砂、粉细砂和砂砾石组成，含粘性土。浦阳江地层区以砂砾石为主，钱塘江地层区以细砂、粉细砂为主。稍—中密，中等压缩性。各地层区均有分布。顶板埋深20.00—38.00m，层厚0.40—17.50m，钱塘江地层区埋藏较深。物理力学性质尚好，桩尖极限阻力1760—2158kPa，桩侧极限摩阻力49—78kPa，可作桩基持力层。但应注意其厚度变化及软弱粘性土夹层的影响。

(14) 粘土、亚粘土(VI₁)：由上更新统下组冲湖积($al-IQ_3^1$)褐黄、黄灰、灰绿色粘土、亚粘土组成，局部为轻亚粘土，在袁浦一带及钱塘江沿岸普遍含砾石，见有铁锰质浸染和斑点。可塑—硬塑，中等压缩性，中—低灵敏度。垂直和水平方向均不透水。主要分布在杭州市以北及三墩—蒋村、西兴西北部、袁浦—周浦及义桥—临浦一带。因受后期侵蚀切割的影响，其顶板起伏及厚度变化均较大，顶板埋深25—35m。钱塘江地层区呈断续的条带状分布，埋藏较深，在钱塘江南岸最深处达42m；但在袁浦—周浦一带较浅，局部埋深小于25m，层厚大多在3m以上，见图2-3。本层天然含水量适中，厚度较大，物理力学性质良好，桩尖极限阻力2354—3924kPa，桩侧极限摩阻力59—78kPa，是本区良好的中长桩或长桩基持力层。但应注意其顶板起伏及厚度变化的影响。

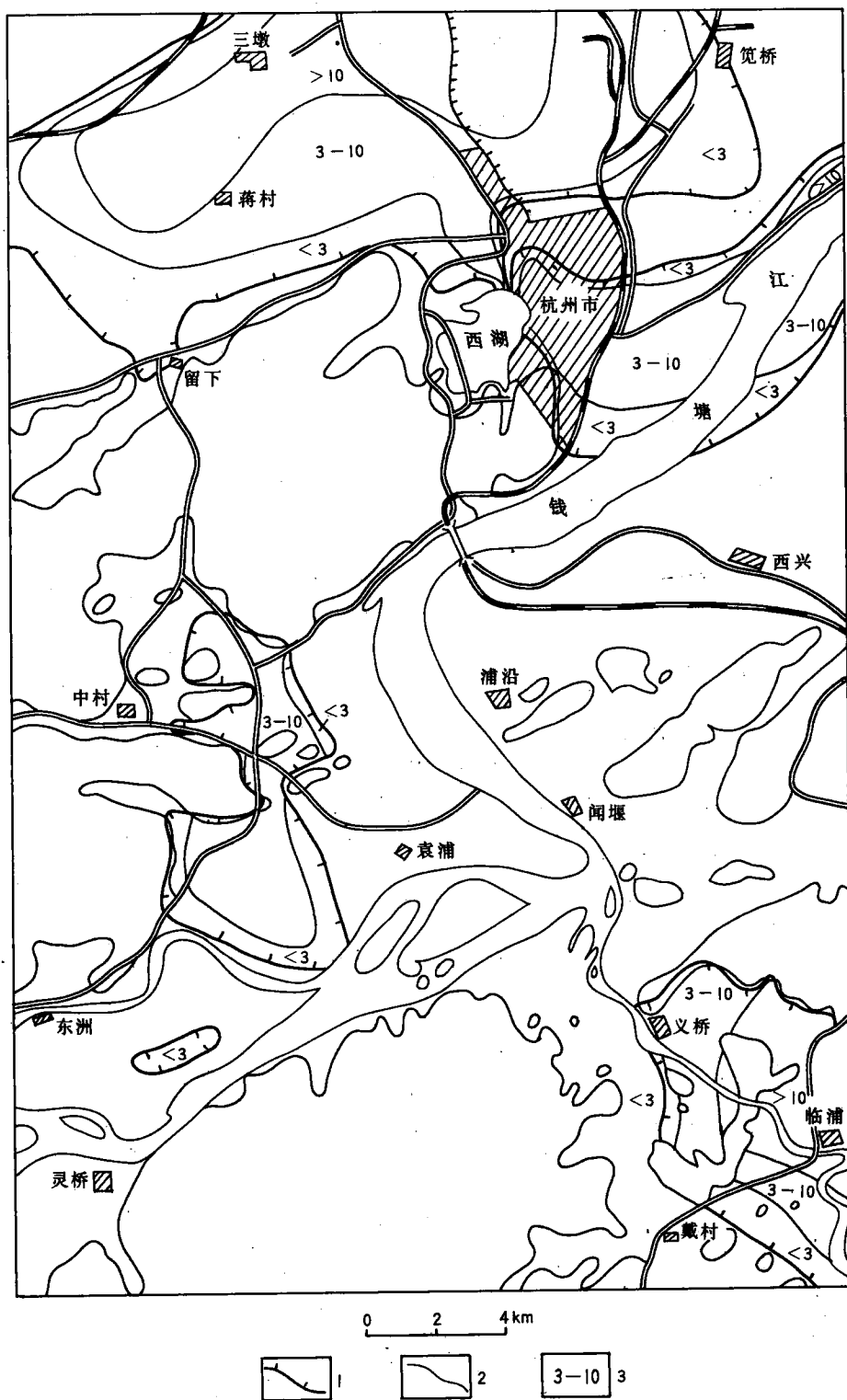


图 2-2 IV₁单元体等厚度图

1. 分布范围 (齿方向有分布); 2. 等厚度界线; 3. 层厚 (m)

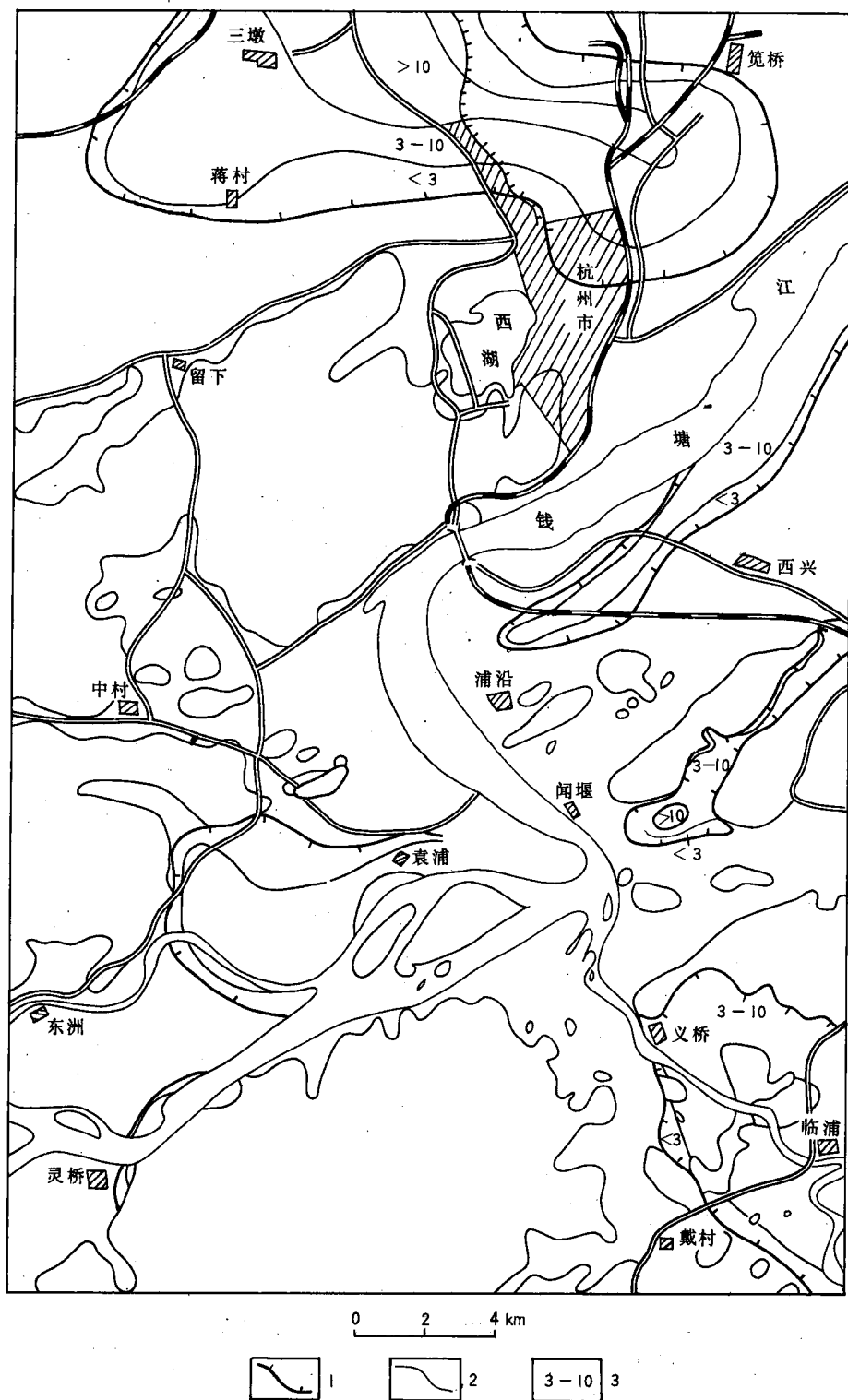


图 2-3 IV₁单元体等厚度图

1. 分布范围 (齿方向有分布); 2. 等厚度界线; 3. 层厚(m)

(15) 亚粘土、粘土 (VI_1): 由上更新统下组湖沼积 (lhQ_3^1) 灰、灰褐色亚粘土、粘土组成, 局部为轻亚粘土。软塑—可塑, 中—高压缩性, 低灵敏度。各地层区均有零星分布, 钱塘江及浦阳江地层区顶板埋深 35.90—40.00m, 层厚 4.95—10.95m; 苕溪地层区顶板埋深 26.15—27.10m, 层厚 1.15—2.41m。该层天然含水量较高, 物理力学性质较差, 桩侧极限摩阻力 39—69kPa, 不宜作桩基持力层。

(16) 粉砂、粉细砂 (VI_2): 由上更新统下组冲积 (alQ_3^2) 青灰—褐黄色粉砂、粉细砂组成, 局部含砾。中密状, 中—低压缩性。主要沿苕溪古河道和钱塘江古河道断续分布。顶板埋深 28.20—43.50m, 层厚 1.60—10.30m。该层物理力学性质良好, 桩尖极限阻力 2943—4415kPa, 桩侧极限摩阻力 69—98kPa, 可作桩基持力层。

(17) 砂砾石 (VI_3): 由上更新统下组冲积 (alQ_3^3) 灰黄、灰、灰带褐色的砂砾石组成。砂与砾混杂, 砾石占 30—60%, 砾石微风化, 含少量粘性土, 局部粘性土呈透镜状。中密—密实, 校正后的平均贯入击数 30 击, 重(2)型试验击数为 73 击 (未经校正的平均贯入击数)。沿苕溪、钱塘江及浦阳江古河道分布; 顶板埋深 23.40—49.50m, 层厚 0.40—22.24m, 钱塘江地层区埋深相对较浅, 厚度较大; 浦阳江地层区埋藏较深。物理力学性质良好, 桩尖极限阻力 7849—9810kPa, 桩侧极限摩阻力 98kPa。可作为各类高层建筑物、中型及重型工程的中长桩或长桩持力层。

(18) 粘性土含砾石、砂砾石混粘性土 (VII): 由中更新统上组洪积、冲洪积 (plQ_2^2 , $al-plQ_2^2$) 棕黄、褐黄、灰绿色粘性土含砾石、砂砾石混粘性土组成, 砾石占 10—50%, 微—中等风化, 粘性土占 40—50%。粘性土为硬塑—坚硬塑; 砂、砾、粘性土结构极密实, 低压缩性。重(2)型勘探试验击数 250 击 (未经校正的平均击数)。除各地层区零星缺失外, 分布广泛。顶板埋深 19.64—59.40m, 层厚 0.30—14.20m, 近山地带埋藏较浅。物理力学性质良好, 桩尖极限阻力 4709—7848kPa, 桩侧极限摩阻力 98kPa, 可作各类重要建筑物和重型工程的桩基持力层。

2. 山麓沟谷区

(1) 砂砾石 ($I-III$): 由全新统洪冲积灰黄、褐黄色砂砾石组成, 局部间夹轻亚粘土、亚粘土透镜体, 松散, 分选差, 砾石含量 50—60%, 多者达 70—80%, 自上而下砾石增多, 砾径变大。分布于山麓沟谷区, 局部上覆填土, 层厚变化大, 厚 3—8m。本层物理力学性质一般, 天然地基允许承载力 147—196kPa, 可作一般工民建的天然地基。但应注意粘性土透镜体的影响, 以免造成基础不均匀沉降。

(2) 粘性土含碎砾石 ($IV-VI$): 由上更新统洪冲积、洪积、坡洪积褐黄、黄褐、棕黄色轻亚粘土, 亚粘土含碎砾石, 砂砾石含轻亚粘土, 亚粘土及砂砾石等组成。中密状, 主要分布在沟谷和坡麓地带, 有时埋藏在 $I-III$ 层之下, 常被 $I-III$ 层切穿, 大多构成相对平坦的洪积扇和坡洪积裙, 到沟谷常延至平原深部, 顶板埋深 0—14.00m, 厚度变化较大, 厚 3—20m。该层性质良好, 天然地基容许承载力 196—392kPa, 是各类高层建筑较为理想的天然地基。

(3) 粘性土含碎砾石 (VII): 由中更新统残坡积、坡洪积棕红、褐红色亚粘土, 亚粘土含碎砾石, 砂砾石含粘性土等组成, 亚粘土为硬塑—坚硬状, 砂砾石为密实状。分布于山麓地带, 并向平原深部延伸。埋深、厚度变化均较大, 顶板埋深一般在 0—32.80m, 层厚在 4—22m, 自山边向平原逐渐加深。该层性质好, 天然地基容许承载力 392—589kPa, 为

各类高层建筑良好的天然地基。

3. 丘陵山区

(1)岩溶发育灰岩组：包括黄龙组、船山组、栖霞组，岩性为中厚层状灰岩，生物碎屑灰岩，含燧石结核和燧石条带灰岩。岩石坚硬，强度较高。据浙江省地质研究所测定：黄龙组灰岩湿抗压强度54619—69230kPa；船山组灰岩湿单轴抗压强度76487kPa。岩层多为中厚层状，完整性好。但岩溶较发育，在进行各类建筑时应着重研究岩溶的形态和发育规律，溶沟地段注意其发育的深度及密集程度等，以免造成开挖量过大。溶洞地段注意溶洞的埋深、几何形态、充填情况以及溶漏、坍漏等一系列不良工程地质问题。

(2)岩溶较发育的杂质灰岩组：包括华严寺组泥质灰岩夹白云质灰岩、西阳山组隐晶饼条灰岩夹泥质灰岩、大田坝组瘤状泥质多晶灰岩、荆山组及闲林埠组生物碎屑灰岩夹瘤状灰岩，牯牛潭组含生物不等粒灰岩。岩石坚硬，经测定，华严寺组灰岩湿抗压强度54619—89333kPa，闲林埠组灰岩湿单轴抗压强度54619kPa，牯牛潭组灰岩69230kPa。在进行各类工程建设时，一方面要注意岩溶的发育状态，同时要着重研究该组地层的不均一性所造成的不良工程地质问题。

(3)中厚层状石英砂岩、石英砂砾岩组：主要为西湖组石英砂岩、石英砂砾岩。岩石坚硬，抗压强度120614—227499kPa，本次测定湿单轴抗压强度46579kPa。抗风化能力强，岩性单一，夹层少，均匀性好。但层间裂隙十分发育，断裂构造发育地段岩石较破碎，在各类工程建设时应予以注意。

(4)层状长石岩屑粉砂岩组：主要包括珠藏坞组石英砂岩、粉砂质泥岩；唐家坞组长石岩屑细砂岩、粉砂岩；唐山组中细粒岩屑砂岩夹泥岩、粉砂质泥岩；大白地组岩屑中细粒砂岩夹粉砂岩、泥岩等。岩石较坚硬，抗压强度63739—132185kPa，湿抗压强度55894kPa。具层状构造，岩性变化较大，岩体的完整性和均匀性较差。特别是断裂构造发育地段岩石较破碎，在进行各类工程建设时应着重注意岩石的不均一性部分，注意岩石的层间裂隙及软弱夹层。

(5)薄层状泥质粉砂岩、泥岩组：主要包括震旦系凝灰质粉细砂岩；荷塘组硅质页岩夹粉砂岩；黄泥岗组含钙质结核泥岩；长坞组泥质粉砂岩、泥岩；文昌组岩屑粉砂岩、细砂岩；安吉组粉砂细砂岩夹薄层泥岩。具中层状—薄层状构造，岩性变化大，软弱夹层多。页岩抗压强度为58836kPa。岩石的完整性和均匀性较差，工程地质条件较复杂，在进行建筑、地下工程及岩石边坡等工程设计时，应着重注意软弱夹层问题。

(6)块状火山岩类组：主要为上侏罗统的晶屑玻屑熔结凝灰岩、玻屑熔结凝灰岩、含角砾玻屑凝灰岩、沉凝灰岩等。岩石坚硬，极限抗压强度103649—246817kPa，本次测湿单轴抗压强度102963—134244kPa，以块状为主，局部夹有软弱薄层，节理裂隙较发育（特别是断裂带附近）。在岩石边坡设计工程时应考虑坍塌等问题；进行工程建筑设计时应考虑软弱夹层遇水软化等问题。

(7)块状侵入岩、潜火山岩组：主要包括花岗岩、花岗斑岩、流纹斑岩、霏细斑岩；安山玢岩等。岩石坚硬，抗风化能力强，湿单轴抗压强度93549kPa。节理裂隙发育，大部分为闭合型。岩体完整性及均匀性均较好，工程地质条件良好，适宜各类工民建筑和地下工程建设，一般建筑不需要特殊处理，甚至地下建筑也不需要衬砌。