

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ 83-2011

备案号 J 1186-2011

软土地区岩土工程勘察规程

Specification for geotechnical investigation
in soft clay area

2011-04-22 发布

2011-12-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

软土地区岩土工程勘察规程

Specification for geotechnical investigation
in soft clay area

JGJ 83-2011

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 1 年 1 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2011 北 京

中华人民共和国行业标准
软土地区岩土工程勘察规程

Specification for geotechnical investigation
in soft clay area

JGJ 83 - 2011

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：4 字数：107 千字

2011 年 11 月第一版 2011 年 11 月第一次印刷

定价：**20.00 元**

统一书号：15112·21097

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 998 号

关于发布行业标准《软土地区 岩土工程勘察规程》的公告

现批准《软土地区岩土工程勘察规程》为行业标准，编号为 JGJ 83-2011，自 2011 年 12 月 1 日起实施。其中，第 5.0.5 条为强制性条文，必须严格执行。原行业标准《软土地区工程地质勘察规程》JGJ 83-91 同时废止。

本标准由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2011 年 4 月 22 日

前 言

根据原建设部《关于印发〈二〇〇二~二〇〇三年度工程建设城建、建工行业标准制订、修订计划〉的通知》(建标[2003]104号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,修订了本规程。

本规程的主要技术内容是:1. 总则;2. 术语和符号;3. 基本规定;4. 测绘调查、勘探和测试;5. 地下水;6. 场地和地基的地震效应;7. 天然地基勘察;8. 地基处理勘察;9. 桩基工程勘察;10. 基坑工程勘察;11. 勘察成果报告。

本规程修订的主要技术内容是:1. 将原规范由8章调整为11章;2. 增加了“术语和符号”;3. 岩土工程勘察基本要求中明确了软土勘察等级,初步勘察的勘探线、勘探点间距和初步勘察的勘探孔深度;4. 修订了“调查、勘探和测试”一章,强调软土地区应加强原位测试工作,规定了原位测试的试验项目、测定参数、主要试验目的;5. 修订了“地下水”一章,增加了“现场勘察时地下水测量要求”和“抗浮设防水位确定”内容;6. 修订了“强震区场地和地基”一章,增加了“软土地区地震效应勘察内容”和“当设防烈度等于或大于7度时,对厚层软土分布区软土震陷可能性的判别”内容;7. 增加了“天然地基勘察”一章;8. 增加了“地基处理勘察”一章;9. 修订了“桩基工程勘察”一章,增加了“单桩极限承载力根据地区经验按土的埋深和物理力学指标进行计算”的内容和“附录E 单桩竖向承载力的经验公式”;10. 增加了“基坑工程勘察”一章;11. 增加了“岩土工程勘察成果报告”一章。

本规程中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格

执行。

本由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国建筑科学研究院（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码100013）。

本规程主编单位：中国建筑科学研究院

本规程参编单位：上海市岩土工程勘察设计院

南京市测绘勘察研究院有限公司

天津市勘察院

中航勘察设计院

北京市勘察设计院

深圳市勘察研究院有限公司

福建省建筑设计研究院

本规程主要起草人员：李显忠（以下按姓氏笔画排列）

邓文龙 吴永红 李峰 杨俊峰

陈希泉 林胜天 周宏磊 顾国荣

樊有维 滕延京

本规程主要审查人员：方鸿琪 王静霞 宋二祥 姜建军

阎德刚 金淮 周与诚 汪一帆

张效军

目次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	3
3 基本规定	6
3.1 一般规定	6
3.2 勘察等级	6
3.3 可行性研究勘察	8
3.4 初步勘察	8
3.5 详细勘察	11
3.6 施工勘察	13
4 测绘调查、勘探和测试	14
4.1 一般规定	14
4.2 工程地质测绘和调查	14
4.3 钻探和取样	15
4.4 室内试验	17
4.5 原位测试	20
4.6 监测	21
5 地下水	23
6 场地和地基的地震效应	26
6.1 一般规定	26
6.2 抗震地段划分与场地类别	27
6.3 液化与震陷	27
6.4 地震效应评价	31
7 天然地基勘察	32

7.1	一般规定	32
7.2	地基承载力确定	33
7.3	地基变形验算	36
7.4	天然地基的评价	39
8	地基处理勘察	40
8.1	一般规定	40
8.2	地基处理勘察与评价	41
9	桩基工程勘察	43
9.1	一般规定	43
9.2	承载力与变形	45
9.3	桩基勘察评价	46
10	基坑工程勘察	48
10.1	一般规定	48
10.2	勘察工作量及参数选用	49
10.3	基坑工程评价及地下水控制	50
11	勘察成果报告	51
11.1	一般规定	51
11.2	岩土参数的分析和选定	51
11.3	成果报告的基本要求	52
附录 A	中国软土主要分布地区的工程地质区划略图	55
附录 B	中国软土主要分布地区软土的工程地质特征表	56
附录 C	试样质量等级的选择	57
附录 D	土粒相对密度和泊松比的经验值	58
附录 E	单桩竖向承载力的经验公式	59
	本规程用词说明	64
	引用标准名录	65
	附：条文说明	67

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
3.1	General Requirements	6
3.2	Class of Investigations	6
3.3	Feasibility Study Investigations	8
3.4	Preliminary Geotechnical Investigations	8
3.5	Detailed Investigations	11
3.6	Investigations During Construction	13
4	Survey and Drawing of Investigation, Exploration and Test	14
4.1	General Requirements	14
4.2	Engineering Geologic Mapping and Survey	14
4.3	Drilling and Sampling	15
4.4	Laboratory Experiments	17
4.5	In Situ Tests	20
4.6	Monitoring	21
5	Ground Water	23
6	Seismic Effect of Field and Foundation	26
6.1	General Requirements	26
6.2	Anti-seismic Section Classification and Field Classification	27
6.3	Liquefaction and Seismic Subsidence	27
6.4	Seismic Effect Evaluation	31

7	Investigations for Natural Foundation	32
7.1	General Requirements	32
7.2	Determination of Ground Bearing Capacity	33
7.3	Foundation Deformation Analysis	36
7.4	Evaluations of Natural Foundation	39
8	Investigations for Foundation Treatment	40
8.1	General Requirements	40
8.2	Investigations and Evaluations of Foundation Treatments	41
9	Investigations for Pile Foundation Engineering	43
9.1	General Requirements	43
9.2	Bearing Capacity and Deformation	45
9.3	Evaluation of Investigations for Pile Foundation Engineering	46
10	Investigations for Foundation Excavations	48
10.1	General Requirements	48
10.2	Workload of the Investigation and Selection of Parameters ...	49
10.3	Evaluation of Excavation and Ground Water Control	50
11	Geotechnical Survey Reports	51
11.1	General Requirements	51
11.2	Analysis and Recommends of Geotechnical Parameters	51
11.3	Fundamental Requirements of Reports	52
Appendix A	Sketch Zoning Map for Soft Clay Mainly Distributed Regions in China	55
Appendix B	Engineering Geologic Characteristic Table for Soft Clay Mainly Distributed Regions in China	56
Appendix C	Selection for Quality Grade of Sample	57
Appendix D	Empirical Value of Poisson Ratio and Specific Gravity of Soil Grain	58
Appendix E	Empirical Formula of Vertical Bearing Capacity	

of Single Pile	59
Explanation of Wording in This Specification	64
List of Quoted Standards	65
Addition: Explanation of Provisions	67

1 总 则

1.0.1 为在软土地区岩土工程勘察中贯彻国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于软土地区的建筑场地和地基的岩土工程勘察。

1.0.3 软土地区岩土工程勘察，应做到体现软土地区的特点、重视地区经验、广泛搜集资料、详细了解建设和设计要求，精心勘察、精心分析，并应提出资料完整、真实准确、评价正确的勘察报告。

1.0.4 对于重要的建筑物和有特殊要求的软土地基或对环境有影响的工程，在施工及使用过程中，宜根据工程建设的需要进行监测。

1.0.5 软土地区岩土工程勘察除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 软土 soft clay

天然孔隙比大于或等于 1.0、天然含水量大于液限、具有高压缩性、低强度、高灵敏度、低透水性和高流变性，且在较大地震力作用下可能出现震陷的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。

2.1.2 薄壁取土器 thin wall sampler

内径为 75mm~100mm、面积比不大于 10%（内间隙比为 0）或面积比为 10%~13%（内间隙比为 0.5~1.0）的无衬管取土器。

2.1.3 灵敏度 sensitivity

原状黏性土与其含水率不变时的重塑土的强度比值。

2.1.4 流变性 rheological property

软土在长期荷载作用下，随时间增长发生的缓慢、长期的剪切变形，导致土的长期强度小于瞬间强度的性质。

2.1.5 触变性 thixotropy

黏性土受到扰动作用导致结构破坏、强度丧失，当扰动停止后，强度逐渐恢复的性质。

2.1.6 压缩层 compressed layer

地基沉降计算深度范围内土层的总称。

2.1.7 软土震陷 soft clay earthquake subsidence

由于地震引起软土软化而产生的地面或地基沉陷的现象。

2.1.8 地面沉降 ground subsidence, land subsidence

由于大范围过量抽汲地下水，引起地下水位下降，土层固结压密而造成的大面积地面下沉现象，或者由于大面积堆载而产生

的地面下沉现象。

2.1.9 负摩阻力 negative skin friction, dragdown

桩身周围土的沉降大于桩身垂直向下的位移时,土对桩侧面所产生的向下摩擦力,其方向与正摩擦力相反。

2.1.10 抗浮设防水位 water level for prevention of up floating

地下建(构)筑物抗浮评价所需的、保证抗浮设防安全合理的场地地下水水位。

2.2 符 号

- A_p ——桩端面积;
- a ——压缩系数;
- a_{1-2} ——垂直压力为 100kPa~200kPa 时的压缩系数;
- b ——基础底面宽度;
- C_c ——压缩指数;
- C_h ——径向固结系数;
- C_s ——回弹指数;
- C_u ——十字板剪切强度;不排水抗剪强度;
- C_v ——垂直向固结系数;
- c ——黏聚力;
- d ——基础埋置深度或桩身直径;
- d_i ——第 i 层土层厚度;
- d_s ——静力触探试验点深度;
- d_w ——地下水位深度;
- E_m ——旁压模量;
- E_0 ——土的变形模量;
- E_s ——土的压缩模量;
- e ——孔隙比;
- e_0 ——天然孔隙比;
- F_{lei} ——液化强度比;
- f_a ——深宽修正后的地基承载力特征值;

- f_{ak} ——地基承载力特征值；
- f_r ——岩石饱和单轴极限抗压强度；
- f_s ——双桥静力触探侧壁摩阻力；
- H ——分层厚度；
- I_L ——液性指数；
- I_{LE} ——液化指数；
- I_P ——塑性指数；
- K ——安全系数；
- k ——渗透系数；
- L ——桩长度、分段桩长或基础长度；
- N ——标准贯入试验实测锤击数；
- N_{10} ——轻型圆锥动力触探试验实测锤击数；
- N_r 、 N_q 、 N_c ——地基承载力系数；
- N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值；
- N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值；
- n ——土层分层数；
- p ——基底压力；
- p_c ——土的前期固结压力；
- p_0 ——旁压试验初始压力；基底附加应力；
- p_L ——旁压试验极限压力；
- p_s ——单桥静力触探比贯入阻力；
- p_{sb} ——桩端附近的静力触探比贯入阻力平均值；
- p_{scr} 、 p_{sq} ——分别为比贯入阻力临界值和基准值；
- p_z ——土的有效自重压力；
- p_y ——旁压试验临塑压力；
- Q_u ——单桩竖向极限承载力；
- q_c ——双桥静力触探锥尖阻力；
- q_{scr} 、 q_{sq} ——分别为锥尖阻力临界值和基准值；
- q_{pk} ——极限端阻力标准值；
- q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值；

- q_{sis} ——桩侧土的极限侧阻力；
- q_u ——无侧限抗压强度；
- R_b ——单桩竖向承载力特征值；
- R_f ——静力触探摩阻比；
- S_c ——地基土固结沉降量；
- S_r ——饱和度；
- S_t ——灵敏度；
- s ——基础沉降量，载荷试验沉降量；
- u ——桩身周长；
- v_{se} ——土层等效剪切波波速；
- w ——含水率；
- w_p ——塑限；
- w_L ——液限；
- w_i ——第 i 测点的层位影响权函数值；
- z_n ——沉降计算深度；
- α_b ——桩端阻力修正系数；
- β ——桩周土侧阻力修正系数；
- η_d 、 η_b ——基础埋深和宽度的地基承载力特征值修正系数；
- γ ——土的重度；
- γ_0 ——基础底面以上土的重度；
- φ ——内摩擦角；
- ρ_c ——黏粒含量百分率；
- ψ_s ——沉降计算经验系数；
- μ ——土的泊松比；
- K_{20} ——标准温度（20℃）时试样的渗透系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 按工程性质结合自然地质地理环境, 可将我国划分为三个软土分布区, 且沿秦岭走向向东至连云港以北的海边一线, 作为Ⅰ、Ⅱ地区的界线, 沿苗岭、南岭走向向东至莆田的海边一线, 作为Ⅱ、Ⅲ地区的界线。中国软土主要分布地区的工程地质区划略图见附录 A。中国软土主要分布地区软土的工程地质特征应符合本规程附录 B 的规定。

3.1.2 软土地区岩土工程勘察可划分为初步勘察阶段和详细勘察阶段, 当工程需要时, 应增加施工勘察阶段。

3.1.3 对大型厂址、重点工程, 宜按可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察和施工勘察四个阶段进行勘察; 对于一般建筑, 当其建筑性质和总平面位置已经确定时, 可仅进行详细勘察。

3.2 勘察等级

3.2.1 软土地区岩土工程的勘察等级可按工程重要性等级、软土场地和地基的复杂程度划分为甲、乙、丙三级。

3.2.2 工程重要性等级的划分应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

3.2.3 软土场地和地基的复杂程度应根据下列规定划分为复杂、中等和简单三个等级:

1 符合下列条件之一者为复杂场地和地基:

1) 场地地层分布不稳定, 交互层复杂;

2) 土质变化大, 场地处于不同的工程地质单元, 地基主要受力层内硬层和基岩面起伏大;

3) 抗震设防烈度大于或等于 7 度, 存在可液化土层, 发

- 生过较大的软土震陷；
- 4) 地形起伏较大，微地貌单元较多，不良地质作用发育，地下水对地基基础有不良影响；
 - 5) 场地受污染，地下水(土)对基础结构材料具有强腐蚀性；
 - 6) 暗塘、暗沟较多，分布复杂，填土很厚且工程性质很差；
 - 7) 场地地质环境或周边环境条件复杂。
- 2 符合下列条件之一者为中等复杂场地和地基：
- 1) 场地地层分布不稳定，交互层较为复杂；
 - 2) 土质变化较大，地基主要受力层内硬层和基岩面起伏较大；
 - 3) 地形微起伏，地貌单元较单一；
 - 4) 不良地质作用较发育；
 - 5) 地下水对地基基础可能有不良影响；
 - 6) 暗塘、暗沟较少；
 - 7) 场地地质环境或周边环境条件较复杂。
- 3 符合下列条件之一者为简单场地和地基：
- 1) 场地地层稳定，交互层简单，持力层的层面平缓；
 - 2) 土质变化较小，地基条件简单；
 - 3) 无不良地质作用；
 - 4) 地形平坦，地貌单元单一；
 - 5) 地下水对地基基础无不良地质影响；
 - 6) 无暗塘、暗沟；
 - 7) 场地地质环境或周边环境条件简单。

3.2.4 根据工程重要性等级、场地和地基的复杂程度，软土地区勘察等级应按表 3.2.4 的规定划分。

表 3.2.4 软土地区勘察等级

工程重要性等级 场地和地基复杂程度	一级	二级	三级
	甲级	甲级	甲级

续表 3.2.4

工程重要性等级	一级	二级	三级
场地和地基复杂程度			
中等复杂	甲级	乙级	乙级
简单	甲级	乙级	丙级

3.3 可行性研究勘察

3.3.1 可行性研究勘察，应对拟选场址的稳定性和适宜性作出评价，并应为城镇规划、场址选择、建设项目的技术经济方案比选提供可行性研究的依据。

3.3.2 可行性研究勘察阶段应进行下列工作：

1 搜集区域地质、地形地貌、水文地质、地震、冻土和当地的工程地质、水文地质、岩土工程治理和建筑经验等资料；

2 进行现场踏勘、调查，了解场地的地形、地貌、地层、土质、不良地质作用和地下水等条件；

3 当拟建场地工程地质条件复杂，已有资料不能满足要求时，应针对具体情况和工程需要，增加工程地质调查、测绘和钻探、测试、试验工作；

4 调查有无洪水和海潮威胁或地下水的不良影响、地下有无未开采的矿藏和文物；

5 初步评价场地和地基的地震效应；

6 调查当地软土地基治理的工程经验；

7 对建设场地稳定性进行评价；

8 对工程建设的适宜性进行评价。

3.4 初步勘察

3.4.1 初步勘察阶段，应对场地内各建筑地段的稳定性作出评价，并应为确定建筑总平面布置、主要建筑物地基基础方案及对不良地质作用的防治提供工程地质资料和依据。

3.4.2 初步勘察应在搜集分析已有资料或进行工程地质调查与

测绘的基础上进行。

3.4.3 初步勘察前应取得下列资料：

- 1 建筑场地范围的地形图，其比例尺以 1 : 500 ~ 1 : 2000 为宜；
- 2 已有地质资料和建筑经验；
- 3 场地范围内地下管线的现状；
- 4 有关工程的性质、规模和规划布局的初步设想等。

3.4.4 初步勘察阶段应进行下列工作：

- 1 初步查明场地的地层结构、年代、成因，软土的分布范围、横向和纵向分布特征，土层的基本物理力学性质；
- 2 初步查明地表硬壳层的分布与厚度，下伏硬土层和浅埋基岩的埋藏条件与起伏；
- 3 初步查明场地微地貌的形态，暗埋的古河道、塘、浜、沟、坑、穴等的分布范围；
- 4 初步查明场区的不良地质作用发育特征，对场地稳定性的影响程度及发展趋势；
- 5 对抗震设防烈度等于或大于 6 度的地区，划分对建筑抗震有利、不利或危险的地段，判定场地的地震效应；
- 6 初步查明场地水文地质条件及冻结深度；
- 7 初步分析评价地质环境对建筑场地的影响；
- 8 对建设场地稳定性进行评价；
- 9 初步评价工程适宜性，为合理确定建筑物总平面的布置，地基基础方案的选择、软土地基的治理以及不良地质作用的防治措施提供依据。

3.4.5 初步勘察的勘探点、线、网的布置应符合下列规定：

- 1 勘探线应垂直地貌单元边界线、地层界线，在海边的勘探线应垂直海岸线；
- 2 勘探点宜按勘探线布置，在每个地貌单元和地貌交接部位均应布置勘探点，在微地貌和地层变化较大地段应当加密；
- 3 在地形平坦地区，可按方格网布置勘探点；

4 应按规划主要建筑物的设想布置勘探点、线。

3.4.6 初步勘察的勘探线、勘探点间距可按表 3.4.6 的规定确定,局部异常地段应适当加密。控制性勘探点宜占勘探点总数的 $1/4 \sim 1/2$,且每个地貌单元均应有控制性勘探点,每个主要建筑物地段应有控制性勘探孔。

表 3.4.6 初步勘察的勘探线、勘探点间距 (m)

场地地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
复杂	50~100	30~50
中等复杂	75~150	40~100
简单	150~300	75~200

注:表中间距不适用于地球物理勘探。

3.4.7 初步勘察勘探孔的深度,应根据结构特点和荷载条件按表 3.4.7 的规定确定,并应符合下列规定:

1 在预定深度内遇基岩时,控制性勘探孔应钻入基岩适当深度,其他勘探孔在进入基岩后,可终止钻进;

2 在预定深度内有厚度较大、且分布均匀的密实土层时,控制性勘探孔应达到规定深度,一般性勘探孔的深度可适当减少;

3 当预定深度内有软弱土层时,勘探孔深度应适当增加,部分控制性勘探孔宜穿透软弱土层。

表 3.4.7 初步勘察勘探孔的深度 (m)

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级(重要工程)	>30	>50
二级(一般工程)	>20	>30
三级(次要工程)	>10	>20

注:勘探点包括钻孔、探井和原位测试孔。

3.4.8 初步勘察采取土试样和进行原位测试时应符合下列规定:

1 采取土试样和进行原位测试的勘探点应结合地貌单元、

地层结构和土的工程性质进行布置,且其数量不应少于勘探点总数的 1/2;

2 采取土试样的数量和孔内原位测试的竖向间距,应按地层特点和土的均匀程度确定;每层土均应采取土试样或进行原位测试,且其数量不宜少于 6 个。

3.4.9 初步勘察的水文地质工作应符合下列规定:

1 应调查地下水的类型、与地表水的水力联系、补给和排泄条件,以及地下水位的变化幅度。需绘制地下水等水位线图时,应统一量测地下水位。

2 应采取有代表性的水试样进行腐蚀性评价,取样点位的数量不应少于 2 个,且在有污染源的地区宜增加取样点的数量。

3.5 详细勘察

3.5.1 详细勘察阶段应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数,并应对建筑地基作出岩土工程评价,对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、地下水控制和不良地质作用的防治等提出建议。

3.5.2 详细勘察前应搜集下列资料:

- 1 附有坐标及地形的建筑总平面布置图;
- 2 场地初步勘察报告或邻近地质资料;
- 3 建筑物的性质、规模、荷载、结构特点,室内外地面设计标高;
- 4 可能采取的基础形式、埋置深度,地基允许变形;
- 5 有特殊要求的地基基础设计和施工方案。

3.5.3 详细勘察阶段,应在初步勘察的基础上进行下列工作:

1 查明建筑物范围内的地层成因类型、结构、分布规律及其物理力学性质,软土的固结历史、水平向和垂直向的均匀性、结构破坏对强度和变形特征的影响,地表硬壳层的分布与厚度、下伏硬土层或基岩的埋深和起伏,分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力;

- 2 查明微地貌形态和暗埋的塘、浜、沟、坑、穴的分布、埋深,并查明回填土的工程性质、范围和填埋时间;
- 3 查明地下水的埋藏条件,提供地下水位及其变化幅度;
- 4 判定水和土对建筑材料的腐蚀性;
- 5 提供地基强度与变形计算参数,预测建筑物的变形特征和稳定性;

6 对抗震设防烈度等于或者大于 6 度的场地,提供勘察场地的抗震设防烈度、设计基本地震动加速度和设计地震分组,并划分场地类别,划分对抗震有利、不利或危险的地段;

7 提供深基坑开挖后,边坡稳定性计算、支护和降水设计所需的岩土参数,分析开挖、回填、支护、地下水控制、打桩、沉井等对软土应力状态、强度和压缩性的影响。

3.5.4 在详细勘察阶段采取土试样和进行原位测试时,应符合下列规定:

1 采取土试样和进行原位测试的勘探点数量,应根据地层结构、地基土的均匀性和设计要求确定,对地基基础设计等级为甲级的建筑物每栋不应少于 3 个;

2 每个场地每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件(组);

3 在地基主要受力层内,对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体,应采取土试样或进行原位测试;

4 当土层性质不均匀时,应增加取土或原位测试的数量。

3.5.5 软土地区勘察宜采用钻探取样与静力触探结合的方法。软土取样应采用薄壁取土器,其规格应符合本规程附录 C 的规定。软土的力学参数宜采用静力触探试验、旁压试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验和螺旋板载荷试验等方法获取。

3.5.6 软土的物理力学参数宜采用室内试验和原位测试方法,并结合当地经验加以确定。有条件时,可根据载荷试验、原型监测反分析确定。抗剪强度指标室内宜采用三轴试验,原位测试宜采用十字板剪切试验。压缩系数、先期固结压力、压缩指数、回

弹指数、固结系数，可分别采用常规固结试验、高压固结试验等方法确定。

3.5.7 根据工程重要性等级和场地地基的复杂程度，软土的岩土工程评价应包括下列内容：

1 判定地基产生失稳和不均匀变形的可能性；对位于池塘、河岸、边坡附近的工程，应评价其稳定性。

2 根据室内试验、原位测试和当地经验，并结合下列因素综合确定软土地基承载力：

- 1) 软土成层条件、应力历史、结构性、灵敏度等力学特性和排水条件；
- 2) 上部结构类型、刚度、荷载性质和分布，对不均匀沉降的敏感性；
- 3) 基础的类型、尺寸、埋深和刚度等；
- 4) 施工方法、加荷速率对软土性质的影响。

3 当建筑物相邻高低层荷载相差较大时，应分析其变形差异和相互影响；当地面有大面积堆载时，应分析对相邻建筑物的不利影响。

4 地基沉降计算可采用分层总和法或土的应力历史法，并根据当地经验进行修正，必要时，应考虑软土的次固结效应。

5 提出基础形式和持力层的建议；对于上为硬层，下为软土的双层土地基，应进行下卧层验算。

3.6 施 工 勘 察

3.6.1 当遇到下列情况之一，应进行施工勘察：

1 基槽开挖和地基基础施工过程，地质条件有差异，并影响到地基基础的设计施工时；

2 对暗埋的塘、浜、沟、谷等的位置，需进一步查明及处理时；

3 在施工阶段，变更设计条件或设计施工需要时。

4 测绘调查、勘探和测试

4.1 一般规定

4.1.1 工程地质测绘和调查的内容应根据勘察阶段和地形、地貌复杂程度综合确定,测绘和调查的成果应作为勘察纲要编制和岩土工程评价的基本资料。

4.1.2 钻探、取样、室内试验和原位测试的适用范围、仪器标准、方法和有关要求,应与软土地区工程特点相适应,并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。原位测试的仪器设备应定期检验和标定。

4.1.3 软土地区应加强原位测试工作。原位测试手段应根据岩土条件、设计对参数的要求和测试方法的适用性等因素选用。

4.1.4 原位测试应与钻探、取样、室内试验结合使用,成果的使用应考虑地区性和经验性,采用与地区经验相结合的原则确定岩土工程参数,进行岩土工程评价。

4.2 工程地质测绘和调查

4.2.1 工程地质测绘和调查宜包括下列内容:

- 1 土层的成因年代、埋藏条件、分布范围、应力历史等;
- 2 场地地形地貌特征和暗埋的塘、浜、沟、坑、故河道等的分布与埋深等;
- 3 地下水类型、补给来源、排泄条件、水位变化幅度及其与地表径流及潮汐的水力联系;
- 4 气象、水文、植被、土的标准冻结深度等;
- 5 场区的地震烈度、震害、地裂缝和软土震陷等;
- 6 拟建场地附近已建建筑物的变形和软土地基处理经验。

4.2.2 工程地质测绘和调查的范围,应包括拟建场地及其附近相关地段。

4.2.3 工程地质测绘和调查的比例尺宜符合下列规定:

1 可行性研究勘察可选用 $1:5000 \sim 1:10000$;

2 初步勘察可选用 $1:2000 \sim 1:5000$;

3 详细勘察可选用 $1:500 \sim 1:1000$;

4 条件复杂时,比例尺宜适当放大;

5 对工程有重要影响的地质单元体,宜采用扩大比例尺表示。

4.2.4 对于建筑地段地质界线的测绘精度,在图上的不应超过 3mm ,其他地段不应超过 5mm 。

4.2.5 测绘与调查的成果资料宜包括实际材料图、综合工程地质图、工程地质分区图、综合地质柱状图、工程地质剖面图以及各种素描图、照片和文字材料等。

4.3 钻探和取样

4.3.1 钻探应符合下列规定:

1 在黏性土中应采用空心螺纹提土器进行回转钻进,提土器上端应有排水孔,下端应有排水活门。对于粉土和砂土,当螺纹提土器取不上土样时,可采用泥浆钻进,必要时可采用岩芯管取芯钻进。

2 钻进过程中应防止缩孔或坍孔。

3 当成孔困难或需间歇施工时,应采取护壁措施。

4 钻进时,应准确测量尺寸,并应保证分层清楚,软土回次进尺不应大于 2.0m ,粉性土回次进尺不应大于 1.5m ,取芯率应大于 80% 。当土的取芯率不能满足土的鉴别和分层要求时,可采用标准贯入器采取土样作土层鉴别。

4.3.2 钻探编录应符合下列规定:

1 记录应按钻进回次逐段填写记录表各栏内容,分层应另记,不得将若干回次合并记录和事后追记;

2 钻进过程中深度量测的允许偏差应为 $\pm 0.05\text{m}$;

3 编录内容除一般性要求外, 尚应着重描述软土的状态、有机质和腐殖质含量、气味、含砂量(夹砂厚度), 包含物、结构特征、钻进难易程度、提土情况等;

4 对于重要的工程或有特殊要求时, 应选择有代表性钻孔分段留样, 应详细描述土样结构或拍摄土芯照片, 并应保存土芯样;

5 钻探结束后, 次日应测量孔内地下水静止水位。

4.3.3 采取软土试样的质量以及所使用取土器, 应根据工程要求、所需试样的质量等级确定, 软塑~流塑状态的黏性土应采用薄壁取土器压入取土样。试样质量等级符合本规程附录 C 的规定。

4.3.4 在钻孔中采取 I~II 级土样时, 应符合下列规定:

1 用泥浆钻进时, 应保持孔内泥浆液面等于或稍高于地下水位;

2 采用回转方法钻进时, 至取土位置前应减速钻进, 且不得影响孔底土层;

3 孔底残留浮土厚度不得大于取土器上端废土段长度, 进入取土器的土样总长度不得超过取土器(包括上端废土段)总长度, 下放取土器时严禁冲击孔底;

4 贯入取土器宜采用油压给进装置的静压法, 当遇到硬土夹层且人工压入困难时, 可采用重锤少击方式贯入。

4.3.5 土试样封装、运输、储存应符合下列规定:

1 取土器提出地面之后, 应小心地将土试样卸下, 并应妥善密封、防止湿度变化。土样应直立安放, 严禁倒放或平放, 应避免曝晒或冰冻。

2 土试样运输前应妥善装箱, 并充填缓冲材料, 运输途中应行驶平稳, 避免颠簸。对易于扰动的土试样, 宜在现场进行试验工作。

3 土试样应储存在温度 $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 条件下, 取后至试验前

的储存时间不宜超过 7d。

4.3.6 土试样制备应符合下列规定：

1 制备试样前，应进行描述，包括土名、颜色、状态、含有物、均匀性等，并按扰动程度核定试样质量等级，对显著扰动的土样不得按不扰动土制备试样；

2 用环刀切取土试样前，应用钢丝锯小心切割纵断面，土试样切取应具有层次的代表性和归一性；

3 土试样与环刀应密合，并应擦净环刀外壁后再称环刀和土的总质量，同一组试样的天然密度的差值不宜大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。力学性试件严禁重叠堆放。

4.4 室内试验

4.4.1 室内试验宜包括土的物理性质、力学性质指标测试和化学分析，实际试验项目应根据工程性质、基础类型、荷载条件和土质特性等因素综合确定。试验方法、技术标准及仪器设备，应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。

4.4.2 对于一级建筑物，土粒相对密度应采用比重瓶法实测；对于二、三级建筑物，土粒相对密度可按本地区经验值确定，也可按本规程附录 D 表 D.0.1 确定。

4.4.3 液限试验宜采用圆锥仪方法，工程需要时也可采用碟式仪方法。

4.4.4 土的含水量与密度试验应采用环刀法同时测定，且试件应具有代表性，其天然密度的差值不应大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。

4.4.5 土的渗透试验应同时测定土的垂直向和水平向渗透系数，且应根据地下水的温度以 K_{20} 作为标准提供数据。砂土应用取砂器所取土样进行试验。

4.4.6 水、土的化学分析应主要测定 pH 值、氯化物、硫酸盐、碳酸盐等成分的含量，评价标准应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定执行。

4.4.7 对于软土常规固结试验，第一级压力应根据土的有效自

重压力确定,并宜用 12.5kPa、25kPa 或 50kPa,最后一级压力应大于土的有效自重压力与附加压力之和。

试验报告中的压缩系数 (a_{1-2}) 应为相应于垂直压力为 100kPa~200kPa 的值,并应按下列规定评价地基土的压缩性:

- 1 当 a_{1-2} 小于 0.1MPa^{-1} 时,应确定为低压缩性土;
- 2 当 a_{1-2} 大于等于 0.1MPa^{-1} 且小于 0.5MPa^{-1} 时,应确定为中压缩性土;
- 3 当 a_{1-2} 大于等于 0.5MPa^{-1} 时,应确定为高压缩性土。

4.4.8 固结系数应包括垂直向固结系数 (C_v) 和水平向固结系数 (C_h) 的测定,压力范围可采用在土的自重压力至土的自重压力加附加压力之和的范围内选定。

4.4.9 当采用压缩模量进行沉降计算时,试验成果可用空隙比-压力 ($e-p$) 曲线整理,压缩系数和压缩模量的计算应取自土的有效自重压力至土的有效自重压力与附加压力之和的压力段。当考虑基坑开挖卸荷和再加荷影响时,应进行回弹试验,其压力的施加应模拟实际的加、卸荷状态。

4.4.10 当考虑土的应力历史进行沉降计算时,试验成果应按空隙比-压力对数 ($e-\lg p$ 曲线) 曲线整理,并应确定前期固结压力 (p_c)、计算压缩指数和回弹指数。施加的最大压力应能满足绘制完整的 $e-\lg p$ 曲线的要求,并应在估计的前期固结压力之后,进行一次卸荷回弹,再继续加荷,直至完成预定的最后一级压力。

土的固结状态应按下列规定确定:

- 1 当 p_c/p_0 小于 1 时,应确定为欠固结土;
- 2 p_c/p_0 等于 1 时,应确定为正常固结土;
- 3 p_c/p_0 大于 1 时,应确定为超固结土。

注: p_0 为土的有效自重压力。

4.4.11 当需要计算厚层高压缩性软土的次固结沉降及其历时关系时,应测定其次固结系数,且每层不应少于 6 个土试样。

4.4.12 对一级工程或有特殊要求的工程,应采用三轴剪切试验测定黏性土的抗剪强度。三轴剪切试验的试验方法应按下列条件

确定:

1 对饱和黏性土,当加荷速率较快时,宜采用不固结不排水(UU)试验;对饱和软土试样应在有效自重压力下预固结后再进行试验;

2 对经预压处理的地基、排水条件好的地基、加荷速率不高的工程,可采用固结不排水(CU)试验;当需提供有效应力抗剪强度指标时,应采用固结不排水试验测定孔隙水压力。

4.4.13 直接剪切试验的试验方法,应根据荷载类型、加荷速率和地基土的排水条件确定。对内摩擦角(φ)接近于0的软黏土,可用I级土试样进行无侧限抗压强度试验。对土体可能发生大应变的工程,应测定残余抗剪强度。

4.4.14 软土的静弹性模量可在应力控制式三轴压缩仪上在侧压力侧向压力 σ_2 与 σ_3 相等条件下,用轴向反复加、卸荷的方法确定,且垂直压力的施加应模拟实际加、卸荷的应力状态。

4.4.15 软土的动力特性试验,施加荷载的波形、频率、振幅、持续时间,试样的固结应力和破坏标准,以及操作方法和成果整理等,均应先编制能满足工程需要的试验方案。

4.4.16 对于土的泊松比(μ),对一级建筑物应通过试验求得,对其他等级建筑物可应用本地区的经验值或按本规程附录D的表D.0.2确定。

4.4.17 软土的结构性分类宜采用现场十字板剪切试验,也可采用无侧限抗压强度的试验方法测定其灵敏度(S_r),并按表4.4.17的规定进行判定。

表 4.4.17 软土的结构性分类

灵敏度 S_r	结构性分类
$2 < S_r \leq 4$	中灵敏性
$4 < S_r \leq 8$	高灵敏性
$8 < S_r \leq 16$	极灵敏性
$S_r > 16$	流性

注:无侧限抗压强度试验土样,应采用薄壁取土器取样。

4.4.18 有机质含量可采用灼失量试验确定，且当有机质含量不大于15%时，宜采用重铬酸钾容量法测定。

4.5 原位测试

4.5.1 原位测试的试验项目、测定参数、主要试验目的可按表4.5.1的规定确定。

表 4.5.1 软土地区岩土工程勘察原位测试项目

试验项目	测定参数	主要试验目的
静力触探	单桥比贯入阻力 (P_s)、双桥锥尖阻力 (q_c)、侧壁摩阻力 (f_s)、摩阻比 (R_f)、孔压静力触探的孔隙水压力 (u)	1. 判定土层均匀性和划分土层; 2. 选择桩基持力层, 估算单桩承载力; 3. 估算地基土承载力和压缩模量; 4. 判定沉桩可能性; 5. 判别地基土液化可能性及等级
标准贯入试验	标准贯入击数 (N)	1. 判定土层均匀性和划分土层; 2. 判别地基土液化可能性及等级; 3. 估算地基土承载力和压缩模量; 4. 选择桩基持力层, 估算单桩承载力; 5. 判定沉桩可能性
十字板剪切试验	不排水抗剪强度 (C_u) 和残余强度 (C'_u)	1. 测定原位应力条件下黏性土的不排水抗剪强度 (C_u); 2. 估算软黏性土的灵敏度; 3. 判断软黏性土的应力历史
载荷试验	比例界限压力 (p_0)、极限压力 (p_L)、压力与变形关系	1. 确定地基土承载力; 2. 估算地基土的变形模量; 3. 计算地基土的基床系数
旁压试验	初始压力 (p_0)、临塑压力 (p_y)、极限压力 (p_L) 和旁压模量 (E_m)	1. 测求地基土的临塑荷载和极限荷载, 评定地基土的承载力和变形参数; 2. 计算土的侧向基床系数; 3. 自钻式旁压试验可确定土的原位水平应力和静止侧压力系数

续表 4.5.1

试验项目	测定参数	主要试验目的
扁铲侧胀试验	侧胀模量 (E_D)、侧胀土性指数 (I_D)、侧胀水平应力指数 (K_0)、侧胀孔压指数 (U_0)	1. 划分土层和判别土类; 2. 计算土的侧向基床系数
波速测试	压缩波速 (V_p)、剪切波速 (V_s)	1. 划分场地类别; 2. 提供场地土动力参数; 3. 估算场地卓越周期

4.5.2 采用静力触探方法评价土的强度和变形指标时,应结合本地区经验取值。应用静力触探曲线分层时,应综合考虑土的类别、成因和地下水条件等因素。

4.5.3 软土的抗剪强度可采取十字板剪切试验测定。对重荷载的大型建筑,应测定其残余强度并计算其灵敏度。

4.5.4 旁压试验宜采用自钻式旁压仪,并应根据仪器设备和土质条件,选择适当的钻头、转速、进速、泥浆压力和流量、刃口的距离等以确定最佳自钻方式。

4.5.5 用载荷试验确定地基承载力时,承压板面积不宜小于 1.0m^2 。承载力特征值的选用,应根据压力和沉降、沉降与时间关系曲线的特征,结合地区经验取值。

4.5.6 根据扁铲侧胀试验指标并结合地区经验,可判别土的类别,并确定静止侧压力系数、水平基床系数等参数。

4.5.7 标准贯入试验可用于评价土的均匀性和定性划分不同性质的土层,以及软土中夹砂层的密实度和承载力。

4.5.8 场地土的动力参数可采用弹性波速单孔法测试,测点间距宜采用 $1.0\text{m}\sim 1.5\text{m}$ 。当地层复杂时,宜采用跨孔法,两测孔间距宜采用 $4.0\text{m}\sim 5.0\text{m}$,并应测量孔的倾斜度。

4.6 监 测

4.6.1 下列建筑物应在施工期和使用期进行沉降监测:

- 1 一级建筑物；
- 2 二、三级建筑物具有下列情况之一时：
 - 1) 工程地质条件复杂；
 - 2) 对周围建筑物有影响；
 - 3) 对地基不均匀变形特别敏感；
 - 4) 加层、接建及邻近开挖、堆载等使地基应力发生显著变化；
 - 5) 地基加固处理后需要检验；
 - 6) 其他有关规范规定需要做监测的工程。

4.6.2 遇下列情况之一，应进行地下水监测：

- 1 地下水位的变化对地基土的性质有较大影响时；
- 2 地下水位的变化对建筑物基础或地下工程的抗浮、防水、防潮和防腐有较大影响时；
- 3 施工降水对拟建工程或相邻工程有较大影响时；
- 4 施工或环境条件改变，造成的孔隙水压力、地下水压力变化，对工程设计或施工有较大影响时；
- 5 地下水位下降造成区域性地面沉降时。

4.6.3 地下水监测工作应符合下列规定：

- 1 应设置专门的地下水位观测孔，每个场地的观测孔宜按三角形布置，孔数不得少于3个；
- 2 地下水变化较大的地段或上层滞水赋存地段，应布置观测孔；
- 3 在临近地表水体的地段，应观测地表水与地下水的水力联系；
- 4 地下水受污染地段，应长期进行水质变化的观测；
- 5 地下水监测方法与监测时间等应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的有关规定。

5 地 下 水

5.0.1 在软土地区进行地下水勘察，应通过调查和现场勘察方法，查明地下水的性质和变化规律，为设计施工提供有关的参数和指标，分析评价地下水对地基基础设计、施工和环境的影响，预估可能产生的危害，提出预防和处理措施的建议。

5.0.2 软土地区地下水勘察，除应符合一般地区的勘察要求外，尚应根据工程需要重点查明下列内容：

1 地表水与地下水的水力联系，在江河、湖泊、滨海地区，还应查明潮汐变化；

2 地下水的补给排泄条件，与工程相关的含水层相互之间的补给关系；

3 地下水腐蚀性和污染源情况。

5.0.3 已有地区经验或场地水文地质条件简单，且有常年地下水位监测资料的地区，可通过调查方法掌握地下水的性质和规律、地下水的变化或含水层的水文地质特性。

5.0.4 对于需要采取水试样的含水层，同一场地应至少采取 3 件，对污染严重的场地，还应进行地基土的腐蚀性试验。地下水的采取和试验应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定执行。

5.0.5 现场勘察时，应测量地下水位，水位测量孔的数量应满足工程评价的需求，并应符合下列规定：

1 当遇第一层稳定潜水时，每个场地的水位测量孔数量不应少于钻探孔数量的 $1/2$ ，且对单栋建筑物场地，水位测量孔数量不应少于 3 个；

2 当场地有多层对工程有影响的地下水时，应专门设置水位测量孔，并应分层测量地下水位或承压水头高度。

5.0.6 多层地下水测量时,应采取止水措施将被测含水层与其他含水层隔离,并宜埋设孔隙水压力计,或采用孔压静力触探试验进行测量。

5.0.7 初见水位和稳定水位可在钻孔或测压管内直接测量,软土地区测量稳定水位的间隔时间不得少于 24h,测量结果的允许偏差应为 $\pm 2\text{cm}$ 。对位于江边、岸边的工程,地表水、地下水应同时测量,并注明测量时间。水试样应及时试验,清洁水的放置时间不宜超过 72h,稍受污染水的放置时间不宜超过 48h,受污染水的放置时间不宜超过 12h。

5.0.8 含水层渗透系数的测定宜采用现场试验和室内试验综合确定。砂性土的含水层渗透系数可直接通过抽水试验测定,黏性土的含水层渗透系数可采用室内试验测定。当对数据精度要求不高时,可采用经验数值。

5.0.9 软土地区地下水作用的评价,除应符合一般地区的要求外,尚应重点评价下列内容:

- 1 对地基基础、地下结构应评价地下水对结构的上浮作用;
- 2 采取降水措施或大量抽取地下水时,在地下水位下降的影响范围内,应评价可能引起土体变形或大面积地面沉降及其对工程的危害;

- 3 在有水头压差的粉细砂、粉土地层中,应评价产生潜蚀、流砂、管涌的可能性;

- 4 在地下水位下开挖基坑,应评价降水或截水措施的可行性及其对基坑稳定和周边环境的影响;

- 5 当基坑底下存在高水头的承压含水层时,应评价基坑底土层的隆起或产生突涌的可能性;

- 6 对地下水位以下的工程结构,应评价地下水对混凝土与金属材料的腐蚀性。

5.0.10 评价地下水对结构的上浮作用时,宜通过专项研究确定抗浮设防水位。在研究场区各层地下水的赋存条件、场区地下水与区域性水文地质条件之间的关系、各层地下水的变化趋势以及

引起这种变化的客观条件的基础上,应按下列原则对建筑物运营期间内各层地下水位最高水位作出预测和估计:

1 当有长期水位观测资料时,抗浮设防水位可根据该层地下水实测最高水位和建筑物运营期间地下水的变化来确定;

2 无长期水位观测资料或资料缺乏时,可按勘察期间实测最高稳定水位并结合场地地形地貌、地下水补给、排泄条件等因素综合确定;

3 场地有承压水且与潜水有水力联系时,应实测承压水水位并考虑其对抗浮设防水位的影响;

4 只考虑施工期间的抗浮设防时,抗浮设防水位可接近3年~5年的最高水位确定。

6 场地和地基的地震效应

6.1 一般规定

6.1.1 软土地区地震效应勘察,应根据工程的重要性、地震地质条件及工程的具体要求进行下列工作:

1 划分建筑场地抗震地段,评价建筑场地类别,提供抗震设计的地震动参数;

2 对可能发生液化的场地与地基,应判别液化土层,确定液化等级和液化深度;

3 对可能发生震陷的场地与地基,应判别软土震陷,工程需要时应进行专门性的软土震陷量计算。

6.1.2 软土地区地震效应勘察与测试应符合下列规定:

1 土层剪切波速的测试宜采用单孔检层法、跨孔法或面波法(雷利波法)。同一地质单元测量土层剪切波速的钻孔数量,单幢高层建筑和多层建筑组团(每组团)不宜少于2个,高层建筑群每幢不得少于一个;钻孔深度一般情况下应大于场地覆盖层厚度或20m。

2 地震液化判别宜采用标准贯入试验和静力触探试验方法,且判断液化的勘探点不应少于3个,每个标准贯入试验孔的试验点的竖向间距宜为1.0m~1.5m,每层土的试验点数不宜少于6个。

3 地震液化判别应查明可能液化土层的地下水埋藏条件、水位变化幅度及近期3年~5年内最高水位。

4 对粉土、含泥质砂土、砂土夹淤泥质黏土、砂土与淤泥质黏土互层等,应取土的颗粒分析样品,并采用六偏磷酸钠作为分散剂的测定方法,测定土的黏粒含量百分比(ρ_c)。

5 对需要采用时程分析法进行抗震设计的工程,每幢高层

建筑物的同一地质单元宜布置不少于二个剪切波速孔，测试孔应深至准基岩面（剪切波速大于 500m/s 的土层）或深度超过 100m，且剪切波速有明显跃升的分界面或由物探等其他分法确定的准基岩面。对于准基岩面及其以上各土层，宜采集土试样进行室内动三轴试验或共振柱试验，并提供剪变模量比与剪应变关系曲线、阻尼比与剪应变关系曲线。

6.2 抗震地段划分与场地类别

6.2.1 对设防烈度等于或大于 6 度区的场地进行抗震地段划分时，应根据场地岩土特性、局部地形条件以及场地稳定性对建筑工程抗震的影响等，划分出有利、不利和危险地段，以及可进行建设的一般场地。划分原则应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。对软土，当设防烈度为 7 度、8 度、9 度，等效剪切波速值分别小于 90m/s、140m/s 和 200m/s 时，可划分为不利地段。

6.2.2 对于设防烈度等于或大于 6 度区，建筑场地类别划分应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。对多层建筑组团场地类别评价时，宜进行剪切波速测定。对多层建筑物，当坚硬土层埋深大或受勘探孔深限制，难以查明覆盖层厚度时，有经验地区可收集并引用邻近工程深孔覆盖层厚度资料。

6.3 液化与震陷

6.3.1 设防烈度等于或大于 7 度区，对饱和砂土和粉土的液化判别应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。当符合下列条件之一时，可初步判别为不液化土或不考虑液化影响：

1 设防烈度为 7 度、8 度、9 度区，粉土中的黏粒（粒径小于 0.005mm 的颗粒）含量百分率（ ρ_c ），分别不小于 10、13 和 16 时，可判为不液化土；

2 当土层为粉土或粉砂与黏土互层时,其黏性土合计厚度达到或超过土层总厚度 $1/3$ 时,可不考虑液化影响;

3 粉土或砂土层的平均厚度不足 1m 或呈局部透镜体状时,可不考虑液化影响。

6.3.2 经初步判别认为需要进一步进行液化判别时,对含泥质砂土、砂土夹淤泥质黏土,砂土与淤泥质黏土互层等,除采用标准贯入试验方法外,尚宜采用静力触探试验方法,综合判定液化可能性及其液化等级。当采用静力触探试验方法判别液化时,若土的比贯入阻力或锥尖阻力实测值大于临界值,可判为不液化土。临界值应按下列公式计算:

1 单桥比贯入阻力临界值应按下式计算:

$$p_{\text{scr}} = p_{\text{so}} \left[1 - 0.06d_s + \frac{d_s - d_w}{a + b(d_s - d_w)} \right] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (6.3.2-1)$$

2 双桥锥尖阻力临界值应按下式计算:

$$q_{\text{scr}} = q_{\text{so}} \left[1 - 0.06d_s + \frac{d_s - d_w}{a + b(d_s - d_w)} \right] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (6.3.2-2)$$

式中: p_{scr} 、 q_{scr} ——分别为比贯入阻力临界值和锥尖阻力临界值 (MPa);

p_{so} 、 q_{so} ——分别为比贯入阻力基准值和锥尖阻力基准值,按表 6.3.2 取值;

d_s ——静力触探试验点深度 (m),当深度为 $15\text{m} \sim 20\text{m}$ 时,取 15m ;

d_w ——地下水位深度 (m),按可液化土层近期 $3 \sim 5$ 年内的最高水位确定;

a ——系数,可取 1.0 ;

b ——系数,可取 0.75 ;

ρ_c ——黏粒含量百分率,取邻近钻孔资料或场地平均值,且当小于 3 或砂土时,应采用 3 。

表 6.3.2 比贯入阻力和锥尖阻力基准值(MPa)

设计地震分组		7 度	8 度	9 度
第一组	p_{s0}	2.60(3.20)	6.00(7.30)	9.40
	q_{c0}	2.35(2.90)	5.50(6.60)	8.60
第二、三组	p_{s0}	3.20(6.00)	6.70(8.60)	10.40
	q_{c0}	2.90(5.50)	6.10(7.80)	9.50

注：括号内数值用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 地区。

3 液化判别式中的地下水深度，应根据可液化土层近期 3~5 年内最高水位确定。当确定与上部土层地下水存在水力联系和补给关系时，可采用上部含水层地下水深度。

4 对于粉土、含泥质砂土、砂土夹淤泥质黏土、砂土与淤泥质黏土互层等，液化判别式中的黏粒含量百分率，可计入各试验点颗粒分析的黏粒含量。

6.3.3 对于存在可液化土层的地基，除应按下式计算各孔和场地平均的液化指数外，尚应根据各孔液化指数，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定，综合评定场地液化等级，并应采取抗液化措施：

$$I_{LE} = \sum_{i=1}^n (1 - F_{lei}) d_i w_i \quad (6.3.3)$$

式中： I_{LE} ——液化指数；

n ——可液化土层深度范围内，每个试验孔测点的总数；

F_{lei} ——液化强度比（标准贯入或静力触探实测值与临界值的比值，当实测值大于临界值时，应取临界值的数值）；

d_i ——第 i 测点所代表的土层厚度 (m)；

w_i ——第 i 测点的层位影响权函数值 (m^{-1})，应按表 6.3.3 确定。

表 6.3.3 第 i 测点的层位影响权函数值 (m^{-1})

判别深度 d (m)	$d_i \leq 5\text{m}$	$5\text{m} < d_i < d$	$d_i = d$
15	10	$15 - d_i$	0
20	10	$(20 - d_i) / 3$	0

6.3.4 设防烈度等于或大于 7 度时，对厚层软土分布区宜判别软土震陷的可能性，并应符合下列规定：

1 当临界等效剪切波速大于表 6.3.4-1 的数值时，可不考虑震陷影响。

表 6.3.4-1 临界等效剪切波速

抗震设防烈度	7 度	8 度	9 度
临界等效剪切波速 v_{sc} (m/s)	90	140	200

2 对于采用天然地基的建筑物，当临界等效剪切波速小于或等于表 6.3.4-1 的数值时，甲级建筑物和对沉降有严格要求的乙级建筑物应进行专门的震陷分析计算；对沉降无特殊要求的乙级建筑物和对沉降敏感的丙级建筑物，可按表 6.3.4-2 的建筑物震陷估算值或根据地区经验确定。

表 6.3.4-2 建筑物震陷估算值

震陷估算值 (mm)	设防烈度		
	7(0.1g~0.15g)	8(0.2g)	9(0.4g)
地基条件			
地基主要受力层深度内软土厚度 $> 3\text{m}$ 地基土等效剪切波速值 $< 90\text{m/s}$	30~80	150	> 350

注：1 当地基土实际条件与表中的两项条件相比，只要有一项不符合时，应按实际条件变化的大小和建筑物性质及结构类型，适当地减小震陷值；当地基土实际条件与表中的两项条件均不相符时，可不考虑震陷对建筑物的影响；

2 当需要估算软土震陷量时，宜采用以静力计算代替动力分析的简化分层总和法。

6.4 地震效应评价

- 6.4.1 对工程建设场地，应提出工程抗震设防烈度、设计基本地震加速度值和设计地震分组。
- 6.4.2 建筑的场地类别，是根据土层的等效剪切波速和场地覆盖层厚度作为评定指标；建筑的设计特征周期，一般工程是根据场地所在地的设计地震分组和场地类别确定。其取值应按现行的《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关规定。
- 6.4.3 评价建筑场地的抗震地段，应提出饱和砂土液化和软土震陷对建筑工程地基基础设计的影响和处理措施。
- 6.4.4 对需要采用时程分析的工程，应提出设计地震动参数和输入地震加速度时程曲线。

7 天然地基勘察

7.1 一般规定

7.1.1 天然地基勘察应在确保各地基土层采取的原状土土样的数量符合本规程第 4.4.8 条和第 4.5.4 条规定的前提下,适当提高原位测试孔的比例。

7.1.2 勘探孔的平面布设应符合下列规定:

1 勘探孔宜沿建筑物周边或主要基础柱列线布置,对排列比较密集的建筑群可按网格状布置,且勘探孔位置宜布置在建筑物周边或角点处。勘探孔间距可按表 7.1.2 的规定确定。

表 7.1.2 勘探孔间距 (m)

场地地基复杂程度	勘探孔间距
复杂	10~15
中等复杂	15~30
简单	30~50

2 重大设备基础应单独布置勘探孔;重大的动力机器基础和高耸构筑物,勘探点不宜少于 3 个;在复杂场地上,对面积小但荷重大或重心高的单独建筑物,勘探点不得少于 2 个。

3 控制性勘探孔应占总数的 $1/3$;单栋高层建筑勘探孔的布置,应满足对地基均匀性评价的要求,且不应少于 4 个;对密集的高层建筑群,勘探孔可适当减少,但每栋建筑物至少应有 1 个控制性勘探孔。

4 当场地地层分布不稳定,持力层面起伏大或处于不同工程地质单元并影响基础设计时,宜适当加密勘探孔。

7.1.3 勘探深度应自基础底面起算,并应符合下列规定:

1 一般性勘探孔深度应能控制地基主要受力层,当基础底

面宽度不大于 5m 时, 条形基础的勘探孔深度不应小于基础底面宽度的 3.0 倍, 单独柱基础的勘探孔深度不应小于基础底面宽度的 1.5 倍, 且不应小于 5m;

2 需作变形计算的地基, 控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度; 对于地基变形计算深度, 中、低压缩性土可取附加压力小于或等于上覆有效自重压力 20% 处的深度, 高压缩性土层可取附加压力小于或等于上覆土层有效自重压力 10% 处的深度;

3 高层建筑的一般性勘探孔的深度应达到基底下 0.5~1.0 倍的基础宽度, 并应深入稳定分布的地层;

4 当有大面积地面堆载或软弱下卧层时, 应适当加深控制性勘探孔的深度;

5 在上述规定深度内, 当遇基岩或厚层碎石土等稳定地层时, 勘探孔深度应根据情况进行调整。

7.1.4 浅层勘探可采用小螺纹钻孔或轻便触探法, 其勘探点宜沿建筑物周边和主要基础柱列线布置, 孔距可为 10m~15m, 深度宜进入持力层 3m。当遇到暗浜等不良地质现象时, 应加密孔距, 控制其边界的孔距宜为 2m~3m, 进入正常沉积土层深度不宜少于 0.5m。当拟建场地内存在明浜(塘)时, 应测量其断面, 并应查明浜底淤泥厚度。

7.1.5 当场地内存在厚度较大、填筑时间较长的大面积填土时, 宜选择适当的原位测试手段。对由粉土或黏性土组成的素填土, 可采用钻探取样或静力触探试验; 对含较多粗粒成分的素填土和杂填土, 宜采用轻便触探法或载荷试验法, 查明其均匀性以及强度和变形特性。

7.2 地基承载力确定

7.2.1 软土的承载力应结合建筑物等级和场地地层条件按变形控制的原则确定, 或根据已有成熟的工程经验采用土性类比法确定。当采用不同方法所得结果有较大差异时, 应综合分析加以选

定, 并应说明其适用条件。

7.2.2 采用静载荷试验确定地基承载力特征值时应符合下列

规定:

1 当试验承压板宽度大于或接近实际基础宽度或其持力层下的土层力学性质好于持力层时, 其地基承载力特征值应按下列式计算:

$$f_{ak} = f_k / 2 \quad (7.2.2)$$

式中: f_k ——地基极限承载力标准值 (kPa)。

2 当试验承压板宽度远小于实际基础宽度, 且持力层下存在软弱下卧层时, 应考虑下卧层对地基承载力特征值的影响。

7.2.3 采用原位测试结果确定地基承载力特征值时, 应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 地基承载力特征值 f_{ak}

原位测试方法	土性	f_{ak} (kPa)	适用范围值	符号说明
静力触探试验	一般黏性土	$f_{ak} = 34 + 0.068 p_s$ $f_{ak} = 34 + 0.077 q_c$	$p_s > 2000$ 取 2000 $q_c > 1700$ 取 1700	p_s 、 q_c ——分别为各土层静探比贯入阻力和锥尖阻力的平均值 (kPa)
	淤泥质土	$f_{ak} = 29 + 0.063 p_s$ $f_{ak} = 29 + 0.072 q_c$	$p_s > 800$ 取 800 $q_c > 700$ 取 700	
	粉性土	$f_{ak} = 36 + 0.045 p_s$ $f_{ak} = 36 + 0.054 q_c$	$p_s > 2500$ 取 2500 $q_c > 2200$ 取 2200	
	素填土	$f_{ak} = 27 + 0.054 p_s$ $f_{ak} = 27 + 0.063 q_c$	$p_s > 1500$ 取 1500 $q_c > 1300$ 取 1300	
	冲填土	$f_{ak} = 20 + 0.040 p_s$ $f_{ak} = 20 + 0.047 q_c$	$p_s > 1000$ 取 1000 $q_c > 900$ 取 900	
十字板试验	饱和黏性土	$f_{ak} = 10 + 2.5 c_u$	$c_u > 100$ 取 100	c_u ——十字板试验的抗剪强度 (kPa)
	淤泥质土	$f_{ak} = 10 + 2.2 c_u$	$c_u > 50$ 取 50	

续表 7.2.3

原位测试方法	土性	f_{ak} (kPa)	适用范围值	符号说明
轻型动力触探试验	素填土	$f_{ak}=40+2.0N_{10}$	$N_{10}>30$ 取 30	N_{10} ——轻便触探试验的锤击数 (击/30cm)
	冲填土	$f_{ak}=29+1.4N_{10}$		
旁压试验	黏性土	$f_{ak}=(p_y-p_0)/1.3$ $f_{ak}=(p_L-p_0)/2.5$	—	p_0 ——由试验曲线和经验综合确定的侧向压力 (kPa); p_y ——由旁压试验曲线确定的临塑压力 (kPa); p_L ——由旁压试验曲线确定的极限压力 (kPa)
	粉性土	$f_{ak}=(p_y-p_0)/1.4$ $f_{ak}=(p_L-p_0)/2.7$		
	砂土	$f_{ak}=(p_y-p_0)/1.6$ $f_{ak}=(p_L-p_0)/3$		

注：1 表中经验公式具有一定的地区性，使用前应根据地区资料进行验证；

2 当土质较均匀时，可取平均值；当土质不均匀时，宜取最小平均值；

3 冲填土或素填土指冲填或回填时间超过 5 年以上者。

7.2.4 采用类比法确定地基承载力特征值时，宜在充分比较类似工程的沉降观测资料和工程地质、荷载、基础等条件后，综合分析确定。

7.2.5 当持力层下存在软弱下卧层时，应考虑下卧层对地基承载力特征值的影响，地基承载力特征值 (f_{ak}) 可按下列条件确定：

1 当持力层厚度 (h_1) 与基础宽度 (b) 之比 (h_1/b) 大于 0.7 时，地基承载力特征值可不计下卧层影响，并可按下式计算：

$$f_{ak} = f_{ak1} \quad (7.2.5-1)$$

式中： f_{ak1} ——持力层的地基承载力特征值 (kPa)。

2 当 h_1/b 大于等于 0.5 且小于等于 0.7 时，地基承载力特征值可按下列式计算：

$$f_{ak} = (f_{ak1} + f_{ak2})/2 \quad (7.2.5-2)$$

式中: f_{ak2} ——软弱下卧层的地基承载力特征值 (kPa)。

3 当 h_1/b 大于等于 0.25 且小于 0.5 时, 地基承载力特征值可按式计算:

$$f_{ak} = (f_{ak1} + 3f_{ak2})/4 \quad (7.2.5-3)$$

4 当 h_1/b 小于 0.25 时, 地基承载力特征值可不计持力层影响, 并可按下式计算:

$$f_{ak} = f_{ak2} \quad (7.2.5-4)$$

7.2.6 当基础宽度大于 3m 或埋置深度大于 0.5m 时, 载荷试验或原位测试、经验值等方法确定的地基承载力特征值, 应按式进行修正:

$$f_a = f_{ak} + \eta_d \gamma_0 (d - 0.5) + \eta_b \gamma (b - 3) \quad (7.2.6)$$

式中: f_a ——修正后的地基承载力特征值 (kPa);

f_{ak} ——按本规程第 7.2.5 条确定的地基承载力特征值 (kPa);

η_d 、 η_b ——基础埋深和宽度的地基承载力特征值修正系数, 按基底下土类确定:

淤泥质土 $\eta_d = 1.0$, $\eta_b = 0$; 一般黏性土 $\eta_d = 1.1$, $\eta_b = 0$; 粉性土 $\eta_d = 1.3$, $\eta_b = 0.3$;

b ——基础宽度 (m), 基础宽度小于 3m 的, 按 3m 计算, 大于 6m 的, 按 6m 计算;

d ——基础埋置深度 (m), 宜自室外地面算起;

γ_0 、 γ ——分别为基础底面以上和以下土的重度 (kN/m^3), 地下水位以下取浮重度。

7.2.7 当采用室内土工试验三轴不固结不排水抗剪强度计算时, 地基承载力特征值可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定确定。

7.3 地基变形验算

7.3.1 天然地基最终沉降量可采用分层总和法、按现行国家标

准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定进行计算。

7.3.2 地基变形计算值不应大于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定的地基变形允许值。计算地基变形时,应符合下列规定:

1 传至基础底面的荷载效应应采用正常使用极限状态下荷载效应的准永久组合,并不应计入风荷载和地震作用;

2 对于砌体结构,应由局部倾斜值控制;对于框架结构和排架结构,应由相邻柱基沉降差控制;对于多层或高层建筑,应由整体倾斜值控制,必要时尚应控制平均沉降量;

3 地面有大面积堆载或基础周围有局部堆载,沉降计算应计入地面沉降引起的附加沉降;

4 应考虑相邻基础荷载影响;当基础面积系数大于 0.6 时,可按基础外包面积计算基底附加压力;

5 当建筑物设有地下室且埋置较深时,应考虑基坑开挖后,地基土回弹再压缩引起的沉降值;

6 对高压缩性土地基,当基底附加压力大于地基土承载力特征值的 0.75 时,应预测沉降变化趋势,并控制施工期间的加荷速率;

7 宜考虑上部结构、基础与地基共同作用进行变形计算。

7.3.3 当考虑应力历史对粘性土压缩性的影响时,应提供各土层的前期固结压力 (p_c) 以及超固结比 (OCR)、压缩指数 (C_c)、回弹指数 (C_s) 的值。对正常固结土、超固结土、欠固结土,地基固结沉降量的计算应符合下列规定:

1 正常固结土的地基固结沉降量应按下列公式计算:

$$S_c = \psi_{s1} \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{1 + e_{0i}} \left[C_{\alpha} \log \left(\frac{p_{1i} + \Delta p_i}{p_{1i}} \right) \right] \quad (7.3.3-1)$$

式中: ψ_{s1} ——沉降计算经验系数,应根据类似工程条件下沉降观测资料及地区经验确定;

S_c ——地基固结沉降量 (cm);

H_i ——第 i 层分层厚度 (cm);

e_{0i} ——第 i 层土的初始孔隙比，由试验确定；
 p_{1i} ——第 i 层土自重应力的平均值；
 Δp_i ——第 i 层土附加应力的平均值（有效应力增量）（kPa）；

$C_{\alpha i}$ ——第 i 层土的压缩指数。

2 超固结土的地基固结沉降量应按下列公式计算：

1) 当 $\Delta p_i > p_{\alpha i} - p_{1i}$ 时：

$$S_{cn} = \psi_{s2} \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{1 + e_{0i}} \left[C_{\alpha i} \log \left(\frac{p_{\alpha i}}{p_{1i}} \right) + C_{\alpha i} \log \left(\frac{p_{1i} + \Delta p_i}{p_{\alpha i}} \right) \right] \quad (7.3.3-2)$$

2) 当 $\Delta p_i \leq p_{\alpha i} - p_{1i}$ 时：

$$S_{cm} = \psi_{s3} \sum_{i=1}^m \frac{H_i}{1 + e_{0i}} \left[C_{\alpha i} \log \left(\frac{p_{1i} + \Delta p_i}{p_{1i}} \right) \right] \quad (7.3.3-3)$$

式中： ψ_{s2} 、 ψ_{s3} ——沉降计算经验系数，应根据类似工程条件下沉降观测资料及地区经验确定；

n ——分层计算沉降时，压缩土层中有效应力增量 $\Delta p_i > (p_{\alpha i} - p_{1i})$ 时的分层数；

m ——分层计算沉降时，压缩土层中具有 $\Delta p_i \leq (p_{\alpha i} - p_{1i})$ 的分层数；

$C_{\alpha i}$ ——第 i 层土的回弹指数；

$p_{\alpha i}$ ——第 i 层土的前期固结压力（kPa）。

3 欠固结土的地基固结沉降量应按下列公式计算：

$$S_c = \psi_{s4} \sum_{i=1}^m \frac{H_i}{1 + e_{0i}} \left[C_{\alpha i} \log \left(\frac{p_{1i} + \Delta p_i}{p_{\alpha i}} \right) \right] \quad (7.3.3-4)$$

式中： ψ_{s4} ——沉降计算经验系数，应根据类似工程条件下沉降观测资料及地区经验确定。

4 天然地基压缩层厚度应自基础底面算起。对于高压缩性土层，可算到附加压力等于土层自重压力的 10% 处；对中、低压缩性土，可算到附加压力等于土层自重压力的 20% 处。计算附加压力时，应考虑相邻基础的影响。

7.4 天然地基的评价

7.4.1 天然地基的评价应包括下列内容：

- 1 天然地基持力层的选择和建议；
- 2 各拟建物适宜采用的基础形式及基础埋置深度（标高）的建议值，相应基础尺寸的地基承载力特征值，地基变形的验算；
- 3 明浜、暗浜等不良地质地基的处理方法建议；
- 4 大面积填方工程等的压实填土的质量控制参数；
- 5 工程需要时，对可能采用的地基加固处理方案进行技术经济分析、比较并提出建议。

7.4.2 当地表有硬壳层时，应利用其作为天然地基的持力层。

7.4.3 当建筑物离池塘、河岸、边坡较近时，应判别软土侧向塑性挤出或滑移产生的危险程度。

7.4.4 当地基土受力范围内有基岩或硬土层，且表面起伏倾斜时，应判定其对地基产生滑移或不均匀变形的影响。

7.4.5 当地基主要受力层中有薄砂层或软土与砂土层呈互层时，应根据其固结排水条件，判定其对地基变形的影响。

7.4.6 天然地基评价时，应评定地下水的变化幅度和承压水头等水文地质条件对软土地基稳定性和变形的影响。

7.4.7 对含有沼气的地基，应评价沼气逸出对地基稳定性和变形的影响。

8 地基处理勘察

8.1 一般规定

8.1.1 在地基处理勘察前,应进行下列工作:

1 初步掌握场地的岩土工程勘察资料、上部结构及基础设计资料等;

2 根据工程的要求和采用天然地基存在的主要问题,确定地基处理的目的、处理范围和处理后要求达到的各项技术参数等;

3 结合工程情况,了解当地类似工程地基处理经验、施工条件以及地基处理后的使用情况;

4 调查邻近建筑物、管线等周边环境情况。

8.1.2 地基处理勘察除应查明软弱土层组成、分布范围和土质特性外,尚应完成下列工作:

1 针对软土的特点,结合建筑物性质、荷载特点和变形控制等要求,对可能选用的地基处理方法提供设计和施工所需的岩土特性参数;

2 搜集地区和类似工程经验;

3 提出地基处理方案的建议及质量控制要点;

4 预测所选用地基处理方法对周边环境的影响,提出防护措施及监测建议。

8.1.3 在选择地基处理方法时,应综合考虑场地工程地质和水文地质条件、建筑物对地基要求、建筑结构类型和基础形式、周围环境条件、材料供应、施工条件等因素,经过技术经济指标比较分析后择优采用。

8.1.4 软土地基主要处理方法和适用范围可按表 8.1.4 的规定确定。

表 8.1.4 软土地基主要处理方法和适用范围

软土地基主要处理方法	适用范围	加固效果	有效处理深度 (m)
换填层法	适用于浅层有淤泥、淤泥质土、松散填土、冲填土等软弱土的换土处理与低洼区域的填筑	提高强度和减少变形	2~3
预压法	适用于大面积淤泥、淤泥质土、松散填土、冲填土及饱和黏性土等工程地基预压处理	提高强度和减少变形	8~10
水泥土搅拌桩法	适用于淤泥、淤泥质土、冲填土等地基处理	提高强度、减少变形以及防渗处理	8~12
桩土复合地基法	适用于处理淤泥、淤泥质土、饱和黏性土等地基处理	减少变形	15~25

8.2 地基处理勘察与评价

8.2.1 换填垫层法的勘察与评价宜包括下列内容：

- 1 查明待换填的不良土层的分布范围和埋深；
- 2 测定换填材料的最优含水量、最大干密度；
- 3 评定换填材料对地下水的环境影响；
- 4 评定垫层以下软弱下卧层的承载力和变形特性；
- 5 对换填垫层施工质量控制及施工过程中应注意的事项提出建议；

- 6 对换填垫层质量检验或现场试验提出建议。

8.2.2 预压法的勘察与评价宜包括下列内容：

- 1 查明土的成层条件，排水层和夹砂层的埋深和厚度，地下水的补给和排泄条件等；
- 2 提供待处理软土的先期固结压力、压缩性参数、固结特性参数和抗剪强度指标；

3 预估预压荷载大小、分级、加荷速率和沉降量；

4 对重要工程，宜选择代表性试验区进行预压试验并反算软土固结系数，预测固结度与时间、沉降量的关系，为预压处理的设计施工提供可靠依据；

5 任务需要时，对检验预压处理效果提出建议。

8.2.3 水泥土搅拌法的勘察与评价宜包括下列内容：

1 查明浅层填土层的厚度和组成，软土层组成、含水量、塑性指数、有机质含量及分布范围；

2 查明地下水 pH 值及其腐蚀性；

3 提供加固深度范围内各土层侧阻力及桩端地基土承载力特征值；

4 对大型处理工程，设计前进行拟处理土的室内配比试验，针对现场拟处理的最弱软土层的性质，选择合适的固化剂、外掺剂及其掺量，提供各种龄期、各种配比的强度参数；

5 选择有代表性场地进行水泥土搅拌法试成桩，确定各项施工参数；

6 对水泥土搅拌桩施工时桩身质量检验、承载力检验提出建议。

8.2.4 桩土复合地基的勘察与评价宜包括下列内容：

1 查明暗塘、暗浜、暗沟、洞穴等分布和埋深；

2 查明土的组成、分布和物理力学性质，软弱土的厚度和埋深，并可作为桩基持力层的相对硬层的埋深；

3 预估沉桩施工可能性和沉桩对周围环境的影响；

4 评定桩间土承载力，预估单桩承载力；

5 评定桩间土、桩身、复合地基、桩端以下变形计算深度范围内各土层的压缩性；

6 根据桩土复合地基的设计，进行桩间土、单桩和复合地基载荷试验，检验复合地基承载力。

9 桩基工程勘察

9.1 一般规定

9.1.1 桩基勘察应包括下列内容:

- 1 查明软土的分布范围、厚度、成因类型,埋藏条件及工程特性,必要时查明土层的应力历史;
- 2 查明软土中夹砂及可塑至硬塑黏性土层的分布及变化规律;
- 3 查明可供选择的持力层和下卧层的埋藏深度、厚度及其变化规律,同时根据工程需要提供其抗剪强度和压缩性指标;
- 4 查明水文地质条件,判定地下水对桩基材料的腐蚀性;
- 5 查明可液化土层的分布及其对桩基的危害程度,并提出防治措施的建议;
- 6 评价成桩可能性,论证桩的施工条件及其对环境的影响。

9.1.2 桩基勘探点的布设应符合下列规定:

1 对于端承型桩或以基岩作为持力层时,勘探点应按柱列线或建筑物周边、角点布置,其间距应以能控制桩端持力层面和厚度的变化为原则,并宜取 12m~24m;当相邻勘探点所揭露持力层层面的坡度超过 10% 时,宜加密勘探点。复杂地基的一柱一桩工程,宜在每个柱位设置勘探点。

2 对于摩擦型桩或以摩擦型为主的桩,勘探点应按建筑物周边、角点或柱列线布设,其间距宜为 20m~35m。当相邻勘探点所揭露土层性质或状态在水平方向分布变化较大,可能影响成桩或桩基方案选择时,应适当加密勘探点。

3 控制性的勘探点应占勘探点总数的 $1/3 \sim 1/2$ 。

9.1.3 勘探孔的深度应符合下列规定:

- 1 控制性勘探点的深度应深入预计桩尖平面以下 5m~10m

或 $6d \sim 10d$ (d 为桩身直径或方桩的换算直径, 直径大的桩取小值, 直径小的桩取大值), 并应满足软弱下卧层验算要求。对于需要验算沉降的桩基, 应超过地基变形计算深度 (可按 $1 \sim 2$ 倍假想实体基础宽度考虑); 一般性勘探孔深度达到预计桩端下 $3m \sim 5m$ 或 $3d \sim 5d$ 。

2 对于基岩持力层, 控制性勘探点的深度应深入中、微风化带 $5m \sim 8m$, 一般性勘探点的深度应深入中、微风化带内 $3m \sim 5m$ 。遇断裂破碎带时, 宜将破碎带钻穿, 并应进入完整岩体 $3m \sim 5m$ 。

9.1.4 桩基工程勘探手段的选择应符合下列规定:

1 应以回转钻进提取鉴别土样, 并宜用薄壁取土器采用原状土样进行室内物理、力学试验;

2 应有静力触探原位测试手段相配合, 其测试孔的布置原则宜与钻探孔相同, 部分测试孔可单独布置或钻探孔并列布置;

3 对于软土中夹粉性土和砂土地层以及下伏砂性土、全风化和强风化岩, 宜采用标准贯入原位测试方法, 并采取Ⅲ级土样测定土的组成; 对碎石土宜采用重型圆锥动力触探;

4 对于极软弱的土层, 在难以取得原状土样时, 应进行十字板原位试验, 测试土的抗剪强度。

9.1.5 桩基工程勘察除应进行一般物理力学试验外, 尚应进行下列试验项目:

1 当需验算下卧层强度时, 对桩尖以下压缩范围内的黏性土宜进行三轴不固结不排水剪切试验;

2 对需估算沉降的桩基工程, 应进行压缩试验, 试验最大压力应大于上覆自重压力与附加压力之和;

3 需查明土层的应力历史, 并进行固结沉降计算时, 应进行高压固结试验, 提供 p_c 、 C_c 、 C_u 值; 需测算沉降速率时, 尚应进行固结系数的测定, 提供 C_v 和 C_h 值;

4 当桩端持力层为基岩时, 应采取岩样进行饱和单轴抗压强度试验, 必要时尚应进行软化试验; 对软岩和极软岩, 可进行

天然湿度的单轴抗压强度试验。对于破碎和极破碎的岩石，宜进行原位测试，也可进行点荷载试验。

9.2 承载力与变形

9.2.1 单桩承载力应通过单桩静载荷试验确定。当基础承受水平荷载控制时，应进行桩的水平荷载试验；当基础受上拔荷载时，应进行抗拔试验。单桩竖向极限承载力估算应符合下列规定：

1 当有本地区经验，可根据土的埋深和物理力学性质指标，按本规程附录 E 第 E.0.1 条进行估算，且当静力触探的测试深度满足桩基勘察深度要求时，应同时结合本地区的经验，按静力触探测试参数进行估算；

2 当无本地区经验时，可按本规程附录 E 第 E.0.2 条进行估算；

3 当有标准贯入的地区经验时，可应用标准贯入的测试参数和土的试验指标综合确定；

4 当无标准贯入的地区经验时，可按本规程附录 E 第 E.0.3 条进行估算；

5 单桩竖向承载力特征值 (R_a) 可按下列公式确定：

$$R_a = Q_u / K \quad (9.2.1)$$

式中： R_a ——单桩竖向承载力特征值 (kN)；

Q_u ——单桩竖向极限承载力 (kN)；

K ——安全系数，可取 $K=2$ 。

9.2.2 下列桩基应进行变形计算，并应分析变形对建筑物的影响：

1 地基基础设计等级为甲级的建筑物桩基；

2 体型复杂、荷载不均匀或桩端以下存在软弱土层的设计等级为乙级的建筑物桩基；

3 摩擦型桩基。

9.2.3 下列桩基可不进行变形计算和分析：

1 嵌岩桩、设计等级为丙级的建筑物桩基、对沉降无特殊要求的条形基础下不超过两排桩的桩基、吊车工作级别 A5 及 A5 以下的单层工业厂房桩基（桩端下为密实土层）；

2 当有可靠的地区经验时，地质条件不复杂、荷载均匀、对沉降无特殊要求的端承型桩基。

9.2.4 当工程需要验算建筑物桩基沉降时，宜按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 计算最终沉降量，也可按当地成熟的桩基沉降计算方法计算最终沉降量。

9.3 桩基勘察评价

9.3.1 桩基勘察评价应包括下列内容：

1 提出桩的类型、规格和桩入土深度的要求，提出桩周各岩土层侧阻力和桩端阻力的设计参数，预测或计算单桩承载力，工程需要时提出试桩方案及要求；

2 提出沉降计算参数，工程需要时进行桩基沉降分析；

3 评价地下水对桩基设计和施工的影响，提出成桩可能性的分析意见；

4 评价桩基施工对周围环境影响，并提出预防措施和监测方案；

5 当桩侧土层为欠固结土或抽取地下水且有大量地面沉降的场地，以及周围有大量堆载时，应考虑桩的负摩阻力。

9.3.2 桩端持力层的选择应符合下列规定：

1 软土地区中的桩基应优先选择软土中夹砂及可塑至硬塑黏性土层，以及软土场地下伏砂性土、可塑至硬塑黏性土、碎石土、全风化和强风化岩及基岩作为桩端持力层；

2 以较硬地层作为桩端持力层时，桩端下持力层厚度不宜小于 4 倍桩径，扩底桩桩端下持力层厚度不宜小于 2 倍扩底直径。

9.3.3 成（沉）桩的分析评价内容应包括下列内容：

1 采用挤土桩时，分析挤土效应对邻近桩、建（构）筑物、

道路和地下管线等产生的不利影响；

2 锤击沉桩产生的多次反复振动对邻近既有建（构）筑物及公用设施等的损害；

3 先沉桩后开挖基坑时，分析基坑挖土顺序、坑边土体侧移对桩的影响；

4 灌注桩施工中产生的泥浆对环境的污染。

10 基坑工程勘察

10.1 一般规定

10.1.1 软土地区基坑工程勘察宜与地基勘察同步进行。在初步勘察阶段,应初步查明场地环境情况和工程地质条件,预测基坑工程中可能产生的主要岩土工程问题,并应为基坑工程的设计、施工提供相应参数和基础资料,对基坑工程安全等级、支护方案提出建议。必要时,应进行专项勘察。

10.1.2 基坑工程勘察应进行环境状况的搜集调查,并应包括下列内容:

- 1 邻近的建(构)筑物的结构类型、层数、地基、基础类型、埋深、持力层及上部结构现状;
- 2 周边各类管线及地下工程情况;
- 3 周边地表水汇集、排泄以及地下管网分布及渗漏情况;
- 4 周边道路等级情况等。

10.1.3 基坑工程勘察报告除应包括一般工程勘察报告的内容外,尚应包括下列内容:

1 基坑工程设计所需的地层结构、岩土的物理力学性质指标以及含水层水文地质参数指标,主要包括下列内容:

- 1) 土层不固结不排水抗剪强度指标或十字板原位测试指标,有经验的地区,宜提供固结不排水抗剪强度指标或直接快剪强度指标;
- 2) 土的颗粒组成、颗粒级配曲线、不均匀系数等;
- 3) 回弹系数;
- 4) 对基坑工程深部有影响的承压水头。

2 评价地下水对基坑工程的影响,提出地下水控制方法的建议。

3 评价基坑工程与周边环境的相互影响并提出设计、施工应注意的事项和必要的保护措施的建议。

4 对施工过程中形成的流砂、流土、管涌及整体失稳等现象的可能性,进行评价并提出预防措施;对具有特殊性质的岩土,分析其对基坑工程的影响,并提出设计施工的相应措施的建议。

5 提供平面图、地层剖面图及与支护设计有关的岩土试验成果图表。

10.2 勘察工作量及参数选用

10.2.1 基坑工程勘察区范围宜达到基坑边线以外 2~3 倍基坑深度,勘探点宜沿基坑周边布置,边线以外宜以调查或搜集资料为主。勘探点的间距应根据地质条件的复杂程度确定,并宜为 15m~30m。当基坑周边遇暗浜、暗塘,填土厚度变化或基岩面起伏很大时,宜加密勘探点。

10.2.2 基坑工程勘探深度应满足支护结构稳定性验算的要求,并不宜小于基坑深度的 2.5 倍。当在此深度内遇到坚硬土层时,可根据岩土类别和支护设计要求减少深度。控制性勘探孔应穿透主要含水层,并进入隔水层。当在基坑深度内遇微风化基岩时,一般性勘探孔应钻入微风化岩层 1m~3m,控制性勘探孔应超过基坑深度 1m~3m;控制性勘探点宜为勘探点总数的 1/3,且每一基坑侧边不宜少于 2 个控制性勘探点。

10.2.3 基坑工程勘察除应分层采取土试样进行试验外,还应进行相应的原位测试。对软土、一般黏性土、粉土、砂土,可进行静力触探试验;对粉土、砂土,可进行标准贯入试验;对软土,尚可进行十字板剪切试验、旁压试验、扁铲侧胀试验等。每一主要土层的室内试验和各种原位测试的数量不应少于 6 个。

10.2.4 当地下水可能与邻近地表水体有水力联系时,宜查明其补给、排泄条件,水位变化规律;当基坑坑底以下影响深度范围内有承压水,且有突涌可能时,应测量其水头高度和含水层界

面。当基坑内钻孔钻入拟开挖深度以下的砂土、粉性土时，钻探结束后应立即采用黏土球回填封孔。

10.2.5 室内试验项目除包括常规试验外，尚应符合下列规定：

- 1 土的抗剪强度试验方法应与基坑工程设计工况一致，并应符合设计采用的标准，且应在勘察报告中说明；
- 2 对于软土及淤泥或淤泥质土，应测定土的灵敏度；
- 3 必要时，应提供土的静止土压力系数。

10.3 基坑工程评价及地下水控制

10.3.1 软土地区基坑工程岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 对基坑工程安全等级提出建议；
- 2 对基坑的整体稳定性和可能的破坏模式作出评价；
- 3 对地下水控制方案提出建议，且当建议采取降水措施时，应提供水文地质计算的有关参数和预测降水对周边环境可能造成的影响；
- 4 对基坑工程支护方案和施工中应注意的问题提出建议；
- 5 对基坑工程的监测工作提出建议。

10.3.2 基坑工程应根据地层情况、含水层埋置条件、补给条件、地下水类型等条件进行地下水控制设计，可采用降低地下水位、隔离地下水、坑内明排等方法，并应提出控制降、排水引起的地层变形的措施建议。

10.3.3 基坑工程应充分考虑基坑开挖暴露时间造成对土体可能发生的软化崩解及强度的影响。

10.3.4 当基坑底部有饱和软土时，应提出抗隆起、抗突涌和整体稳定加固的措施或建议，必要时，应对基坑底土进行加固以提高基坑内侧被动抗力。

10.3.5 软土地区基坑工程应建立信息反馈处理程序，加强过程监测。监测的主要内容宜包括变形监测、应力监测、地下水动态监测等方面。

11 勘察成果报告

11.1 一般规定

11.1.1 软土地区勘察成果报告应对岩土试验成果进行统计分析,并结合场地实际情况进行岩土工程分析评价。岩土工程分析评价宜具备下列条件:

- 1 上部结构的类型、刚度、荷载情况和对变形控制等要求;
- 2 软土成层条件、应力历史、结构性、灵敏性、流变性等力学特性和排水固结条件等场地的工程地质条件;
- 3 地区经验和类似工程经验。

11.1.2 岩土工程分析评价内容应符合本规程第6章~第11章中的有关规定。

11.1.3 软土的强度参数指标宜优先选择静力触探试验等原位测试指标。

11.1.4 勘察报告应结合软土地区的特点和主要岩土工程问题进行编写,并应做到资料完整、真实准确、数据无误、图表清晰、结论有据、重点突出、建议合理、有明确的工程针对性、便于使用,文字报告与图表部分应相互配合、相辅相成、前后呼应。

11.2 岩土参数的分析和选定

11.2.1 岩土参数应根据下列因素分析和选定:

- 1 取样和试验的方法;
- 2 软土的形成条件、成层特点、均匀性、应力历史、地下水及其变化条件;
- 3 施工方法、程序以及加荷速率对软土性质的影响;
- 4 测试方法与计算模型的配套性。

11.2.2 地基土室内试验及原位测试的参数统计应符合下列

规定:

- 1 应按不同工程地质单元分层进行统计;
- 2 子样的取舍宜考虑数据的离散程度和已有经验;
- 3 按工程性质及各类参数在工程设计中的作用,可分别给定范围值、计算值(算术平均值、标准值或最大、最小平均值)、子样数及变异系数,当变异系数较大时,应分析其原因,并提出建议值。

11.2.3 地基土室内及原位测试的参数统计应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

11.2.4 岩土工程特性指标应包括强度指标、压缩性指标、静力触探试验、标准贯入试验、动力触探试验指标和载荷试验承载力等特性指标。岩土工程特性指标代表值可包括标准值、平均值及特征值等。抗剪强度指标应取标准值,压缩性指标应取平均值,载荷试验应取承载力特征值,土的物理性质指标宜取平均值。

11.2.5 静力触探测试参数应提供分层统计值,当土质均匀、测试数据离散较小时,可采用单孔分层平均法确定计算值。当土质不均匀、测试数据离散性较大时,可采用单孔分层厚度加权平均法计算最小平均值。

11.2.6 十字板剪切强度、标准贯入试验击数、扁铲侧胀试验成果及剪切波速等指标,应提供分层统计值和建议值,并应绘制随深度的变化曲线。

11.2.7 对于重大的岩土工程问题,可根据工程原型或足尺试验获得量测结果,用反分析的方法反求土性参数,验证设计计算,查验工程效果。

11.3 成果报告的基本要求

11.3.1 软土地区勘察成果报告编写前,应对所依据的搜集、调查、测绘、勘探、测试所得等原始资料,进行整理、分析、鉴定,并应经确定无误后再作为编写报告的依据。

11.3.2 初步勘察报告应满足软土地区初步设计的要求,并应对

拟建场地的稳定性和建筑适宜性作出评价并给出明确结论，为合理确定建筑总平面布置、选择地基基础结构类型、防治不良地质作用和地基处理提供依据。

11.3.3 详细勘察报告应满足施工图设计要求，为地基基础设计、地基处理、基坑工程、基础施工方案及降水截水方案的确定等提供岩土工程资料，并作出相应的分析和评价。

11.3.4 详细勘察报告除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定外，尚应重点阐明下列问题：

1 影响地基稳定性的各种因素及不良地质作用，埋藏的河道、浜沟、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物的分布及发育情况，评价其对工程的影响；

2 对地基岩土层的空间分布规律、均匀性、强度和变形状态及与工程有关的主要地层特性进行定性和定量评价；

3 软土层采取土试样的方法；

4 场地地下水的类型、埋藏条件、水位、渗流状态及有关水文地质参数，评价地下水的腐蚀性及对深基坑、边坡等的不良影响，必要时应分析地下水对成桩工艺及复合地基施工的影响；

5 当采用天然地基方案时，应对地基持力层及下卧层进行分析，提出地基承载力和沉降计算的参数，必要时结合工程条件对地基变形进行分析；

6 提供地基处理分析计算所需的岩土参数，根据软土地区特征及场地条件建议一种或多种地基处理方案，并宜分析评价复合地基承载力及复合地基的变形特征；

7 提供桩基承载力和桩基沉降计算的参数，必要时应进行不同情况下桩基承载力和桩基沉降量的分析与评价，提出桩型、桩端持力层的建议，对各种可能选用的桩基方案进行分析比较，提出成桩中可能出现的问题和可能引起的环境问题，建议可行的基础方案及施工方法；

8 根据基坑的规模及场地工程地质、水文地质条件提出基坑支护、地下水控制方案的建议；

9 对地基基础及基坑支护等施工中应注意的岩土工程问题及工程检测、现场检验、监测工作提出建议;

10 必要时,对特殊岩土工程问题提出专题研究的建议。

11.3.5 软土地区勘察成果报告宜对地基基础和上部结构的设计、施工和使用等进行综合分析,提出减少和预防由于地基变形引起建筑物的结构损坏或影响正常使用的建议。

11.3.6 软土地区勘察报告应包括下列主要图件:

- 1 拟建建筑平面位置及勘探点平面布置图;
- 2 勘探点主要数据一览表;
- 3 工程地质钻孔柱状图或综合柱状图;
- 4 工程地质剖面图;
- 5 室内试验及原位测试图表。

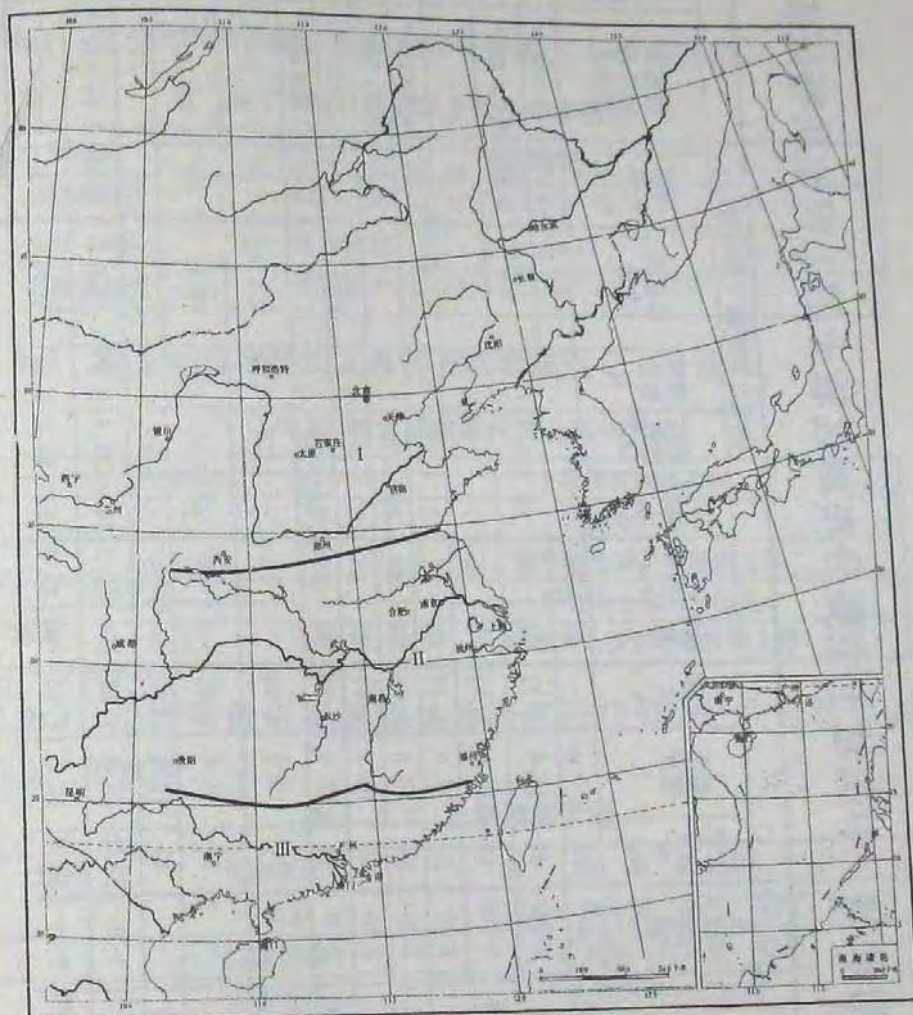
11.3.7 当工程地质条件复杂或地基基础分析评价需要时,应附下列图表:

- 1 软土层面等高线图和等厚度线图;
- 2 拟采用持力层层面等高线图;
- 3 不良地质作用发育平面分布图;
- 4 综合工程地质图或分区图;
- 5 地下水等水位线图;
- 6 岩土利用、整治、改造方案的有关图表;
- 7 岩土工程计算简图及计算成果图表。

11.3.8 软土地区勘察报告可根据需要附下列附件:

- 1 岩土工程勘察任务书(含建筑物基本情况及勘察技术要求);
- 2 重要的审查报告或审查会(或鉴定会)纪要;
- 3 任务委托书(或勘察合同)、勘察工作纲要;
- 4 本次勘察所用的机具、仪器的型号、性能说明;
- 5 重要函电;
- 6 专题研究报告。

附录 A 中国软土主要分布地区的 工程地质区划略图



I—北方地区；II—中部地区；III—南方地区

附录 C 试样质量等级的选择

C.0.1 薄壁取土器的技术参数应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 薄壁取土器的技术参数

面积比	$\leq 10\%$	内间隙比	0.5~1.0
外间隙比	0	刃口角度	$5^{\circ} \sim 10^{\circ}$
长度 (mm)	10~15 倍内径	外径 (mm)	75~100
内壁光洁度	$\Delta 5 \sim \Delta 6$	—	—

C.0.2 软土试验取样的工具和方法可按表 C.0.2 选择。

表 C.0.2 软土试验取样的工具和方法

质量级别	取样方法与工具
I	薄壁取土器
I ~ II	薄壁取土器及回转取土器
III ~ IV	厚壁取土器岩芯钻头
IV	标准贯入器空心螺纹提土器

C.0.3 土样质量应根据被扰动程度进行分级, 并应符合表 C.0.3 的规定。

表 C.0.3 土样质量分级

级别	扰动程度	试 验 内 容
I	不扰动	土类定名、含水量、密度、强度、固结
II	轻微扰动	土类定名、含水量、密度
III	显著扰动	土类定名、含水量
IV	完全扰动	土类定名

注: 1 不扰动是指原位应力状态虽已改变, 但土的结构、密度和含水量变化很小, 能满足室内试验各项要求;

2 除地基基础设计等级为甲级的工程外, 在工程技术要求允许的情况下, 可用 II 级土试样进行强度和固结试验, 但宜先对土试样受扰动程度作抽样鉴定, 判定用于试验的适宜性, 并结合地区经验使用试验成果。

附录 D 土粒相对密度和泊松比的经验值

D.0.1 土粒相对密度经验值可按表 D.0.1 确定。

表 D.0.1 土粒相对密度经验值

塑性指数 I_p	土粒相对密度	塑性指数 I_p	土粒相对密度
$I_p < 6$	2.69	$17 < I_p \leq 20$	2.73
$6 < I_p \leq 10$	2.70	$20 < I_p \leq 24$	2.74
$10 < I_p \leq 14$	2.71	$I_p > 24$	2.75
$14 < I_p \leq 17$	2.72	—	—

注：本表不适用于有机质含量大于 10% 的土。

D.0.2 土的泊松比 (μ) 可按表 D.0.2 确定。

表 D.0.2 土的泊松比

土 类	泊松比 (μ)
粉土	0.30
粉质黏土	0.35
黏土	0.42

附录 E 单桩竖向承载力的经验公式

E. 0. 1 当单桩竖向极限承载力按土的埋深和物理力学性质指标估算时, 可按下式计算:

$$Q_u = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (\text{E. 0. 1})$$

式中: q_{sik} ——桩侧第 i 层土的极限侧阻力标准值, 可根据当地经验确定;

q_{pk} ——极限端阻力标准值, 可根据当地经验确定;

Q_u ——单桩竖向极限承载力 (kN);

u ——桩身周长 (m);

l_i ——第 i 层土桩长 (m);

A_p ——桩端面积 (m^2)。

E. 0. 2 当单桩竖向极限承载力按静力触探试验成果估算时, 应符合下列规定:

1 采用单桥静力触探比贯入阻力 (p_s) 估算预制桩单桩竖向极限承载力时, 可按下式计算:

$$Q_u = u \sum q_{sik} l_i + \alpha_b p_{sb} A_p \quad (\text{E. 0. 2-1})$$

式中: Q_u ——单桩竖向极限承载力 (kN);

u ——桩身周长 (m);

q_{sik} ——用单桥静力触探比贯入阻力 (p_s) 估算的第 i 层土的桩间极限侧阻力 (kPa), 可按表 E. 0. 2-1 取值, 且当桩端穿越粉土、粉砂、细砂及砂层底面时, 粉土及砂土估算的 q_{sik} 应乘以表 E. 0. 2-2 中系数 (φ_s);

l_i ——第 i 层土桩长 (m);

α_b ——桩端阻力修正系数, 按表 E. 0. 2-3 取值;

p_{sb} ——桩端附近的静力触探比贯入阻力平均值 (kPa),

按表 E. 0. 2-4 计算；

p_{sbl} ——桩端全断面以上 8 倍桩径范围内的比贯入阻力平均值 (kPa)；

p_{sk2} ——桩端全断面以下 4 倍桩径范围内的比贯入阻力平均值 (kPa)，当桩端持力层为密实的砂土层，其比贯入阻力平均值 (p_s) 超过 20MPa 时，应乘以表 E. 0. 2-5 中系数 (C) 后，再计算 p_{sk2} 及 p_{sk1} 值；

β ——折减系数，按表 E. 0. 2-6 取值；

A_p ——桩端面积 (m^2)。

表 E. 0. 2-1 桩间极限侧阻力 q_{sk}

土的类别		单桥静力触探比贯入阻力 (p_s)	桩间极限侧阻力 (kPa)
地表以下 6m 范围内的浅层土		—	15
黏性土	位于粉土及砂性土以上	$p_s \leq 1000 kPa$	$q_{sik} = \frac{p_s}{20}$
		$1000 kPa < p_s \leq 4000 kPa$	$q_{sik} = 0.025 p_s + 25$
		$p_s > 4000 kPa$	125
	位于粉土及砂性土以下	$p_s \leq 600 kPa$	$q_{sik} = \frac{p_s}{20}$
		$600 kPa < p_s \leq 5000 kPa$	$q_{sik} = 0.016 p_s + 20.45$
		$p_s \geq 5000 kPa$	100
粉土及砂性土		$p_s \leq 5000 kPa$	$q_{sik} = \frac{p_s}{50}$
		$p_s > 5000 kPa$	$q_{sik} = 100$

表 E. 0. 2-2 系数 φ_s

p_s/p_{sl}	≤ 5	7.5	≥ 10
φ_s	1.00	0.50	0.33

注：1 p_s 为桩端穿越的中密—密实砂土、粉土的单桥静力触探比贯入阻力平均值； p_{sl} 为砂土、粉土的下卧软土层的比贯入阻力平均值；

2 单桥探头的圆锥底面积为 15cm^2 ，底部带 7cm 高滑套，锥角 60° 。

表 E. 0. 2-3 桩端阻力修正系数 α_b

桩入土深度 l (m)	$h < 15$	$15 \leq h \leq 30$	$30 < h \leq 60$
α_b	0.75	0.75~0.90	0.90

表 E. 0. 2-4 桩端附近的静力触探比贯入阻力平均值 p_{sb}

当 $p_{sb1} \leq p_{sb2}$ 时	$p_{sb} = \frac{p_{sb1} + p_{sb2}\beta}{2}$
当 $p_{sb1} > p_{sb2}$ 时	$p_{sb} = p_{sb2}$

表 E. 0. 2-5 系数 C

p_s (MPa)	20~30	35	>40
系数 C	5/6	2/3	1/3

表 E. 0. 2-6 桩端阻力折减系数 β

p_{sb2}/p_{sb1}	<5	5~10	10~15	>15
β	1	5/6	2/3	1/2

对于比贯入阻力值为 2500kPa~6500kPa 的浅层粉性土及稍密的砂性土, 计算桩端阻力和桩周侧阻力时应结合经验, 考虑数值可能偏大的因素。用 p_s 估算的桩的极限端阻力不宜超过 8000kPa, 桩周极限侧阻力不宜超过 100kPa。

2 对于一般黏性土和砂土, 采用静力触探试验双桥静力触探锥尖阻力 (q_c) 和探头侧摩阻力 (f_{si}) 估算预制桩单桩竖向极限承载力时, 可按下式计算:

$$Q_u = u \sum f_{si} l_i \beta_i + \alpha q_c A_p \quad (\text{E. 0. 2-2})$$

式中: f_{si} ——第 i 层土的 (kPa);

β_i ——第 i 层土桩身侧摩阻力修正系数: 对于黏性土、粉土,

$\beta_i = 10.043 f_{si}^{-0.55}$; 对于砂性土, $\beta_i = 5.045 f_{si}^{-0.45}$;

α ——桩端阻力修正系数: 对黏性土、粉土, α 取 2/3;

对饱和砂土, α 取 1/2;

q_c ——桩端上、下探头阻力, 取桩尖平面以上 $4d$ 范围内按厚度的加权平均值; 然后再和桩端平面以下 $1d$ 范围内的 q_c 值进行平均 (kPa)。

E. 0.3 对于预制桩、预应力管桩和沉管灌注桩, 采用标准贯入试验成果估算单桩竖向极限承载力时, 可按下式计算:

$$Q_u = \beta_s u \sum q_{sis} l_i + q_{ps} A_p \quad (\text{E. 0.3})$$

式中: q_{sis} ——第 i 层土的极限侧阻力 (kPa), 可按表 E. 0.3-1 采用;

q_{ps} ——桩端土的极限端阻力 (kPa), 可按表 E. 0.3-2 采用;

β_s ——桩侧阻力修正系数, 土层埋深大于等于 10m 且小于等于 30m 时, β_s 取 1.0; 土层埋深大于 30m 时, β_s 取 1.1~1.2。

表 E. 0.3-1 极限侧阻力 q_{sis}

土的种类	土(岩)层平均标准贯入实测击数(击)	极限侧阻力 q_{sis} (kPa)
淤泥	<1~3	10~16
淤泥质土	3~5	18~26
黏性土	5~10	20~30
	10~15	30~50
	15~30	50~80
	30~50	80~100
粉土	5~10	20~40
	10~15	40~60
	15~30	60~80
	30~50	80~100
粉细砂	5~10	20~40
	10~15	40~60
	15~30	60~90
	30~50	90~110

续表 E. 0. 3-1

土的类别	土(岩)层平均标准贯入实测击数(击)	极限侧阻力 q_{ss} (kPa)
中砂	10~15	40~60
	15~30	60~90
	30~50	90~110
粗砂	15~30	70~90
	30~50	90~120
砾砂(含卵石)	>30	110~140
全风化岩	40~70	100~160
强风化软质岩	>70	160~200
强风化硬质岩	>70	200~240

注：表中数据对无经验的地区应先用试桩资料进行验证。

表 E. 0. 3-2 极限端阻力 q_{ps}

q_{pk} (kPa) / 标准贯入 实测击数 (击) / 桩入土深度 (m)	70	50	40	30	20	10
15	9000	8200	7800	6000	4000	1800
20	11000	8600	8200	6600	4400	2000
25	—	9000	8600	7000	4800	2200
30	—	9400	9000	7400	5000	2400
>30	—	10000	9400	7800	6000	2600

注：1 表中数据可以内插；

2 表中数据对无经验的地区应先用试桩资料进行验证。

本规程用词说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 2 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 3 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 4 《土工试验方法标准》GB/T 50123

中华人民共和国行业标准

软土地区岩土工程勘察规程

JGJ 83-2001

条文说明

修 订 说 明

《软土地区岩土工程勘察规程》JGJ 83-2011, 经住房和城乡建设部 2011 年 4 月 22 日以第 998 号公告批准、发布。

本规程是在《软土地区工程地质勘察规范》JGJ 83-91 的基础上修订而成, 上一版的主编单位是中国建筑科学研究院, 参加单位是上海勘察院、天津市规划设计管理局、天津市勘察院, 主要起草人员是翟礼生、莫群欢、翁鹿年、费仲良、邓红灯、陆莲美、杨石红、顾国荣、石曾传、焦景有、李珊林。本次修订的主要技术内容是: 1. 将原规范由 8 章调整为 11 章; 2. 增加了“术语和符号”; 3. 岩土工程勘察基本要求中明确了软土勘察等级, 初步勘察的勘探线、勘探点间距和初步勘察的勘探孔深度; 4. 修订了“调查、勘探和测试”一章, 强调软土地区应加强原位测试工作, 规定了原位测试的试验项目、测定参数、主要试验目的; 5. 修订了“地下水”一章, 增加了“现场勘察时地下水测量要求”和“抗浮设防水位确定”内容; 6. 修订了“强震区场地和地基”一章, 增加了“软土地区地震效应勘察内容”和“当设防烈度等于或大于 7 度时, 对厚层软土分布区软土震陷可能性的判别”内容; 7. 增加了“天然地基勘察”一章; 8. 增加了“地基处理勘察”一章; 9. 修订了“桩基工程勘察”一章, 增加了“单桩极限承载力根据地区经验按土的埋深和物理力学指标进行计算”的内容和“附录 E 单桩竖向承载力的经验公式”; 10. 增加了“基坑工程勘察”一章; 11. 增加了“岩土工程勘察成果报告”一章。

本规程修订过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 总结了我国工程建设软土地区岩土工程勘察的实践经验, 同时参考了国外先进的技术法规、技术标准, 通过试验取得了多项重要技术

参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定,《软土地区岩土工程勘察规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1 总则	72
2 术语和符号	73
2.1 术语	73
3 基本规定	74
3.1 一般规定	74
3.2 勘察等级	74
3.3 可行性研究勘察	75
3.4 初步勘察	75
3.5 详细勘察	76
3.6 施工勘察	76
4 测绘调查、勘探和测试	77
4.1 一般规定	77
4.2 工程地质测绘和调查	78
4.3 钻探和取样	78
4.4 室内试验	81
4.5 原位测试	84
4.6 监测	86
5 地下水	87
6 场地和地基的地震效应	89
6.1 一般规定	89
6.2 抗震地段划分与场地类别	89
6.3 液化与震陷	90
6.4 地震效应评价	95
7 天然地基勘察	98
7.1 一般规定	98

7.2	地基承载力确定	99
7.3	地基变形验算	100
7.4	天然地基的评价	101
8	地基处理勘察	102
8.1	一般规定	102
8.2	地基处理勘察与评价	103
9	桩基工程勘察	106
9.1	一般规定	106
9.2	承载力与变形	109
9.3	桩基勘察评价	110
10	基坑工程勘察	112
10.1	一般规定	112
10.2	勘察工作量及参数选用	112
10.3	基坑工程评价及地下水控制	112
11	勘察成果报告	114
11.1	一般规定	114
11.2	岩土参数的分析和选定	115
11.3	成果报告的基本要求	115

1 总 则

1.0.1 制定本规程的目的是在软土地区岩土工程勘察中贯彻执行国家技术经济政策，合理统一技术标准，促进技术进步。软土地区岩土工程勘察不仅要客观反映工程地质条件，而且要为建筑物的设计、施工和建设使用的全过程服务。本次修订中加强了分析评价内容，并吸收了近十几年来软土地区岩土工程勘察中的新技术和新经验，特别是一些成熟有代表性的地区经验。

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围。条文中的建筑是指建筑物及其附属构筑物、单独构筑物。

1.0.3 本条提出了软土地区岩土工程勘察的共性和原则性要求。软土的地基和场地属于不良工程地质条件，因此，针对软土地区特点的勘察做到精心勘察、精心分析是十分必要的。

1.0.5 在执行本规程时，尚应符合的国家现行标准主要包括：《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑桩基技术规范》JGJ 94、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《土工试验方法标准》GB/T 50123 等。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 软土除包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土外，某些冲填、吹填的细粒土其性质与淤泥相似，也属软土或软弱土的范畴。另外，按《港口工程地质勘察规范》JTJ 240 - 97 的划分，淤泥性土包括淤泥质土、淤泥、流泥和浮泥等均属软土。

2.1.3 按《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279 的定义，灵敏度为原状黏性土试样与含水率不变时该土重塑土试样无侧限抗压强度的比值。考虑到灵敏度还可以通过十字板试验获得，因此没有限定为试样的无侧限抗压强度。

2.1.4 《工程地质手册》（第四版）“软土的工程性质”中的流变性叙述为：“软土在长期荷载作用下，除产生排水固结引起的变形外，还会发生缓慢而长期的剪切变形”。综合专家的意见进行修改确定。

2.1.8 地面沉降的定义参考《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279 - 98 中 3.2.72 地面下沉的定义。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 从第四纪开始,中国大陆的轮廓已基本上形成,也就是说,软土是在南北气候差别、新构造运动变异、物质来源多样的条件下,在静水或缓慢水流中,经过生物化学作用而淤积形成的,它必然存在着成因、构造、结构及工程性质的地区性差异,理论上是如此。通过实际资料的统计,初步建立起来的软土的区域工程性质特征,从实践上也说明如此。这些区域性特征,可供区划、规划和勘察的前期工作使用。

3.1.2 分阶段勘察的原则必须坚持。但是,由于各行业设计阶段的划分不完全一致,工程的规模和要求也不同,场地和地基的复杂程度差别很大,要求每个工程都进行分阶段勘察是不实际、不必要的,勘察单位应根据任务要求进行相应阶段的勘察工作。

3.1.3 对于城区和工业区,当已经积累了大量的工程勘察经验情况下,建筑物平面布置已确定时,可以直接进行详细勘察。

3.2 勘察等级

3.2.3 “不良地质作用发育”是指对极不稳定场地,不良地质作用直接威胁工程安全。“地质环境条件”是指人为和自然因素引起的地下采空、地面沉降、地裂缝、化学污染、水位上升等。“地质环境条件复杂”是指上述条件对工程的安全已构成直接威胁。“地质环境条件较复杂”是指上述条件的作用不强烈,对工程的安全的影响不严重。

对于分布有严重震陷可能的松软土、盐渍土、污染土等特殊土,以及其他需要作专门处理的工程场地,可视为场地和地基复杂。

3.3 可行性研究勘察

3.3.1 工程建设适宜性应在可行性研究阶段评价,以便场地方案比选,或为制定避让、治理等措施,为可能进行的专项地质调查、评估工作提供依据。必要时应进行工程地质分区或分段。

3.3.2 可行性研究勘察阶段的工作,一般主要是搜集和分析已有的相关资料,进行现场踏勘,必要时才进行工程地质测绘及测量、勘探、测试和试验工作。最后应对拟建场地的稳定性和适宜性以及技术经济效益进行综合评价。

3.4 初步勘察

3.4.3 地下管线的安全对保障国民经济发展和城镇人民的生活具有重要意义,在初步勘察阶段就应取得场地的地下管线现状资料,若直接进行场地详细勘察时,应取得场地的地下管线现状资料,并制定安全勘探措施。

3.4.4 本规程编制中综合考虑了国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 及《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的有关规定,规定对抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地,划分对建筑抗震有利、不利、危险的地段,应判定场地和地基的地震效应。

3.4.5、3.4.6 由于地貌形态及其变化在很大程度上反映地质情况的变化,因此,初步勘察阶段勘探线的布置首先要考虑地貌因素。勘探线要在每个地貌单元和地貌交接部位布置,应该而且尽可能垂直地貌单元线、地层界线及海岸线,同时在微地貌和地层变化较大地段适当加密,这对于查明隐伏的不良地质作用是十分重要的。

3.4.7 基岩一般是指中等风化岩石。对于拟考虑桩基方案的控制性勘探孔应进入微风化岩石内适当深度;对于软质岩石,由于风化层很厚,可考虑一般性勘探孔进入强风化岩石适当深度。

3.4.9 对于涉及基坑降水、基础抗浮设计的工程场地,在初勘阶段宜与委托单位或设计单位沟通,设置地下水位长期监测孔,

为场地详细勘察阶段的水文地质评价及基础设计、施工提供科学依据。

3.5 详细勘察

3.5.3 暗埋的塘、浜、沟、坑、穴的分布、埋深，对工程的安全影响很大，应予查明，在调查过程中，需要进行场地利用历史的查询、相关部门的配合及必要的勘探、探测工作。对于建筑基础底板标高附近以上深度范围内的地层，宜取土样进行腐蚀性测试。

3.5.4 本规程编制中，在天然地基、桩基、地基处理各章中对详细勘察阶段的勘察要求专门进行了规定，故此处未涉及详细勘察阶段的勘探点布置和深度的具体要求。第2款规定每个场地每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于6（组），这是基本要求，对于建筑群场地每一主要土层的原状土试样或原位测试数据应适当增加，充分考虑地层相变及均匀性的影响，使得参数统计结果具有充分代表性；对于地面下20m范围的砂土、粉土层，每一主要土层的原位测试数据不应少于6组，以满足地震液化评价要求。

3.6 施工勘察

3.6.1 软土地区的岩土工程条件与施工方法有着密切的关系，因此，本规程把施工勘察作为一个独立的勘察阶段。该阶段的勘察工作具有更强的针对性，主要是为施工设计提供资料和参数，特别是在设计条件出现重大变更或者施工方案设计和实施存在特定需求时。其次要在配合设计、施工单位进行地基验槽的基础上，针对地质条件的变化，开展进一步的勘察工作。

4 测绘调查、勘探和测试

4.1 一般规定

4.1.1 工程地质调查和测绘是在地质条件复杂的场地进行勘察不可缺少的内容。工程地质调查对各项工程都要进行,不同勘察阶段对工程地质调查和测绘的内容和要求也不尽相同。

可行性研究勘察的主要任务是从总体上评价拟选场地的稳定性和适宜性,进行技术经济分析以决定场地的取舍,因此,一般通过调查工作,搜集研究已有地质资料,进行现场踏勘,对影响工程的重点工程地质问题进行核实与补充勘察,发现场地存在重大地质问题(如滑坡、发震断裂、洪水等)时,才进行详细的调查和测绘。

在初步勘察阶段,除做工程地质调查外,一般要进行工程地质测绘,因为本阶段场地已经选定,勘察工作的主要任务是进一步评定场地内各地段的稳定性和建筑条件,进行工程地质分区或分段,为确定建筑物总平面布置提供资料。

详细勘察阶段,是在初步勘察阶段的调查和测绘的基础上,在建筑物布置的地段,对地质界线或微地貌形态作必要的补充。当地质条件特别复杂时,应对前一勘察阶段遗留下来的某些专门性问题作必要的详细调查和测绘。

4.1.3 本条强调了软土地区原位测试工作,这是我国软土地区几十年工程勘察经验的总结。现场原位测试,目前国内一般勘察单位常用的手段,以载荷试验、静力触探试验、十字板剪切试验,标准贯入试验、旁压试验、波速试验等为主。这些试验标准与方法,可按有关的规程来执行,但应按软土的特性来选用。静力触探是软土地区十分有效的原位测试方法,能较准确地进行力学分层。旁压试验比较适宜测试软土的模量和强度。十字板剪切试验

比较适宜测试内摩擦角近似为零的软土强度。扁铲侧胀试验虽然经验不多,但适用于软土也是公认的。标准贯入试验对软土测试并不适用,但可用于软土中砂土、粉土和较硬黏性土等测试。

4.1.4 现场原位测试能得到广泛的应用,原因在于地基土处在原位天然状态下,不受人为的扰动影响,测得其性能指标精确性优于室内试验。但是,由于原位测试所获得的土性指标较单一,不能作为全面评价地基土性能的依据,故而应与室内试验配合使用,应用中应当考虑本地区地基土的性质特点和工程实践经验。土工试验资料的分析整理,应以现场原位测试为主要依据。对明显不合理的数据,应分析原因,并结合地区资料合理取值。

4.2 工程地质测绘和调查

4.2.2 工程地质测绘与调查的范围不应仅针对建设范围内的场地,还应适当扩大范围,对附近相关地段也应进行工程地质测绘与调查。

4.2.3 根据设计工作在初步设计和施工图设计阶段采用的地形图比例尺,在初步勘察阶段为 $1:2000 \sim 1:10000$,详细勘察阶段为 $1:500 \sim 1:2000$ 。在具体工作时,可根据场地工程地质条件的复杂程度和工程要求,在上述范围内选择。当场地工程地质条件复杂和工程要求较高时,应采用较大比例尺。对工程有特殊意义的地质单元体,如滑坡、洞穴等,都应进行测绘,必要时可用扩大比例尺表示。

4.2.4 为了达到精度要求,要求在测绘填图中采用比提交成图比例尺大一级的地形图作为填图的底图。

4.3 钻探和取样

4.3.1 软土地区钻探时常出现涌土、缩孔、坍孔等现象,尤其当上部土层夹砂性土、粉性土时,一般成孔困难,必须采取护壁等措施,连续施工。为避免出现涌土、缩孔、坍孔等不良现象,提出了钻探的基本要求。

4.3.2 钻探编录应由经过训练的专职人员承担。钻探编录的程序一般应对土层作确切定名，并记录其埋藏深度。

钻探描述：矿物成分、包含物、土层结构与层理特征等。对于土类不同、颜色不同、结构不同，其厚度大于0.5m的土层以及厚度小于0.5m有特殊工程意义的土层和标志层（如淤泥、泥炭等）均应单独分层描述。对“夹层”、“互层”及“夹薄层”等不均匀土层的描述，除一般描述要求外，尚应补充各单层和薄层土的厚度，出现频率（最好用素描表示）及层理等特征。参照上海规范，若两种不同土层相间成韵律，沉积厚度相差较大（厚度比为 $1/10 \sim 1/3$ ）时，可定名为“夹层”；厚度相差不大（厚度比大于 $1/3$ ）时，可定名为“互层”；若在很厚的土层中夹厚度非常薄（厚度比小于 $1/10$ ）的不同土层，且有规律地多次出现时，应以“夹薄层”定名。

对于重要钻孔，应保存土芯样或分段拍摄土芯照片，以利于分析施工中出现的問題。

4.3.4 关于贯入取土器的操作方法，本条规定宜用快速静力连续压入法，即只要能压入的要优先采用压入法，特别对软土必须采用压入法。压入法应连续而不间断，如用钻机给进装置施压，则应配备足够压入行程和压入速度的钻机。

影响原状土样质量因素很多，除取土器结构、钻探操作等因素外，还有：

1 钻孔内残土：取土前应将孔内钻进过程中所残存的土清理干净，否则残土过多，取土时易挤压土样而影响土样质量。

2 取土方法：

1) 轻锤多击法：由于锤的重量轻，锤击次数多，其速度及下击力往往不均匀，钻杆的摆动也大，故对土的扰动较大；

2) 重锤少击法：是用重锤以少击快速将取土器击入土中，根据取样试验比较，重锤少击比轻锤多击取土质量好，而又以重锤一次击入更好；

3) 压入法:是将取土器均匀地压入土中,采用这种方法对土样的扰动程度最小,有条件时采用油压给进装置效果最佳。

为了减少对土的扰动,本条文对采取 I ~ II 级土样,提出了以上两点操作要求。

4.3.5 本条需说明两点:

1 关于土样储存时温度

众所周知,土层深处的地温一般要比室温低得多,如果土样从地基中取出后,不是在地温相近的温度下储存、试验,则必然会受到温度变化影响。

对强度特性的影响,在一定的地温下固结的原位黏土,取土后运到室内试验时,随着温度上升,试样中的气体逸出,孔隙水压力上升,使残余有效应力减小,土的强度降低。

对固结特性的影响,随温度升高,其压缩性增大。

因此,土样储存温度应接近地温,据《上海市地基基础设计规范》:地下水温度在 $16^{\circ}\text{C} \sim 18^{\circ}\text{C}$, 因此,规定土样应储存在温度 $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 条件下。

2 关于土样储存时间

已经发现土样中的残余有效应力随其储存时间而显著下降,即土样的质量会随着时间的推移而变坏。从图 1 看出:土样储存 50d 后的残余有效应力只有取土后初始值的 $10\% \sim 20\%$ 。土样在储存期间,其水分可能发生内部转移,从表面附近的扰动区转移到相对不扰动的中部,溶于孔隙水中的气体也会由于总应力的卸除和温度变化而析出,特别是对深层取出的和孔隙水矿化程度较高的土样,将导致残余有效应力逐渐降低。因此,取土后最好尽快进行试验。本次规程修订储存时间定为 7d。

4.3.6 制定土样制备要求依据为:

1 由于土样是不均匀的,强调必须进行详细描述,并判别其质量等级,对不符合不扰动土样标准的,不宜进行力学性项目试验;

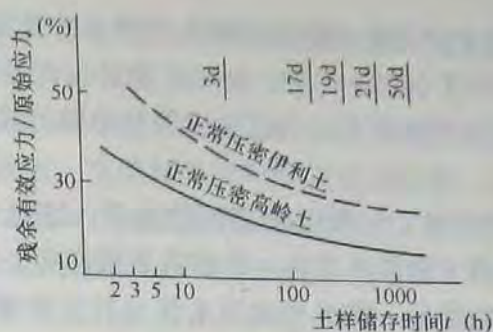


图1 残余有效应力的降低与时间关系

2 应用钢丝锯剖示纵剖面，保证试样切取具有代表性，避免试验指标离散性过大；

3 同一组试件的天然湿密度差值不宜大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ ，其目的是保证各项土性指标的一致性。

4.4 室内试验

4.4.1 室内土工试验项目一般分为物理性质指标试验和力学性质指标试验，以及土和地下水水质化学分析三方面。这里所指的土性指标是属常规试验项目，如土的天然含水量、湿密度、界限含水量、渗透系数、颗粒大小分析，以及计算所得的孔隙比、饱和含水量、干密度、塑性指数，液性指数等物性指标，还有土的压缩系数、压缩模量、内摩擦角、黏聚力等力学指标。一些特殊土性质指标，如无侧限抗压强度、灵敏度、先期固结压力、压缩指数、静止侧压力系数、泊松比、弹性模量和蠕变性质等，必须按工程需要来选择试验。至于化学分析，主要用于判别地下水对建筑材料的腐蚀性。对于研究影响软土强度因素时，有必要对土含盐量和含有机质量进行分析测定。

4.4.2 土的相对密度变化幅度不大，有经验的地区可根据经验判定，误差不大，是可行的。但在缺乏经验的地区，仍应直接测定。

4.4.3 测定液限，我国通常采用 76g 瓦氏圆锥仪，但在国际上

更通用卡氏碟式仪,故目前在我国是两种方法并用。《土工试验方法标准》GB/T 50123-1999 也同时规定这两种方法和液塑限联合测定法。由于测定方法的试验成果有差异,故应在试验报告上注明。

4.4.5 土的透水性,一般以渗透系数表示,这是室内试验常用的方法。对均质土测其垂直向一个渗透系数即可。而软土地区常见砂黏互层非均质土,其水平向透水性一般大于垂直向透水性,必须同时测定土的垂直向和水平向的渗透系数。

4.4.6 水、土的化学分析主要目的,是针对地下水和地下水位以上的土对混凝土和金属材料的腐蚀性作判定。当有足够经验或充分资料,认定工程场地的土或水对建筑材料不具腐蚀性时,可不取样进行腐蚀性评价。否则,应取水试样或土试样进行试验。测定地下水和地下水位以上的土有无侵蚀性的分析项目、评价标准统一按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定执行。

4.4.7 用 $e-p$ 曲线计算沉降,需要用到有效自重压力下的孔隙比 e ,第一级加荷要根据有效自重压力大小,宜用 12.5kPa、25kPa 或 50kPa。软土在常规压缩试验中最大加压荷重不宜大于 400kPa。在土质极软时,最大加压荷重不宜大于 200kPa,以免土样挤出失真。

4.4.8 固结系数测定要求做垂直向 C_v 和水平向 C_h 两个固结系数,是根据《上海市地基基础设计规范》规定提出的, C_v 与 C_h 两者的结果不一致。

4.4.9 采用常规固结试验求得的压缩模量和一维固结理论进行沉降计算,是目前广泛应用的方法。由于压缩系数和压缩模量的值随压力段而变,故本条作了明确的规定,并与现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 一致。

4.4.10 考虑土的应力历史,按 $e-\lg p$ 曲线整理固结试验成果,计算压缩指数、回弹指数,确定先期固结压力,并按不同的固结状态(正常固结、欠固结、超固结)进行计算,是国际上通用的

方法,故本条作了相应规定,并与现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 一致。

4.4.11 沉降计算时一般只考虑主固结,不考虑次固结。但对于厚层高压缩性软土,次固结沉降可能占相当分量,不容忽视。

4.4.12 排水状态对三轴试验成果影响很大,不同的排水状态所测得的 c 、 φ 值差别很大,故本条在这方面作了一些具体的规定,使试验时的排水状态尽量与工程实际一致。不固结不排水剪得到的抗剪强度最小,用其进行计算结果偏于安全,但是饱和软黏土的原始固结程度不高,而且取样等过程又难免有一定的扰动影响,为了不使试验结果过低,规定了在有效自重压力下进行预固结的要求。

4.4.13 虽然直剪试验存在一些明显的缺点,受力条件比较复杂,排水条件不能控制,但由于仪器和操作都比较简单,又有大量实践经验,故在一定条件下仍可利用,但对其应用范围应予限制。极软的土在室内直接剪切试验中,经常发生试样挤出现象和应力环变形千分表读数不准的现象,对这样的软土,应当减小垂直荷重和应用薄壁应力环,保证土样不挤出和应力环变形读数显著。

无侧限抗压强度试验实际上是三轴试验的一个特例,适用于 $\varphi \approx 0$ 的软黏土,国际上用得较多,故在本条作了相应的规定,但对土试样的质量等级作了严格规定。

4.4.14 弹性模量测试,在本条强调了试验加荷必须模拟工程实际加、卸荷载的应力状态,这样求得的弹性模量在使用中可以更符合工程设计施工的要求。

4.4.15 软土动力特性参数试验,在试验前必须拟订试验方案设计,对采用仪器和操作、动荷载大小、波形、频率、振幅、持续时间、固结应力和破坏标准(或终点标准)、成果的整理、参数的采取和修正等都要预先确定出来,在试验中有章可循,保证试验成果的精确性,满足设计和研究的技术要求。

4.4.17 由于工程的原因需要对土的结构性状进行了解,可测定

软土的灵敏度 S_l ，作出其分类和评价。

4.5 原位测试

4.5.2 静力触探已为当前勘察中常用手段，其操作方法基本上都趋向一致，但评价土的强度和变形指标必须结合本地区的经验，也就是必须建立本地区的经验公式。因为软土的性能各地区不可能相同，有本地区的特点，很难建立一个各地区皆能适用的计算公式。一些地区如天津市、上海市地方标准，按土类分别提供了不同的公式和计算方法，适用性比较强。根据静力触探确定土的承载力和变形指标可按地区标准执行。

4.5.3 应用十字板剪切试验测定软土的抗剪强度是目前常用的一种手段，所得成果也较精确。十字板头规格宜采用 $75\text{mm} \times 150\text{mm}$ ，其他规格的不甚合适。试验操作按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 执行。在大型工程十字板剪切试验中，应同时测定软土的残余抗剪强度，研究软土在重荷作用下强度变化过程，并应计算其灵敏度。

4.5.4 自钻式旁压仪比预钻式旁压仪为优，在软土区测试深层土的强度时，应当采用自钻式旁压仪，深度大，成孔有保证。预钻式旁压仪在试验深度上有一定的限制，成孔有一定的困难，软土的缩孔问题也很难克服，试验成果精度不如自钻式为佳，故建议用自钻式为宜，在作浅层评价时，预钻式也可以应用。所以旁压试验中成孔是一个很关键性的问题。目前在资料整理和取旁压特性指标的方法上没有统一，不少问题尚待进一步研究。建议采用现行行业标准《PY 型预钻式旁压试验规程》JGJ 69 的规定执行。

4.5.5 软土的特性就是强度低变形量大，在其上做载荷试验时承压板面积不能太小，小于 1.0m^2 时往往不易测得满意的结果，因为土质软，当压板面积小时易发生冲切式的破坏，不能全面表达应力-应变关系。同时，首级荷重不能太大，应当不超过试坑底面以上土的自重压力，一般分八级加荷为宜。最大加载量不应

小于设计荷载的两倍。在软土地基上做载荷试验,必须充分考虑土质特性、工程特性及施工加荷过程,应因地因事地来做,求出合理的应力-应变曲线图形,获得较精确的强度变形指标,结合地区经验取值。

载荷试验的影响深度有很大的局限性,一般为不超过承压板宽度的两倍,如要了解深部的土层承载力,可以用面积为 500cm^2 螺旋板分层载荷试验。

4.5.6 扁铲侧胀试验成果的应用经验目前尚不丰富。根据铁道部第四勘测设计院的研究成果,利用侧胀土性指数 I_D 划分土类,黏性土的状态,利用侧胀模量计算饱和黏性土的水平不排水指数 K_D 确定土的静止侧压力系数等,有良好的效果,并被列入铁道部《铁路工程地质原位测试规程》TB 10018。上海、天津以及国际上都有一些研究成果和工程经验,但由于扁铲侧胀试验在我国开展较晚,故应用时必须结合当地经验,并与其他测试方法配合,相互印证。

4.5.7 标准贯入试验可以用来评价土的均匀性和定性地划分土层,这可以与钻探孔配合使用。在软土地区往往锤击数小于3击,有的靠设备自重下沉击数为0击。这就很难确定土的强度,只能定性地评价土的软硬,无定量值。所以在软土地区用标贯试验来评价强度和变形不甚适用的。在软土中夹有较硬的土层时,也可按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021执行。

4.5.8 弹性波速度的测试方法,应用的有单孔法和跨孔法两种,跨孔法的成果精度优于单孔法,但跨孔法的仪器设备一般勘察单位都不具备,很难推广。故提出在地层复杂时宜采用跨孔法,没有规定一定要用跨孔法。至于记录曲线的整理和解释方法两者基本是一致的。在应用跨孔法测超过30m深度的土层波速时,钻孔的偏斜对成果有较明显的影响,必须测量孔斜。一般小于30m深度的钻孔偏斜角度很小,对计算土层波速影响很小,故可以不测孔斜。

4.6 监 测

4.6.1 一级建筑物工程大、造价高、损坏不易补救,施工也较复杂,难度大,所以应该在施工期和使用期中进行沉降监测。对工程地质条件复杂等情况的二、三级建筑物亦应当进行沉降监测。在地基土强度和变形有变化且不均质,或者地基虽经加固处理,仍可能对建筑物的安全有影响时,也应进行沉降监测。沉降监测的目的在于保证施工的顺利进行,一旦发生问题可采取合理的措施,保证安全使用,积累设计施工经验。所以沉降监测工作是一项甚为重要的工作。

4.6.2 对一般的场地和一般的建筑物设计施工,用勘探钻孔内测定的静止水位,就可以满足应用。但在地下水位升降变化较大的场地,地下水质变化大、对混凝土和金属材料腐蚀性大的场地,地下水对地基土强度影响大的场地,应进行地下水动态观测。这类观测在施工前和竣工后都要进行。

4.6.3 地下水的动态观测不单纯测量水位的变化和水质的变化,还必须测得地下水位面的倾向和起伏、补给和流向、地表水和地下水的水力联系、污染源等。这些资料的取得不是几天就行的,至少要一个水文年才能获得较可靠的资料。要想获得较准确的动态资料,就必须进行地下水动态长期观测工作。如北京、天津等城市已观测 30 多年,动态资料丰富,有利于城市建设的需要。

5 地 下 水

5.0.1 随着城市建设的发展,尤其对地下空间开发利用,地下水对工程建设的影响日渐突出,地下水作用对工程建设的安全产生极大的影响。由于软土地区通常是处于地下水位较高的地段,同时地下水与软土的物理力学性质及其工程特性密切相关,在勘察设计施工过程中地下水始终是一个极其重要的问题,应引起足够重视。本条规定了软土地区建筑勘察对地下水的基本要求。

5.0.2 规定了软土地区地下水勘察的主要内容,结合软土地区的特点提出了重点查明的内容。软土大部分布在滨海、江、河、湖附近,勘察时应有针对性地查明地下水与江、河、湖、海水体的水力联系。

5.0.3 针对不同地区、不同工程地下水的勘察内容和方法需要区别对待;如天津地区、上海地区对地下水的分布规律都有相当地区经验,对一般工程可通过调查方法。

5.0.5 地下水位的量测是地下水勘察的重要内容之一,对一些基础埋深较大的建筑物,可能遇到2层或2层以上的地下水,必须有针对性地对多层地下水水位进行量测。

5.0.8 简易的抽水试验或简易注水试验较适合粉性土、砂土及黏、砂互层土。由于软土地区土层的成层性,土的渗透性是各向异性,在采取注水试验测定土的渗透系数时,采用孔壁和孔底同时进水的试验较好。

上海地区在钻孔中进行简易抽水试验测定原位渗透系数值时,按下式计算渗透系数:

$$k = \frac{3.5r^2}{(H+2r)t} \ln \frac{s}{s'} \quad (1)$$

式中: k ——渗透系数 (cm/s);

r ——钻孔半径 (cm);
 H ——潜水含水层厚度 (cm);
 s ——停止抽水后孔内水位下降值 (cm);
 s' ——经过时间 t 后 (水位恢复) 的水位下降值 (cm)。

在钻孔中进行简易降水头注水试验时, 在钻孔的非试验段下套管、试验段由孔壁和孔底同时进水的条件下, 按下式计算渗透系数:

$$k = \frac{D^2 \ln \frac{2L}{D} \ln \frac{H_1}{H_2}}{8L(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

式中: D ——注水管内径 (cm);
 H_1 、 H_2 ——分别为观测时间 t_1 、 t_2 时的水头高度 (cm);
 L ——进水段长度 (cm)。

5.0.9 在岩土工程勘察、设计、施工过程中, 地下水的影响始终是一个极为重要的问题, 在岩土工程勘察中应当对其作用进行预测和评估。地下水作用的评价具体说明见现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021。

5.0.10 地下水对结构有上浮作用, 结构设计人员最关心的是抗浮设防水位; 抗浮设防水位预测确定历史最高水位作为抗浮设防水位, 从工程安全角度看, 最为可靠, 但不经济。如水位预测值低于实际值许多, 就存在极大安全隐患。它的预测是在掌握大量资料和地区经验基础上进行, 必要时应作专项咨询。

抗浮设防水位确定后, 关于浮力的计算, 在静水环境中, 浮力可以用阿基米德原理计算。实际工程中地下水赋存于地层中, 始终在运动, 并受多种因素影响, 并不是所谓的静水环境。由于地下建筑物的存在, 改变了拟建场地原有地下水的运动边界条件, 即便在基础埋深范围内仅存在一层地下水; 在地下水赋存体系比较复杂的情况下, 上层水与下部含水层之间也存在一定的水力联系, 在各含水层之间有非饱和带时更是如此。基底的实际水压力可以通过实测结合渗流分析来确定。

6 场地和地基的地震效应

6.1 一般规定

6.1.1 软土地区建（构）筑物震害，主要受场地和地基条件影响造成，如：地基失稳（液化、震陷）场地地面破坏效应；或受场地土层（刚度和厚度）影响，而使得软土厚度较大、埋深较浅地区的某些建筑物，振动幅度加大、振动时间加长等，建筑物振动破坏。本章条文主要针对抗震设防烈度 6~9 度地区，提出了软土地区地震效应勘察应做的工作和深度，在原则上作了规定，并对获取勘察评价资料的方法提出了要求。同时条文强调对所规定的工作内容和方法，应根据工程的重要性、地震地质条件及工程的具体要求进行。如：对软土震陷量计算问题，一般情况下可不作，但强调当工程需要时可进行专门性分析评价工作。

6.2 抗震地段划分与场地类别

6.2.1 建筑场地抗震地段划分的方法和依据，应采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。但在具体工程实际中，场地的条件不可能采用一种简单模式套用，往往是杂乱的，一般情况下应以最不利于抗震的条件为主要评价依据。同时考虑到现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的条文说明中，对有些场地既不属于有利地段，也不属于不利或危险地段的其他条件地段，将其划分为可进行建设的一般场地。本次修订，为便于工程评价，除有利、不利或危险地段外，将可进行建设的一般场地列入了本次修编的正式条文中。

6.2.2 场地类别的评定方法可参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 执行。但由于近年来全国各地房地产开发和小区建设得到了蓬勃发展，目前已由市区向郊区、卫星县镇延

伸,为了提高对多层建筑群(或小区)场地类别划分的可靠性和安全性,条文中补充规定了对7度及其以上地震区,6栋以上的多层建筑组团,要求采用剪切波速测定方法,计算等效剪切波速值。同时根据近年来在执行《建筑抗震设计规范》GB 50011过程中,针对多层建筑,当坚硬土层埋深大,控制性钻孔难以满足覆盖层厚度评价要求,专门为揭示覆盖厚度布置深孔有困难时,有经验的地区可引用邻近工程深孔资料,但为了保证资料来源的真实、可靠,报告书中应说明引用资料的工程名称;无经验地区,布置少量深孔是必要的,但深度宜控制在基本能满足评价要求。

6.3 液化与震陷

6.3.2 饱和砂土和粉土液化,目前所采用的液化判别法都是经验方法,存在一定的局限性和模糊性。宜采用多种方法分析、比较和判断,不宜采用单一方法作出判定。当各种方法判别有矛盾时,应根据环境地震地质条件和具体工程条件,作出经济合理的综合判定。因此,本条文中针对非单一性的砂土特性,如:含泥质砂土、砂土夹淤泥质黏土、砂土与淤泥质黏土互层等,提出了除采用标准贯入试验方法外,还推荐了采用静力触探试验方法,判别地震液化可能性的判别式。

静力触探试验判别法,早在10年前已纳入《铁路工程抗震设计规范》GB 50111和《岩土工程勘察规范》GB 50021的条文说明中,但推荐的判别式,一般适用于单一性的砂土。本条文中推荐的判别式是采用上海岩土工程勘察设计研究院、同济大学等有关单位,针对上海和南方软土地区砂类土的特性(非单一性的砂土)建立起来的。由于静力触探试验方法在反映此类砂土的原始沉积特点和物理力学性质方面,比标准贯入试验更具有独到的优点,将此类土物理力学性质的静探贯入阻力与标准贯入锤击数之间进行相关分析,并通过现场对比试验,找到液化非液化土的贯入阻力,并参照标准贯入试验的相关影响因素及判别的形式建

立用静力触探贯入阻力判别液化土的基本公式,该公式按液化应力比概念及锥尖阻力与标贯试验锤击数经验关系,确立动剪应力比与土体埋藏深度之间关系拟合而成。因此,本条文是根据多年来工程实践经验总结提出的,现已纳入上海地方标准《地基基础设计规范》DBJ 08-11和《岩土工程勘察规范》DBJ 08-37。

1 判别式中(标准贯入试验和静力触探试验)地下水位深度,可依据砂土所处的地下水应力条件分析,认为一般情况下液化土层的地下水,常与地表浅部土层中地下水存在水力联系与补给关系,液化判别计算时采用场地历史最高水位参加计算。但中国南方某些地区如福建、江苏等沿海城市,液化土层中的地下水与地表浅部填土中的潜水或上层滞水,中间存在着较厚的弱透水层,且上、下两层地下水之间不存在明显的水力联系和补给关系。因此,条文中补充规定此类埋藏条件的地下水,当采用标准贯入试验或静力触探试验方法进行液化土层判别计算时,宜采用液化土层中的地下水最高水位。

2 砂土与黏性土互层、砂土夹黏性土等,是砂土与黏性土在同一土层中相间呈韵律组合沉积的一种特殊砂类土和混合砂土如:含泥质砂土。土中的黏粒含量决定了这种土的物理力学性质。若黏粒含量多,其力学特性就接近黏土,一般就不会液化,相反如果黏粒含量少,则其力学特性将接近砂土,地震时就可能液化。由于此类砂土中黏粒的存在,标贯击数偏低,不同于“纯砂”的一般液化特性。我国南方如:上海、南京、福州等沿海地区,砂类土地基多为冲积与淤积形成的,砂类土中黏粒含量较多的混合砂土并常以两种不同类别土层相间成层,呈互层、夹层、夹薄层特性的砂土类出现,对抗液化是有利的。因此,本条文补充规定此类砂土,当采用标准贯入试验或静力触探试验方法判别液化时,可考虑按土层中的实际黏粒量参加判别计算。

6.3.4 判别软土震陷可能性的有关规范是根据天津等地区的经验,提出的关于采用地基承载力特征值或等效剪切波速评价软土震陷问题。在相关规范条文说明中规定当设防烈度为7度区,地

基土承载力特征值 $f_n > 80\text{kPa}$ ，或等效剪切波速 $v_{se} > 90\text{m/s}$ ，可不考虑震陷影响问题。但在我国南方地区，如江苏、上海、福建和深圳沿海等地，地表浅部或上部沉积的滨海相、潮谷相淤泥层，地基土的承载力特征值较低，但现场剪切波速测试，等效剪切波速值一般大于 90m/s 。若按地基土承载力评价，本地区淤泥层应考虑软土震陷的可能性；按等效剪切波速值规定，可不考虑震陷的影响，两者存在矛盾，考虑到原位测试成果较为真实可靠，为解决这个问题，在本次条文修改中强调应以临界等效剪切波速值，作为软土震陷判别标准，当等效剪切波速值 $v_{se} > 90\text{m/s}$ 时，可不考虑震陷影响。

表 6.3.4-2 中震陷估算的条件和震陷数值，是原规程根据 1969 年渤海地震和 1976 年唐山大地震中，天津市区和新港区建筑物震陷实测值结合地质条件综合分析统计后提出来的，可作为在没条件进行震陷分析计算时的参考。

由于对震陷的理论研究还不够深入，认识也不统一，目前全国有关软土地区震陷资料，唯一来自天津地区的震陷实测值。软土震陷的计算分析方法和研究成果，主要有两类：即采用有限单元分析计算法和简化的地基最终沉降量分层总和法（包括采用动力试验原状土“震陷系数”的分层总和法与“软化模型”的分层总和法）。

1987 年天津市勘察院翁鹿年与国家地震局工程力学研究所石兆吉、郁寿松，在对天津塘沽新港地区共同研究成果《塘沽新港地区震陷计算分析》和《一般民用房屋震陷计算分析》等有关资料中通过勘察试验获得软土的动、静力学参数，结合建筑物的性质，基于“软化模型”概念提出的震陷理论计算方法来估算震陷值。设震动前的土层模量为 E_i ，与震动作用相应的拟割线模量定义为 $E_p = \sigma_d / \epsilon_p$ ， σ_d 为动应力， ϵ_p 为残余应变。软化后土的模量： $E_{ip} = 1 / (1/E_i + 1/E_p)$ ，然后进行两次静力有限元分析，第一次用 E_i ，第二次用 E_{ip} 。两次静力分析求得的位移之差，即为待求的震陷值。这一计算方法是建立在有限元分析基础上，当

工程需要时可参照上述方法进行专门性的软土震陷量计算。但有限元分析计算方法，对于一般勘察单位因设备能力和勘察周期短等原因，这一方法的普遍应用受到了限制。

在地震力作用下由建筑物结构引起的土的震陷，也可以理解为两部分震陷值之差，即结构加土的应力状态下所产生的震陷与无结构的天然土层应力状态下所产生的震陷之差。震陷简化计算方法的计算过程图 2 所示。

本规程推荐的软土震陷估算，采用简化的分层总和计算法：

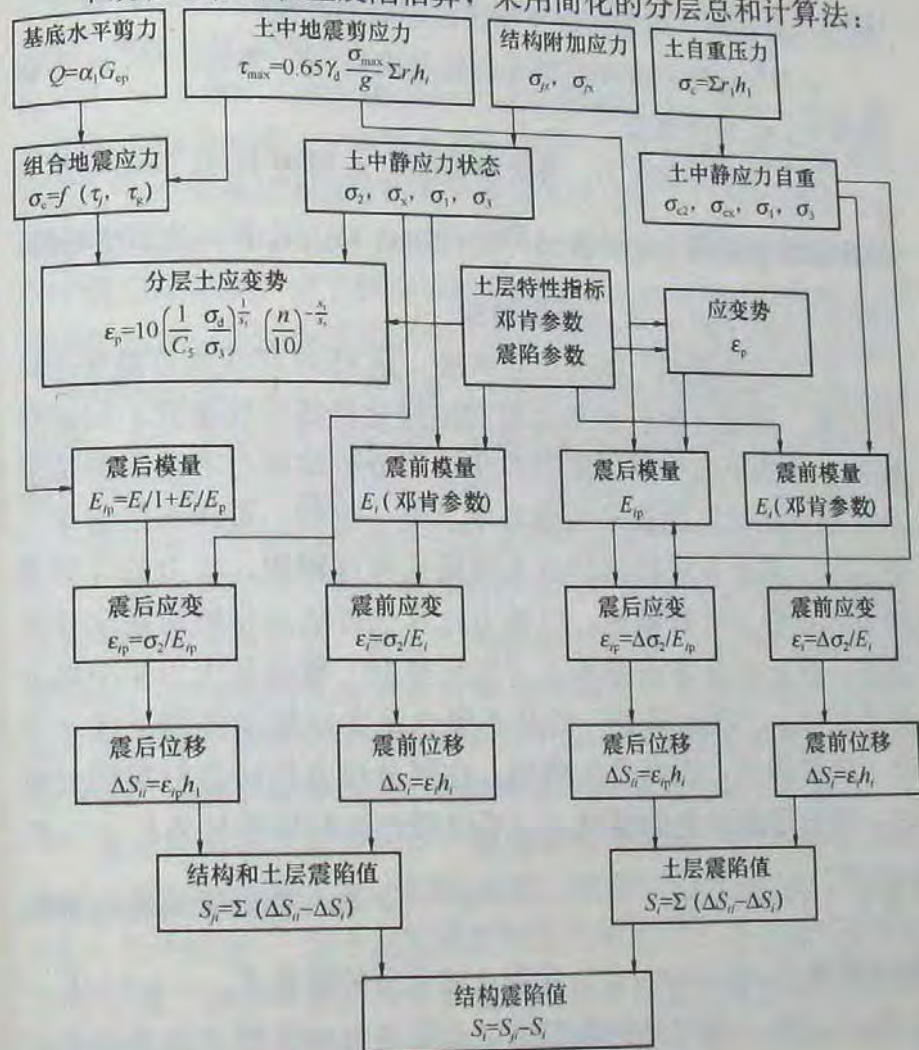


图 2 震陷简化估算流程图

1 “震陷系数”分层总和法, 是1989年郁寿松、石兆吉通过十几年来大量动三轴压缩试验, 对《土壤震陷试验研究》的基础上, 给出了能反映各类土的震陷特性的经验表达式: $\epsilon_p =$

$$10 \left[\frac{\sigma_d}{\sigma_3} \cdot \frac{1}{C_5} \right]^{\frac{1}{S_5}} \left[\frac{n}{10} \right]^{-\frac{S_1}{S_5}}, \text{震陷量计算式: } S = \sum_{i=1}^n \epsilon_{pi} \cdot h_i。$$

式中: $C_5 = C_6 + S_6(K_0 - 1)$, $S_5 = C_7 + S_7(K_0 - 1)$ 。

$C_5, S_5, C_6, C_7, S_6, S_7$ 和 S_1 是土壤的震陷参数由试验确定, 当无试验资时, 可参考表1给出的经验参数值。

n 为与设防烈度相应的等价振动次数。 K_c 为固结比, σ_3 为固结压力, ϵ_p 为应变值。

$\sigma_d = 2\tau_d$ 为动应力, 等效动剪应力 τ_d 可按 H. B. Seed 提出的简化设计法求得: $\tau_d = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \cdot \sum h_i r_i \cdot r_d$ 。其中 r_d 为折减系数,

$r_d = 1 - 0.0133d_s$, d_s 为土层埋深。

2 “软化模型”的分层总和法, 是1997年天津市勘察院杨石红等人完成《软弱地基土层震陷简化计算分法研究》的研究成果, 该成果表明采用震陷简化计算分析结果与宏观观测结果及有限元法计算的震陷结果基本上是一致的, 可作震陷量参考值。这一估算方法提出的软土震陷计算过程中, 应力的计算采用土力学静力计算理论, 以静力计算代替动力分析的简化计算方法, 这一计算方法系基于“软化模型”概念及土力学中的分层总和法。“软化模型”的基本概念是在地震动作用下使土变软, 模量降低, 因而产生震陷。在用分层总和法进行震陷分析时, 用土层震动前的模量 E_i (采用邓肯静割线模量为 $E_i = \kappa_s P_a \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^{N_s} \left[1 - R_f \frac{(1 - \sin \varphi)(\sigma_1 - \sigma_3)}{2C \cos \varphi + 2\sigma_3 \sin \varphi} \right]$) 和与震动作用相应的拟割线模量 E_p ($E_p = \sigma_d / \epsilon_p$) 求得土软化后的模量 $E_{ip} = 1 / (1/E_i + 1/E_p)$ 之后, 利用分层总和法对土层进行两次静力变形分析计算, 第一次计算用 E_i 求得震前应变。

6.4 地震效应评价

6.4.1 工程抗震设防烈度、设计基本地震加速度值和设计地震分组，可按国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定，并参照《中国地震动峰值加速度区划图》各省市区划一览表和《中国地震动反应谱特征周期区划图》各省市区划一览表。

6.4.2 建筑的设计特征周期，一般工程应根据场地所在地的设计地震分组和场地类别，按国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定取值。

6.4.4 软土地区工程抗震设计选用的频谱特性，对于一般工程主要根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 有关条文的规定，它是我国抗震设计规范中最常用的方法——反应谱法（地震影响系数曲线）。但以设防烈度和抗震规范平均反应谱为基础的传统设计途径，对于特别不规则的建筑，甲类建筑和超限高层建筑的抗震设计尚存在局限性。规范中的设计地震动参数是建立在平均值基础上的，它不可能反应复杂地震环境对设计地震动的影响。为了客观反应特定局部场地环境地震的影响（尤其是软土厚度和埋藏深度对地震动的影响），本章条文规定，当需要考虑土与结构共同作用的时程分析法进行抗震设计补充验算时，应进行专门性分析评价工作，本条推荐采用已获国内外公认的场地土层地震反应分析方法，得出本场地频谱特性，作为设计地震动参数依据。土层地震反应分析计算选用的岩土剪变模量比与剪应变、阻尼比与剪应变关系值，宜由土动力性能测定的资料确定模型参数。当无试验资料时，可参考表 1 给出的经验关系值。

在土层地震反应分析中，按预期地震震源、震级和震中距，选择相应的地震输入波的控制参数，对同一地质单元的一组钻孔（至少 2 个钻孔），每个钻孔地层剖面分别输入 2 条相应的地震波进行计算，其中一条为人工波是规范基岩谱稍为调整后得到目标谱经拟合得到，另一条为天然基岩强震记录。为了与场地基本烈度相适应，将加速度最大值进行调整，以较准确地反映场地地震

影响下的地震反应。计算时考虑到地震波在自由边界上振幅增大一倍,作为场地土层基底岩的输入加速度可取 $a(t)/2$ 。由于场地土层接近水平层状介质,可按一维剪切型波动问题进行分析。通过时程分析,得到一组人工模拟合成的地表加速度时程(即场地地震波)和规准设计加速度谱,为基础设计和上部结构时程分析计算,提供设计地震动参数和输入地震加速度时程曲线。

表1 各类岩土 $G/G_{\max} - \gamma$ 和 $\zeta - \gamma$ 关系的典型值

土类	参数	剪应变 $\gamma (10^{-4})$							
		0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100
淤泥	$G/G_{\max}$	0.860	0.790	0.600	0.0470	0.165	0.090	0.015	0.010
	ζ	0.030	0.035	0.055	0.077	0.137	0.165	0.220	0.235
淤泥质黏土	$G/G_{\max}$	0.985	0.970	0.845	0.730	0.032	0.210	0.085	0.058
	ζ	0.012	0.015	0.033	0.055	0.136	0.170	0.200	0.205
黏土	$G/G_{\max}$	0.980	0.960	0.825	0.710	0.300	0.200	0.050	0.025
	ζ	0.012	0.015	0.037	0.056	0.130	0.165	0.235	0.254
粉质黏土	$G/G_{\max}$	0.980	0.970	0.840	0.730	0.400	0.250	0.070	0.030
	ζ	0.012	0.015	0.037	0.056	0.112	0.137	0.170	0.180
粉土(密)	$G/G_{\max}$	0.985	0.975	0.858	0.754	0.417	0.285	0.095	0.035
	ζ	0.005	0.008	0.025	0.040	0.095	0.117	0.148	0.159
粉土(松)	$G/G_{\max}$	0.960	0.930	0.770	0.650	0.300	0.200	0.060	0.035
	ζ	0.012	0.017	0.036	0.050	0.087	0.105	0.148	0.155
密实砂	$G/G_{\max}$	0.980	0.965	0.885	0.805	0.560	0.448	0.220	0.174
	ζ	0.005	0.007	0.020	0.035	0.080	0.100	0.120	0.124
中密砂	$G/G_{\max}$	0.965	0.935	0.775	0.660	0.300	0.250	0.105	0.090
	ζ	0.006	0.010	0.030	0.045	0.088	0.103	0.124	0.130
松砂	$G/G_{\max}$	0.920	0.880	0.700	0.575	0.260	0.178	0.058	0.018
	ζ	0.015	0.022	0.056	0.065	0.104	0.125	0.145	0.150
砂砾石	$G/G_{\max}$	0.990	0.970	0.900	0.850	0.700	0.550	0.320	0.200
	ζ	0.004	0.006	0.019	0.030	0.075	0.090	0.110	0.120

续表 1

土类	参数	剪应变 $\gamma (10^{-4})$							
		0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100
回填土	$G/G_{\max}$	0.960	0.950	0.800	0.700	0.300	0.200	0.150	0.100
	ξ	0.025	0.028	0.030	0.035	0.080	0.100	0.110	0.120
基岩	$G/G_{\max}$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	ξ	0.004	0.008	0.010	0.051	0.021	0.030	0.036	0.046

7 天然地基勘察

7.1 一般规定

7.1.1 常规勘探取土室内土工试验方法，不能正确反映软土地区土性的工程特性，比如对于淤泥质土，由于取土扰动会造成其力学性指标明显失真；砂土难以取得原状土；深层黏性土由于应力释放改变土的变形特征等等。因此，强调提高原位测试孔比例。

7.1.2 规定了勘探孔平面布置，其编制依据了软土地区的工程经验，但必须说明：应针对工程特点，布孔的原则应以查明各幢建（构）筑物持力层及其主要压缩层分布规律及其土性的均匀性为主，当不能满足设计要求时，应适当加密布孔间距。

7.1.3 勘探孔分为一般性孔和控制孔两种，一般性孔主要是以控制主要持力层面并进入其一定深度为原则。控制孔以满足地基变形计算要求为原则，当按本条第2款确定控制孔深度时，也可按黏性土的应力历史确定压缩层计算下限，即（上覆土层的有效自重压力+附加压力）<先期固结压力。

7.1.4 对于软土地区，当选用天然地基时，查明浅层不良地质作用关系到工程设计安全问题，据已有工程经验，当建筑物出现严重的不均匀沉降而影响建筑物使用，很多是由于暗浜、暗塘未摸清。因此本条规定小螺纹钻孔或轻便触探法的间距及勘探深度，并特别强调查明暗浜底淤泥厚度、回填土成分及回填时间，它是选用何种地基处理方法的关键依据。

7.1.5 填土的定量评价方法有很多。勘察单位采用勘探取土室内土工试验确定其填土的物理力学性质，由于填土的不均匀性、取土扰动、取样代表性差等特性，所得力学指标往往偏高或失真，可能对工程设计造成不安全或采用不恰当的地基处理方法而

造成浪费。因此,本条强调宜选择适当的原位测试手段,查明填土的均匀性以及强度和变形特性。

7.2 地基承载力确定

7.2.1 为提高勘察技术水平,除采用室内土工试验直剪固结快剪强度确定天然地基的地基承载力设计值外,本条强调软土的承载力应结合建筑物等级和场地地层条件以变形控制的原则,提倡采用原位测试成果或根据已有成熟的工程经验采用土性类比法确定地基承载力设计值。当采用不同方法所得结果有较大差异时,应结合地基变形等综合分析加以选定,并说明其适用条件。

7.2.2 静载荷试验是确定地基承载力的基本方法,是验证其他方法正确与否的基本依据,对重要工程应进行一定数量的载荷试验,根据载荷试验的 $p-s$ 曲线特征确定地基承载力。在实际选用时,应充分考虑软土地区地基土多层体系的特点以及静载荷试验边界条件与实际基础条件的区别(尺寸效应),必要时应根据其他原位测试方法(如旁压试验)测定在基础受力层范围内不同土层的承载力,并作适当修正后确定地基承载力特征值。

7.2.3 依据原位测试参数按经验公式确定地基承载力是工程界多年实践经验的总结。因原位测试能真实地反映场地地基土的力学特性,尤其对较难取得原状土的粉土和砂土中具有明显的优点,应积极提倡和鼓励运用到工程设计中去,故本次修订中增加了软土地区的一些经验公式。为能反映基础埋深、宽度等对地基承载力设计值的影响,当基础宽度大于 3m 或埋置深度大于 0.5m 或存在软弱下卧层时,可按第 7.2.5 和 7.2.6 条进行修正后确定地基土承载力特征值。所提供经验公式具有一定的地区性,虽经部分地区的工程验算,与其他方法确定的承载力基本吻合,但必须说明,使用前应根据地区资料进行验证方可使用。

7.2.4 根据已有工程经验采用土性类比法确定地基承载力特征值时,宜通过建筑物的沉降观测资料进行分析、对比已有工程与拟建工程的地质、荷载、基础以及上部结构等的相似性、差异性,提出地基承载力特征值的建议值以及使用条件。

7.2.5 软土地区持力层下存在软弱下卧层的情况较为普遍,确定地基土承载力应考虑软弱下卧层的地基强度,有利于地基变形的控制,结合上海地区的经验,本规程提出了简化计算方法,考虑到其他软土地区的土层特点,对公式(7.2.5-3)进行修改。

7.3 地基变形验算

7.3.2 软土地区建筑物控制地基变形是一个关键问题,如何正确估算地基变形涉及方方面面。首先对软土来说,取土质量等级应为Ⅰ级,才能得到较为正确的变形计算指标,尤其是软土的应力历史(OCR 、 C_c 、 C_s);第二要合理控制基底有效附加压力,尽可能使基底附加压力小于地基土承载力特征值的75%(即土体处于似弹性阶段),有利于地基沉降稳定;第三要重视类似工程经验的总结;第四要充分考虑可能产生不均匀沉降或增加附加沉降的因素,如地面堆载、荷载偏心、加荷过快、基坑开挖回弹、坑底土扰动、地面降水等。因此,如何正确预估地基沉降、控制地基沉降是软土地区天然地基设计至关重要的工作。

7.3.3 关于考虑土的应力历史方法估算地基固结沉降量,与原规程基本一致,仅增加一项沉降计算经验系数 ψ_{s1} 、 ψ_{s2} 、 ψ_{s3} 、 ψ_{s4} ,其经验系数原则上应根据类似工程条件下沉降观测资料及经验确定,以提高计算精度。根据上海地区已有工程经验,一般情况下:对正常固结土($OCR=1.0\sim 1.1$), ψ_{s1} 可取1.0;对超固结土($OCR>1.2$), ψ_{s2} 、 ψ_{s3} 可根据 OCR 的大小取0.5~0.8;对欠固结土($OCR<1$), ψ_{s4} 可取1.2。

7.4 天然地基的评价

7.4.1 根据天然地基特点提出有关岩土工程分析评价主要内容。在分析评价中应结合场地的工程地质、工程性质以及周围环境等条件，做到重点突出、针对性强、评价正确、建议和结论合理，以满足设计和施工要求。

8 地基处理勘察

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.4 当天然地基不能满足设计要求,且选用桩基方案不够经济时,可以考虑选择地基处理方法加固地基。因此,首先应符合天然地基或桩基的有关勘察要求。

在进行地基处理时,应初步掌握场地的岩土工程资料、上部结构及基础设计资料等,便于对可能采用的地基处理方法进行方案比选,并应结合当地已有地基处理经验、施工条件以及地基处理后的效果进行综合评估,提出加固处理目的及处理后各项技术与经济控制指标。通过比选确定地基处理方案后,可针对地基处理方法进行有针对性的补充勘察。岩土参数是地基处理设计成功与否的关键,应选用合适的取样方法、试验方法和取值标准。每种地基处理方法都有各自的适用范围、局限性和特点。因此,在选择地基处理方法时都要进行具体分析,从地基条件、处理要求、处理费用和材料、设备来源等综合考虑,进行技术、经济、工期等方面的比较,以选用技术上可靠、经济上合理的地基处理方法。当场地条件复杂,或采用某种地基处理方法缺乏成功经验,或采用新方法、新工艺时,应进行现场试验,以取得可靠的设计参数和施工控制指标;当难以选定地基处理方案时,可进行不同地基处理方法的现场对比试验,通过试验选定可靠的地基处理方法。选用地基处理方法应注意其对环境 and 附近建筑物的影响。如选用桩土复合地基施工时,应注意振动和噪声对周围环境产生不利影响;选用水泥土搅拌桩时,应避免土体扰动引起地面隆起等。在地基处理施工过程中,岩土工程师应在现场对施工质量和施工对周围环境的影响进行监督和监测,保证施工顺利进行。

8.2 地基处理勘察与评价

8.2.1 换填垫层法适用于处理各类浅层软弱地基。对于建筑范围内局部存在松填土、暗沟、暗塘、古井、古墓或拆除旧基础后的坑穴，均可采用换填法进行地基处理。在这种局部的换填处理中，保持建筑地基整体变形均匀是换填应遵循的最基本的原则。开挖基坑后，利用分层回填夯压，也可处理较深的软弱土层。但换填基坑开挖过深，常因地下水位高，需要采用降水措施；坑壁放坡占地面积大或边坡需要支护，易引起邻近地面、管网、道路与建筑的沉降变形破坏；由于施工土方量大、弃土多等因素，常使处理工程费用增高、工期拖长、对环境的影响增大。因此，换填法的处理深度通常控制在 3m 以内较为经济合理。换填垫层法常用于处理轻型建筑、地坪、堆料场及道路工程等。对于存在软弱下卧层的垫层，应针对不同施工机械设备的重量、碾压强度、振动力等因素，确定垫层底层的铺填厚度，使之既能满足该层的压密条件，又能防止破坏及扰动下卧软弱土的结构。换填垫层质量检验可利用环刀法、贯入仪、轻型动力触探或标准贯入试验检验。竣工验收宜采用载荷试验检验垫层质量，为保证载荷试验的有效影响深度不小于换填垫层处理的厚度，载荷试验压板的边长或直径不应小于垫层厚度的 $1/3$ 。本条针对填垫层法地基处理特点，提出了勘察技术要求。

8.2.2 预压法处理地基分为堆载预压和真空预压两类。堆载预压分塑料排水带或砂井地基堆载预压和天然地基堆载预压。通常当软土层厚度小于 4.0m 时，可采用天然地基堆载预压法处理；当软土层厚度超过 4.0m 时，为加速预压过程，应采用塑料排水带、砂井等竖井排水预压法处理地基。对真空预压工程，必须在地基内设置排水竖井。针对其加固原理，规定勘察应查明土的成层条件，排水层和夹砂层的埋深和厚度，地下水的补给和排泄条件等，这对预压工程很重要。对真空预压工程，查明处理范围内有无透水层（或透气层）及水源补给情况关系到真空预压的成败

和处理费用。对重要工程,应预先选择代表性地段进行预压试验,通过试验区获得的竖向变形与时间关系曲线、孔隙水压力与时间关系曲线等推算土的固结系数。固结系数是预压工程地基固结计算的主要参数,可根据前期荷载所推算的固结系数预计后期荷载下地基不同时间的变形并根据实测值进行修正,这样就可以得到更符合实际的固结系数。此外,由变形与时间曲线可推算出预压荷载下地基的最终变形、预压阶段不同时间的固结度等,为卸载时间的确定、预压效果的评价以及指导全场的设计与施工提供主要依据。

8.2.3 水泥土搅拌法是适用于加固饱和软弱黏性土和粉土等地基的一种方法,它是利用水泥材料作为固化剂通过特制的搅拌机械,就地将软土和固化剂(浆液或粉体)强制搅拌,使软土硬结成具有整体性、水稳性和具有一定强度的水泥加固土,从而提高地基土强度和增大变形模量。根据固化剂掺入状态的不同,可分为浆液搅拌和粉体喷射搅拌两种。水泥土搅拌法加固软土技术具有其独特优点:最大限度地利用了原土,搅拌时无振动、无噪声和无污染,可在密集建筑群中进行施工等。水泥固化剂一般适用于正常固结的淤泥与淤泥质土(避免产生负摩擦力)、黏性土、粉土、素填土(包括冲填土)地基加固。

根据室内试验,一般认为用水泥作加固料,对含有高岭石、多水高岭石、蒙脱石等黏土矿物的软土加固效果较好,而对含有伊利石、氯化物和水铝石英等矿物的黏性土以及有机质含量高、pH 值较低的黏性土加固效果较差。

对拟采用水泥土搅拌法的工程,除了常规的工程地质勘察要求外,尚应注意查明:

- 1 填土层的组成:特别是大块物质(石块和树根等)的尺寸和含量。含大块石对水泥土搅拌法施工速度有很大的影响,所以必须清除大块石等再予施工。

- 2 土的含水量:当水泥土配比相同时,其强度随土样的天然含水量的降低而增大,试验表明,当土的含水量在 50%~

85%范围内变化时,含水量每降低10%,水泥土强度可提高30%。

3 有机质含量;有机质含量较高会阻碍水泥水化反应,影响水泥土的强度增长,故对有机质含量较高的明、暗浜填土及吹填土应予慎重考虑,一般采用提高置换率和增加水泥掺入量措施,来保证水泥土达到一定的桩身强度。对生活垃圾的填土不应采用水泥土搅拌法加固。

4 采用本法加固砂土应进行颗粒级配分析。特别注意土的黏粒含量及对加固料有害的土中离子种类及数量,如 SO_4^{2-} 、 Cl^- 等。

5 当拟加固的软弱地基为成层土时,应选择最弱的一层土进行室内配比试验。

9 桩基工程勘察

9.1 一般规定

9.1.1 该条主要为原规程 JGJ 83-91 中第 7.0.2 条的内容, 本次依据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 中的规定, 增加了第 5 款。另根据不同工程项目及持力层性质, 修改了原第 3 款中“必须查明其抗剪强度和压缩性指标”, 主要是对于一般建筑物, 荷载较小, 通过荷载试验或采用原位测试手段等方法确定了单桩承载力后, 已满足桩基设计要求。

第 1 款 查明软土层的应力历史主要判别是否存在欠固结土层, 因其直接影响桩侧摩阻力以及变形的分析评价。

第 2 款 查明软土中夹砂及可塑至硬塑黏性土层是桩基勘察确定桩基持力层的主要依据。

第 3 款 桩基勘察中需提供的抗剪强度主要用于估算桩侧极限摩阻力、验算桩基持力层和下卧层的强度。据经验, 桩侧极限摩阻力近似等于土的 c_u 值, 日本的经验是以 $q_u/2$ 值作为桩侧极限摩阻力; 桩基持力层和下卧层的强度验算, 要求桩基础底部有效附加压力应小于或等于桩端持力层和下卧层顶面的容许有效附加压力, 压缩试验的最终压力应大于桩尖下附加压力和自重压力之和, 提供沉降计算所需的计算指标。

第 5 款 对于水平场地, 从唐山地震在可液化土层中的低承台桩基础震害的情况分析, 桩端应进入液化土层以下的稳定土层中一定深度。该深度的大小, 应根据持力层性质、设防等级、建筑物重要性等情况综合确定。

第 6 款 桩基施工对周围环境的影响, 主要是打入桩的振动和挤土对邻近原有的建筑物、道路和地下管线等设施 and 附近的生产车间精密仪器设备基础等带来危害以及噪声等公害。危害是指

沉桩过程中对邻近房屋等造成不同程度的损害,如房屋粉刷坠落,门窗变形、地坪和墙面开裂、地下管道断裂等。

9.1.2 本条是对桩基勘探点的平面布置作出的规定:

1 勘探点布置主要以控制地层分布,查明岩土的统一性为目的,根据已有的规范、规程及大量地区经验,按建筑物周边、角点、柱列线布置为共识;

2 建筑物重要性不同,荷载不同,岩土种类多,桩受力性质及各地的经验,按两大类进行勘探点的布设较合理又经济;

3 对于勘探点的加密原则:现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定:以相邻勘探点揭露持力层层面高差控制,对于端承型桩,根据桩型宜控制在 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ 。《建筑桩基技术规范》JGJ 94 规定:对于端承型桩,当相邻勘探点所揭露桩端持力层层面坡度超过 10% 时,宜加密勘探点。当间距为 $12\text{m}\sim 24\text{m}$ 时,按 10% 控制即为高差 $1.2\text{m}\sim 2.4\text{m}$,控制标准是一致的。本次修订对于端承型桩桩端持力层层面按 10% 控制;对于摩擦型桩,依据揭露地层变化情况确定。

9.1.3 本条是对桩基勘探孔的深度作出的规定:

1 当作为桩端持力层的地层为可压缩地层,包括硬塑、坚硬状态的黏性土;中密、密实的砂土和碎石土,还包括全风化岩。这些岩土按《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定,全断面进入持力层的深度,黏性土、粉土不宜小于 $2d$ (d 为桩径),砂土 $1.5d$,碎石土 $1d$ 。当存在软弱下卧层时,桩基以下硬持力层厚度不宜小于 $4d$;当硬持力层较厚且施工条件允许时,桩端全断面进入持力层的深度宜达到桩端阻力的临界深度。临界深度的经验值,砂与碎石土为 $3d\sim 10d$,粉土、黏性土为 $2d\sim 6d$,愈密实、愈坚硬临界深度愈大,反之愈小。因此,勘探孔进入持力层深度的原则是:应超过预计桩端全断面进入持力层的一定深度,当持力层较厚时,宜达到临界深度。为此,本条规定,控制性勘探孔应深入预计桩端下 $5\text{m}\sim 10\text{m}$ 或 $6d\sim 10d$,《欧洲地基基础规范》(建设部综合勘察研究院印,1988年3月)规定,不小

于10倍桩身宽度；一般性勘探孔应达到预计桩端下 $3\text{m}\sim 5\text{m}$ ，或 $3d\sim 5d$ ，本次修订作了上述规定。

对需计算沉降的桩基，软土地区一般算至附加压力等于自重压力的20%处；如该处土质仍属软土时应加深，即算至附加压力等于自重压力的10%处；无计算资料时，可取桩长以下1.5~2.0倍基础宽度。

2 对于以基岩作为桩端持力层的勘探孔深度，一般不需考虑沉降问题，往往是以桩身强度控制单桩承载力，勘探孔的深度与荷载、岩石的岩性、强度有关。《建筑桩基技术规范》JGJ 94和《岩土工程勘察规范》GB 50021规定，勘探孔深度应深入预计嵌岩面以下 $3d\sim 5d$ 。为了保证桩底以下不存在软弱夹层、破碎带或溶洞，桩底下支承岩层的厚度不应小于 2m （经验算其冲剪、剪切和弯曲强度足够时，可不受此限），考虑到嵌岩桩入岩的最小深度应满足 0.5m ，因此本规程规定一般性孔入基岩持力层 $3\text{m}\sim 5\text{m}$ ，控制性勘探孔入基岩持力层 $5\text{m}\sim 8\text{m}$ 。

9.1.4 本条是对勘探手段的选择提出了要求：

1 软土灵敏性高，受扰动后结构破坏对强度和变形影响大，为保证取土质量，作出该款规定十分重要；

2 在软土地区用静力触探孔取代相当数量的勘探孔，不仅减少钻探取样和土工试验的工作量，缩短勘察周期，而且可以提高勘察工作质量，静力触探是软土地区十分有效的勘探和原位测试方法；可采用静力触探资料估算打入桩的单桩竖向极限承载力；

3 标准贯入试验对软土并不适用，但可用于软土中的砂土、硬黏性土层等，尤其对判别砂性土的密实性及砂土的液化，是必不可少的手段之一；

4 几十年的工程经验证明，用十字板剪切试验测定内摩擦角近似为零的软土强度，实践证明是行之有效的。

9.1.5 本条中的第1款、第3款是原规程JGJ 83-91中第7.0.5条中的两款，本次修订依据国家标准《岩土工程勘察规

范》GB 50021 规定,增加了第 2 款、第 4 款。由于相关的规范对取岩土数量或测试次数作了明确规定,具体的岩土数量或测试次数应依据相关规范进行。

9.2 承载力与变形

9.2.1 单桩承载力应通过现场静载荷试验确定。在软土地区,当桩身处于饱和软黏土中,成桩到开始试验的间歇时间不得少于 25d,且周边不得一直有振动影响。软土灵敏性高,受扰动后结构破坏,其强度恢复时间长。

采用可靠的原位测试参数进行单桩承载力估算,其估算精度较高,并参照地质条件类似的试桩资料综合确定,能满足一般工程设计需要;在确保桩身不破坏的条件下,试桩加载尽可能至单桩极限承载力状态。

桩基在荷载作用下,由于桩长和进入持力层的深度不同,其桩侧阻力和桩端阻力的发挥程度是不同的,因而桩侧阻力特征值和桩端阻力特征值,无论是从理论上还是从工程实践上,均是以载荷试验的极限承载力为基础,因此,本规程只规定了估算单桩竖向极限承载力的公式,并规定按单桩竖向极限承载力除以安全系数 K 的常规方法来估算单桩竖向承载力特征值 (R_a),即式 (9.2.1)。按本规程所提出公式估算 R_a 时,其 K 值均可取 2。

采用静力触探方法、标准贯入方法确定单桩竖向极限承载力,被勘察人员和设计人员广泛使用,其估算值与实测值较为接近,本次修订依据《建筑桩基技术规范》JGJ 94 对用静力触探试验成果估算单桩竖向极限承载力作了修改,保留引用原规程 JGJ 83-91 第 7.0.7 条的规定,引用了《高层建筑岩土工程勘察规程》JGJ 72 中的附录 D。

嵌岩桩单桩竖向极限承载力是由桩周土总侧阻、嵌岩段总侧阻和总端阻三部分组成。现行规范《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中的公式有所不同,另外各个地区的有关资料及地方规范中的公式、取值各不相同。

这主要是各地区的岩性、岩石的强度、岩石的完整性不同、所获得资料的数量对三部分分担的比例、取值不同。本次修订未将嵌岩桩单桩竖向极限承载力公式列入其中，推荐按地方规范及地方经验来估算嵌岩桩单桩竖向极限承载力。

9.3 桩基勘察评价

9.3.1 本条款基本内容与原规程 JGJ 83-91 中第 7.0.7 条相同，仅修改了部分提法，增加了“评价地下水对桩基设计及施工的影响”等内容。

软土中桩的选型应综合考虑，对钢筋混凝土预制桩、挤土成孔的灌注桩等的挤土效应，打桩产生的振动，以及泥浆污染，特别是在饱和软黏土中沉入大量、密集的挤土桩时将会产生很高的超孔隙水压力和挤土效应，从而对周围已成的桩和已有建筑物、地下管线等产生危害。

9.3.2 桩端持力层的选择应符合下列规定：

1 近年来在软土中进行了大量的工程建设，建筑物荷载集中且较大。地基基础设计时，多寻求较坚硬、较密实的地层作为桩端持力层，这是多年来软土地区桩基实践的成功经验，也是桩基建筑物沉降小且均匀并能满足承载力要求的最基本条件之一。本次修订在原条文第 7.0.2 条的基础上，增加了软土下伏砂性土、可塑至硬塑黏性土、碎石土、全风化和强风化岩及基岩作为桩端持力层。

在深厚层软土地区，对一些多层建筑物如按上述一般桩端持力层规定考虑桩基础方案，基础造价将大为提高。近年来，在深厚软土地区已将多层建筑桩基的桩端设置在深层软土层中，按纯摩擦桩考虑（以桩侧摩阻力支承，桩端阻力不考虑），根据所需的单桩承载力设计桩长，或按控制桩基允许沉降量进行布桩，使桩的造价大为减少，经济效果显著。根据已有经验桩应有一定的长度，且桩端应进入压缩性相对较低、具有一定的强度层土中。选择纯摩擦桩时，应根据当地的成功经验选择桩端设置的土层、

桩长。上海地区经验,当深层软土比贯入阻力 p_s 大于 800kPa 时,桩端可设置于其上。南京地区在深厚软土层中设计的纯摩擦桩,比贯入阻力 p_s 大于 1100kPa,标准贯入击数大于 7 击。

2 持力层必须有足够厚度,才可能使桩的沉降、承载力满足要求。

9.3.3 成(沉)桩的分析评价内容宜包括:

沉桩挤土对周围环境的影响以及开挖基坑引起桩的侧向变位,是软土地区桩基实践中易于引起工程质量事故或工程纠纷的设计与施工问题。对于后者,无实用的计算方法作出较可靠的预估,目前主要仍依赖于经验,有时还需要借助现场监测来指导施工进度。设计和施工人员应注意这些问题,认真做好施工组织设计及相应的应变措施,以减少工程质量事故。

10 基坑工程勘察

10.1 一般规定

10.1.1 因基坑开挖是属于施工阶段的工作，地基勘察时有些条件不甚清楚，且有些勘察人员对基坑的工程特点不甚了解，一般设计人员提供勘察委托书也可能不涉及这方面的内容，此时，勘察部门应根据本章内容进行勘察，软土地区相对非软土地区，其难度加大，对岩土工程勘察工作要求较高，因此条件复杂情况下必要时应进行专门勘察。

10.1.2 周边环境条件是基坑设计前设计人员必须查明的。

10.1.3 强度低和流变性都是软土的基本特性，基坑设计变形控制是软土地区基坑设计的重点，勘察时要针对软土地区基坑的特点提供相应的参数。

10.2 勘察工作量及参数选用

10.2.1、10.2.2 浅部地层情况，特别是填土厚度、性质，是否存在暗浜对基坑支护结构设计和施工方案影响较大，故规定当遇暗浜、暗塘或填土厚度变化很大时，宜加密勘探点。

10.2.3 勘察时对容易被扰动软土取原状土样的要求较高，除应分层采取土试样进行试验外，还应进行相应的原位测试。

10.2.5 抗剪强度是支护设计最重要的参数，但不同的实验方法（有效应力法或总应力法，直剪或三轴、UU 或 CU）可能得出不同的结果，勘察时应根据不同的地方设计所依据的规范、标准的要求进行试验，提供数据。

10.3 基坑工程评价及地下水控制

10.3.2 软土地区地下水控制是基坑工程的重要内容之一，也是

基坑支护工程成败的关键。采用何种地下水控制方法要结合地层条件、周边环境、支护方式等综合考虑。由于国家对地下水资源的保护和软土地区因降水引起周边建筑物的变形破坏,目前采用隔水帷幕的方法越来越引起工程界的高度关注。

10.3.5 软土地区基坑工程变形控制是设计施工的重点,基坑开挖监测十分重要,必须实施信息化施工。

11 勘察成果报告

11.1 一般规定

11.1.1 岩土工程分析评价应在工程地质测绘、勘探、测试和搜集已有资料的基础上,结合工程的特点和要求进行。了解上部结构的类型、刚度、荷载情况和对变形控制等要求,才能有针对性地进行分析评价;软土的成层条件、应力历史,结构性、灵敏性、流变性和排水固结条件等,对场地的稳定性、地基沉降变形等都有较大的影响;另外参考地区性经验,会增加分析评价的准确性。

11.1.2 本规程在第5~10章中针对各个专题问题,提出了详细的岩土工程分析评价要求。分析评价时应结合上部结构的情况、场地土层分布情况及建筑经验按要求进行。在成果报告中,应有针对性地按规定的内容进行分析评价,提供相应的岩土参数以及基础方案的建议和注意事项。

11.1.3 软土层由于大多处于流塑状态,即使采用薄壁取土器也不一定能取得完好的一级土样,况且在土试样的运输、保管和制样过程中,会受到不同程度的扰动,进行土的力学试验时会得出与实际情况相差较大的结果。另外,软土地区往往在软土中夹有薄层粉细砂层,采取原位测试的方法,可更真实地反映软土的实际情况,扰动小。静力触探试验能自上而下连续取得土层的强度指标比贯入阻力或锥尖阻力和侧壁摩阻力,利用地区经验公式可求得地基土承载力和压缩模量或变形模量。在软土区强度参数选择时应以原位测试,特别是静力触探试验为主,室内试验为辅。

11.1.4 本条是对软土地区勘察成果报告的基本要求。

11.2 岩土参数的分析和选定

11.2.1~11.2.4 岩土参数的分析和选定首先应考虑参数的准确性和代表性,不同的取样方法、不同的试验方法,其结果也会有差异。在分析时宜结合上部荷载的大小,加荷方法和速率,有针对性地对评价和选取参数。统计方法可按现行《岩土工程勘察规范》GB 50021规定的方法,在离散性评价方法,不同参数有着不同的离散度,如标准贯入试验击数,试验方法本身多种因素产生的离散性就大,再加上土的离散性就更大了,应区别对待。

11.2.5、11.2.6 静力触探试验是软土地区常用的原位测试方法,在软土强度指标的选择时,应优先选用。

11.2.7 工程原型或足尺试验获得量测结果,反求土参数,与工程实际情况更接近,对重点项目、重大岩土工程问题,有条件时可选用。

11.3 成果报告的基本要求

11.3.1~11.3.4 本节对勘察成果报告的要求提出原则性的基本要求,增加了对软土地区场地分析评价的内容和提出加固或处理的措施的建议,特别是对环境保护方面的措施建议。在进行勘察报告的编写、图件的编制时,应结合工程实际和地区性经验,有针对性地进行编制。

11.3.4 条文中提到的需重点叙述的几个问题,可以根据实际情况有所侧重或补充。对简单场地或丙级建筑场地,勘察报告内容及图件可简化。

对软土地区建设中遇到的下列特殊岩土工程问题,需要进行专门岩土工程勘察或分析研究,并提出专题咨询报告:

- 1 场地范围内或附近存在性质或规模尚不明的活动断裂及地裂缝、滑坡、高边坡、地下采空区等不良地质作用的工程;
- 2 水文地质条件复杂或环境特殊,需现场进行专门水文地质试验,以确定水文地质参数的工程;或需进行专门的施工降

水、截水设计, 并需分析研究降水、截水对建筑本身及邻近建筑和设施影响的工程;

3 对地下水防护有特殊要求, 需进行专门的地下水动态分析研究, 并需进行地下室抗浮设计的工程;

4 建筑结构特殊或对差异沉降有特殊要求, 需进行专门的上部结构、地基与基础共同作用分析计算与评价的工程;

5 根据工程要求, 需对地基基础方案进行优化、比选分析论证的工程;

6 抗震设计所需的时程分析评价;

7 有关工程设计重要参数的最终检测、核定等。

11.3.5 减少和预防地基变形的措施 需要根据当地实际经验提出:

1 在软土地基上进行基础施工(沉桩、降水和基坑开挖等)时, 应确保主体结构基础的工程质量和邻近建(构)筑物、地下管线、地下公共设施等不受损坏;

2 当设计采用的承载力接近承载力特征值时, 宜提出建筑施工的加荷速率和限值;

3 荷重差异较大的建筑物, 宜先建重、高部分, 后建轻、低部分;

4 宜考虑上部结构、基础和地基的共同作用, 采取必要的建筑和结构措施;

5 对暗塘、暗浜、暗沟、坑穴、古河道等的处理, 可采用基础加深、基础梁跨越、换土垫层或桩基等方法;

6 基坑(槽)的开挖, 应分层分段进行, 减少基坑(槽)底土体的扰动;

7 当地下水高于基坑(槽)底面时, 应采取排水或降低地下水位的措施;

8 当地面堆载较大时, 应采用预压或地基加固处理。

11.3.6 原位测试和室内试验主要图表 通常包括下列几类:

1 土工试验及水质分析成果表, 需要时应提供压缩曲线、

(高压) 固结曲线、三轴试验的摩尔圆及强度包线, 必要时尚应提供软土的固结蠕变曲线;

- 2 各种地基土原位测试试验曲线及数据表;
- 3 岩土层的强度和变形试验曲线。

