

岩土工程勘察规范

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市建筑建材业市场管理总站

上海市工程建设规范

岩土工程勘察规范

Code for investigation of geotechnical
engineering

DGJ08—37—2012

J12034—2012

2012 上海

上海市工程建设规范

岩土工程勘察规范

Code for investigation of geotechnical
engineering

DGJ08—37—2012

主编单位:上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

批准部门:上海市城乡建设和交通委员会

施行日期:2012年5月1日

2012 上海

上海市城乡建设和交通委员会文件

沪建交[2012]309 号

上海市城乡建设和交通委员会 关于批准《岩土工程勘察规范》为 上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海岩土工程勘察设计研究院有限公司主编的《岩土工程勘察规范》，经市建设交通委科技委技术审查和我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DGJ08—37—2012，自 2012 年 5 月 1 日起实施。其中第 5.3.4 条、第 8.3.1 条、第 15.1.2 条为强制性条文。原《岩土工程勘察规范》(DGJ08—37—2002)同时废止。

本规范由上海市城乡建设和交通委员会负责管理、上海岩土工程勘察设计研究院有限公司负责解释。

上海市城乡建设和交通委员会

二〇一二年三月二十八日

前 言

根据上海市建设和交通委员会沪建交[2009]1517号文的要求,上海岩土工程勘察设计研究院有限公司会同有关单位对《岩土工程勘察规范》DGJ08—37—2002进行了修订。在修订过程中,编制组开展了相关专题研究,认真总结近十年来上海地区的工程实践经验,以多种方式广泛征求本市有关单位和专家的意见,经反复修改后,由上海市建设和交通委员会科学技术委员会组织有关专家审查定稿。

本规范在基本保持原规范总体框架不变的基础上,对各章节作了局部调整,并尽可能与《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010等有关规范协调,突出了上海软土地区的地方特色,体现了客观性和科学性。

本规范共分十五章。内容包括:1. 总则;2. 术语和符号;3. 工程地质条件;4. 勘察阶段、等级、勘察纲要;5. 建筑工程勘察;6. 市政工程勘察;7. 港口及水利工程勘察;8. 场地和地基的地震效应;9. 工程地质调查与勘探;10. 原位测试;11. 室内土工试验;12. 地下水;13. 现场检验与监测;14. 岩土工程分析评价;15. 岩土工程勘察成果文件。

本次修订的主要内容有:

1、适用范围从建筑、市政工程扩大到建筑、市政、港口及水利工程;

2、增加了剥蚀残丘地貌。根据浅部暗绿色硬土层的分布特点,将湖沼平原分为Ⅰ-1和Ⅰ-2两个亚区,并对湖沼平原Ⅰ-1区

部分土层的地质年代与序号进行了调整；

3、地基土层的分布图图幅范围从市中心内环线扩展到外环线,对原规范中提供的《上海市区浅部粉性土、砂土层分布图》、《上海市区第⑥层暗绿色硬土层分布图》、《上海市区第⑦层粉性土、砂土层分布图》进行了修编,并增加了《上海市区第⑤₂层粉性土、砂土层分布图》、《上海市区第⑧层黏性土层分布图》、《上海市区第⑨层砂土层分布图》；

4、“市政工程勘察”章中增加了“大面积堆土工程”、“污染土处置工程”节内容；

5、考虑水利工程中的堤岸工程与市政工程中的堤岸工程在勘察目的、手段、评价内容等方面基本一致,故其内容归并在“市政工程勘察”章的“堤岸工程”节；

6、“场地和地基的地震效应”章中,对湖沼平原Ⅰ-1区提出根据波速判定场地类别；地基土的液化评价公式根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011—2010进行了调整；

7、“工程地质调查与勘探”章中增加了“周边环境调查”节,将原“地球物理勘探”一节名称改为“工程物探”；

8、“原位测试”章中增加了“土壤热响应试验”、“钻孔简易降水头注水试验”、“钻孔简易抽水试验”节内容；

9、“室内土工试验”章中增加了“土的热物性试验”节内容；

10、“岩土工程分析评价”章,与《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010协调,对天然地基承载力计算、单桩承载力计算、天然地基和桩基的沉降计算公式等进行了相应的调整；并增加了采用原位测试成果计算桩基沉降量的方法。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

请各单位在执行本规范的过程中,注意总结经验,积累资料,

如有意见或建议,请寄至上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
(地址:上海市小木桥路 681 号 18 楼;邮编:200032),以供再次修
订时参考。

主 编 单 位:上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位:(排名不分先后)

中船勘察设计院有限公司

上海申元岩土工程有限公司

上海市市政工程勘察设计院有限公司

同济大学

上海市地矿工程勘察院

中国电力工程顾问集团华东电力设计院

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

上海市城市建设设计研究院

上海市地质调查研究院

中交三航院勘察工程有限公司

上海勘测设计研究院

上海海洋地质勘察设计有限公司

主 要 起 草 人:顾国荣 许丽萍(以下按姓氏笔画排列)

石长礼 朱火根 孙 莉 辛 伟

李彬勇 陈丽蓉 陈 晖 陈国民

严学新 张银海 杨石飞 金宗川

周 健 胡立明 胡振明 项培林

徐四一 徐 枫 唐 坚 高倚山

夏 群 崔永高 曹兴国 曾建军

褚伟洪 霍玉仁 魏建华

主要审查人员:张文龙 袁雅康(以下按姓氏笔画排列)
费涵昌 高承勇 莫群欢 潘抗胜
戴冠民

上海市建筑建材业市场管理总站

二〇一二年一月

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术 语	(2)
2.2	符 号	(4)
3	工程地质条件	(9)
3.1	地形地貌	(9)
3.2	地基土名称	(10)
3.3	地基土性质	(12)
3.4	各类地基土层分布图	(14)
4	勘察阶段、等级、勘察纲要	(16)
4.1	勘察阶段	(16)
4.2	勘察等级	(17)
4.3	勘察纲要	(18)
5	建筑工程勘察	(20)
5.1	一般规定	(20)
5.2	天然地基	(21)
5.3	桩 基	(23)
5.4	沉降控制复合桩基	(26)
5.5	基坑工程	(26)
5.6	动力基础	(28)

5.7	既有建筑物的加层或加固	(30)
6	市政工程勘察	(31)
6.1	一般规定	(31)
6.2	给排水工程	(32)
6.3	道路工程	(33)
6.4	桥涵工程	(35)
6.5	管道工程	(37)
6.6	隧道工程与轨道交通工程	(39)
6.7	堤岸工程	(42)
6.8	大面积堆土工程	(44)
6.9	废弃物处理工程	(46)
6.10	污染土处置工程	(48)
7	港口及水利工程勘察	(50)
7.1	一般规定	(50)
7.2	港口工程	(50)
7.3	水闸工程	(53)
8	场地和地基的地震效应	(54)
8.1	一般规定	(54)
8.2	场 地	(54)
8.3	地基液化判别	(56)
8.4	场地地震反应分析	(60)
9	工程地质调查与勘探	(61)

9.1	一般规定	(61)
9.2	工程地质调查	(61)
9.3	周边环境调查	(62)
9.4	勘探点定位与高程测量	(62)
9.5	钻探	(63)
9.6	取样	(65)
9.7	工程物探	(67)
10	原位测试	(68)
10.1	一般规定	(68)
10.2	静力触探试验	(68)
10.3	标准贯入试验	(71)
10.4	轻型动力触探试验	(72)
10.5	十字板剪切试验	(73)
10.6	载荷试验	(74)
10.7	旁压试验	(79)
10.8	扁铲侧胀试验	(81)
10.9	波速测试	(83)
10.10	场地微振动测试	(86)
10.11	土壤热响应试验	(88)
10.12	钻孔简易降水头注水试验	(89)
10.13	钻孔简易抽水试验	(91)
11	室内土工试验	(94)

11.1	一般规定	(94)
11.2	试样制备	(97)
11.3	土的物理性试验	(98)
11.4	土的力学性试验	(99)
11.5	土的热物性试验	(102)
11.6	土的动力性试验	(102)
12	地下水	(104)
12.1	一般规定	(104)
12.2	水文地质参数的确定	(106)
12.3	地下水评价	(106)
13	现场检验与监测	(111)
13.1	一般规定	(111)
13.2	现场检验	(112)
13.3	现场监测	(114)
14	岩土工程分析评价	(119)
14.1	一般规定	(119)
14.2	分析评价的基本要求	(119)
14.3	地基土参数统计	(125)
14.4	天然地基承载力确定	(126)
14.5	桩基承载力确定	(130)
14.6	地基变形验算	(137)
15	岩土工程勘察成果文件	(143)

15.1	一般规定	(143)
15.2	成果文件	(143)
附录 A	湖沼平原 I -1 区地基土层次名称表	(145)
附录 B	滨海平原地基土层次名称表	(148)
附录 C	河口、砂嘴、砂岛地基土层次名称表	(152)
附录 D	潮坪地基土层次名称表	(156)
附录 E	湖沼平原 I -1 区地基土物理力学性质指标统计表	(159)
附录 F	滨海平原地基土物理力学性质指标统计表	(162)
附录 G	沉降系数表	(166)
附录 H	井壁摩阻力 f_k 表	(169)
附录 J	地基土基床系数及比例系数表	(170)
附录 K	图例	(172)
附录 L	本规范用词说明	(180)
附图 A	上海市地貌类型图	
附图 B	上海市区浅层粉性土、砂土分布图	
附图 C	上海市区第⑤ ₂ 层粉性土、砂土层分布图	
附图 D	上海市区第⑥层暗绿色硬土层分布图	
附图 E	上海市区第⑦层粉性土、砂土层分布图	
附图 F	上海市区第⑧层黏性土层分布图	
附图 G	上海市区第⑨层砂土层分布图	

CONTENTS

1	General principles	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Engineering geological condition	(9)
3.1	Topography and landform	(9)
3.2	Subsoil	(10)
3.3	Properties of subsoil	(12)
3.4	Geological maps	(14)
4	Investigation phase, grade, program	(16)
4.1	Investigation phase	(16)
4.2	Investigation grade	(17)
4.3	Investigation program	(18)
5	Building engineering investigation	(20)
5.1	General regulations	(20)
5.2	Natural foundation	(21)
5.3	Pile foundation	(23)
5.4	Composite pile foundation under settlement controlling	(26)
5.5	Foundation pit engineering	(26)
5.6	Dynamic machine foundation	(28)
5.7	Storey-adding or reinforcement of existing building	(30)

6	Municipal engineering investigation	(31)
6.1	General regulations	(31)
6.2	Water supply and drainage works	(32)
6.3	Road engineering	(33)
6.4	Bridge and culvert engineering	(35)
6.5	Pipeline engineering	(37)
6.6	Tunnel engineering and urban rail traffic engineering	(39)
6.7	Embankment engineering	(42)
6.8	Large area earth filling engineering	(44)
6.9	Solid waste treatment and disposal engineering	(46)
6.10	Contaminated soil disposal engineering	(48)
7	Harbor and irrigation works investigation	(50)
7.1	General regulations	(50)
7.2	Harbor engineering	(50)
7.3	Floodgate engineering	(53)
8	Seismic effect of site and subsoil	(54)
8.1	General regulations	(54)
8.2	Site	(54)
8.3	Subsoil liquefaction evaluation	(56)
8.4	Seismic response analysis of site	(60)
9	Engineering geological investigation and exploration	(61)
9.1	General regulations	(61)
9.2	Engineering geological investigation	(61)
9.3	Surrounding investigation	(62)

9.4	Exploratory point locating and elevation surveying	(62)
9.5	Boring	(63)
9.6	Sampling	(65)
9.7	Engineering physical prospecting	(67)
10	In-situ tests	(68)
10.1	General regulations	(68)
10.2	Cone penetration test	(68)
10.3	Standard penetration test	(71)
10.4	Light dynamic probing test	(72)
10.5	Vane shear test	(73)
10.6	Loading test	(74)
10.7	Pressuremeter test	(79)
10.8	Flat dilatometer test	(81)
10.9	Wave velocity test	(83)
10.10	Site pulsation vibration test	(86)
10.11	Soil thermal response test	(88)
10.12	Simply equipped water injection test in borehole by dropping head	(89)
10.13	Simply equipped water pumping test in borehole	(91)
11	Laboratory tests	(94)
11.1	General regulations	(94)
11.2	Specimen preparation	(97)
11.3	Physical tests	(98)

11.4	Mechanical tests	(99)
11.5	Soil thermal property tests	(102)
11.6	Soil dynamic tests	(102)
12	Groundwater	(104)
12.1	General regulations	(104)
12.2	Hydro-geological parameter determination	(106)
12.3	Groundwater evaluation	(106)
13	In-situ inspection and monitoring	(111)
13.1	General regulations	(111)
13.2	In-situ inspection	(112)
13.3	In-situ monitoring	(114)
14	Geotechnical engineering analysis and evaluation ...	(119)
14.1	General regulations	(119)
14.2	Basic requirements of analysis and evaluation	(119)
14.3	Subsoil parameter statistics	(125)
14.4	Subsoil bearing capacity determination	(126)
14.5	Pile bearing capacity determination	(130)
14.6	Foundation settlement estimation	(137)
15	Geotechnical investigation deliverables	(143)
15.1	General regulations	(143)
15.2	Deliverables	(143)
Appendix A	Table of limnological plain subsoil	(145)
Appendix B	Table of littoral plain subsoil	(148)
Appendix C	Table of estuary, sand spit, sand island subsoil	(152)

Appendix D	Table of tidal flat subsoil	(156)
Appendix E	Physical and mechanical parameters statistics of limnological plain subsoil	(159)
Appendix F	Physical and mechanical parameters statistics of littoral plain subsoil	(162)
Appendix G	Table of settlement coefficients	(166)
Appendix H	Table of open-end caisson skin frictions	(169)
Appendix J	Table of subgrade reaction coefficient and proportional coefficient of foundation soils	(170)
Appendix K	Legend	(172)
Appendix L	Wording explanation	(180)
Drawing A	Landform classification of Shanghai	
Drawing B	Distribution of shallow silt and sand at Shanghai metropolitan area	
Drawing C	Distribution of layer ⑤ ₂ (silty or sandy layer) at Shanghai metropolitan area	
Drawing D	Distribution of layer ⑥ (dark green stiff layer) at Shanghai metropolitan area	
Drawing E	Distribution of layer ⑦ (silty or sandy layer) at Shanghai metropolitan area	
Drawing F	Distribution of layer ⑧ (clayey soil) at Shanghai metropolitan area	
Drawing G	Distribution of layer ⑨ (sandy layer) at Shanghai metropolitan area	

1 总 则

1.0.1 为了在岩土工程勘察中贯彻执行国家有关技术经济政策,服务于工程建设全过程,确保质量和安全,加强环境保护,提高投资效益,根据上海软土地区的工程地质特点,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于上海地区各类建筑工程、市政工程、地下工程、港口工程以及水利工程的勘察、测试、治理与监测。

1.0.3 各项建设工程在设计和施工之前,必须按基本建设程序进行岩土工程勘察。

1.0.4 岩土工程勘察应根据工程性质、场地条件、勘察阶段、设计和委托要求及环境条件,制定勘察纲要。

1.0.5 勘察工作应了解当地勘察、测试资料及建筑经验,并积极运用原位测试方法,查明场地工程地质条件及不良地质条件,对拟建场地的岩土工程特性作出符合实际的分析与评价,提出资料完整可靠、评价正确、建议合理的勘察成果文件。

1.0.6 岩土工程勘察,除应符合本规范的规定外,尚应符合国家、行业和本市有关现行标准、规范的要求。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 岩土工程勘察 geotechnical investigation

根据建设工程的要求,查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件,编制勘察文件的活动。

2.1.2 岩土工程勘探 geotechnical exploration

为查明场地岩土工程条件,在现场进行的钻探、井探、槽探、坑探、洞探以及物探、触探等的总称。

2.1.3 原位测试 in-situ testing

在岩土体所处的位置,基本保持岩土原来的结构、湿度和应力状态,对岩土体进行工程特性的测试。

2.1.4 工程物探 engineering physical prospecting

以岩土层的物性差异为基础,借助地球物理的方法探测人工或天然物理场的分布和变化,采用综合分析方法解译、推断岩土体或其他物体的空间分布,从而解决工程地质和水文地质问题的地球物理勘探方法。

2.1.5 工程地质调查 engineering geological survey

为查明岩土体赋存的地质环境、工程地质特征,评价工程建设的适宜性,对岩石的成因、时代、类型、分布和工程特性等进行的资料收集和实地调查。

2.1.6 周边环境调查 surroundings survey

对工程场地周围的道路、河流、建(构)筑物、地下设施及工程建设活动等进行的调查。

2.1.7 现场检验 in-situ inspection

在现场采用一定手段,对勘察成果或设计、施工措施的效果进行评价。

2.1.8 现场监测 in-situ monitoring

在现场对岩土性状和地下水的变化、岩土体和结构物的应力、位移等进行系统监视和观测。

2.1.9 天然地基极限承载力 ultimate bearing capacity of subsoil

天然地基在荷载作用下达到破坏状态前或出现不适于继续承载的变形时所对应的地基土最大抗力。

2.1.10 单桩竖向极限承载力 ultimate vertical bearing capacity of single pile

单桩在竖向荷载作用下达到破坏状态前或出现不适于继续承载的变形时所对应的单桩最大支撑力。

2.1.11 土试样质量等级 quality classification of soil samples

按土试样受扰动程度不同划分的等级。

2.1.12 工程地质单元 engineering geological unit

按岩土的类型和工程特性划分的区域或地段,又称岩土单元。

2.1.13 不良地质作用 adverse geological actions

由地球的内力和外力所产生的对工程可能造成危害的地质作用,如断层错动、地面沉降、滑坡、崩塌、侵蚀、岩溶、潜蚀、地震、泥石流等。

2.1.14 不良地质条件 geological disadvantages

对地基基础、地下工程、边坡工程等建设和使用的安全性、经济性带来不利影响的地质条件,如液化、沼气、暗浜、厚层填土等。

2.1.15 地质灾害 geological hazard

由不良地质作用引发的危及人身、财产、工程或环境安全的事件。

2.1.16 岩土工程勘察报告 geotechnical investigation report

在原始资料的基础上,通过整理、统计、归纳、分析、评价,提供岩土参数,提出结论及建议,形成系统的为工程建设服务的勘察技术文件。

2.2 符 号

- A —— 基础底面积;
- A_p —— 桩端横截面面积;
- a —— 土的压缩系数;
- B —— 承压板的直径或宽度;
- b —— 基础宽度(圆形基础时为直径);
- C —— 比热容;
- C_c —— 土的压缩指数;曲率系数(又称级配系数);
- C_s —— 土的回弹指数;
- C_u —— 土的不均匀系数;
- c —— 土的黏聚力;
- c_v, c_h —— 土的竖向、水平向固结系数;
- c_u —— 土的不排水抗剪强度;
- C_z —— 土的抗压刚度系数;
- C_x —— 土的抗剪刚度系数;
- C_φ —— 土的抗弯刚度系数;
- C_ψ —— 土的抗扭刚度系数;
- D —— 注水管内径;
- d —— 基础埋置深度;桩径;

d_0 —— 液化土特征深度；
 d_i —— 液化判别时第 i 试验点所代表的土层厚度；
 d_s —— 液化判别时试验点深度；
 d_w —— 地下水位埋深；
 d_{10} —— 有效粒径；
 d_{30} —— 中间粒径；
 d_{50} —— 平均粒径；
 d_{60} —— 界限粒径；
 E_0 —— 变形模量；
 E_d —— 动弹性模量；
 E_D —— 扁铲模量；
 E_m —— 旁压模量；
 E_s —— 压缩模量；
 E_u —— 不排水模量；
 e —— 土的天然孔隙比；
 f_d —— 天然地基承载力设计值；
 f_k —— 天然地基极限承载力标准值；
 f_s —— 桩侧极限摩阻力标准值；静力触探双桥探头侧壁摩阻力；
 f_p —— 桩端极限端阻力标准值；
 G —— 土粒比重；
 G_d —— 动剪切模量；
 G_m —— 旁压剪切模量；
 H —— 潜水含水层厚度；水头高度；
 h —— 建筑物高度；土层厚度；
 h_0 —— 天然地基压缩层计算厚度；

h_z —— 桩基压缩层计算厚度；
 I_D —— 土类指数；
 I_p —— 塑性指数；
 I_L —— 液性指数；
 I_{le} —— 液化指数；
 K —— 基床系数；
 K_0 —— 静止侧压力系数；
 K_m —— 侧向基床反力系数；
 K_v —— 载荷试验基床反力系数；
 K_D —— 水平应力指数；
 k —— 土的渗透系数；
 K_z —— 土的垂直抗压刚度；
 K_x —— 土的水平抗剪刚度；
 K_φ —— 土的抗弯刚度；
 K_ψ —— 土的抗扭刚度；
 l —— 基础长度；
 N —— 标准贯入试验实测值；
 N_0 —— 液化判别标准贯入锤击数基准值；
 N_{cr} —— 液化判别标准贯入锤击数临界值；
 OCR —— 超固结比；
 p_0 —— 按作用效应准永久组合计算时的基础底面附加压力；
 旁压试验初始压力；
 p_c —— 先期固结压力；
 p_u —— 快速荷载试验所得的极限压力；
 p_{cz} —— 土的自重应力；
 p_L —— 旁压试验确定的极限压力；

p_y ——旁压试验确定的临塑压力；
 p_s ——静力触探单桥探头比贯入阻力；
 p_{s0} ——液化判别比贯入阻力基准值；
 p_{scr} ——液化判别比贯入阻力临界值；
 p_{wy} ——承压水水头压力；
 Q ——有机质烧失量；井的流量；
 q_c ——静力触探双桥探头锥尖阻力；
 q_{c0} ——液化判别锥尖阻力基准值；
 q_{ccr} ——液化判别锥尖阻力临界值；
 q_u ——无侧限抗压强度；
 q'_u ——重塑土无侧限抗压强度；
 R_k ——单桩竖向极限承载力标准值；
 R_d ——单桩竖向承载力设计值；
 R_{tk} ——单桩竖向抗拔极限承载力标准值；
 R_{td} ——单桩竖向抗拔承载力设计值；
 S_t ——灵敏度；
 s ——沉降量；
 T ——场地地基土的基本周期；
 T_{50} ——相当于 50% 固结度的时间因数；
 t_{50} ——超孔隙水压力消散达 50% 时的历时；
 U_D ——孔压指数；
 U_p ——桩身截面周长；
 V_c ——旁压器固有体积；
 V_0 ——旁压试验初始压力 p_0 所对应的扩张体积；
 V_y ——旁压试验临塑压力 p_y 所对应的扩张体积；
 ν_R ——面波波速；

ν_s —— 剪切波速；
 ω —— 土的天然含水量或含水率；
 ω_L —— 土的液限；
 ω_P —— 土的塑限；
 ω_{opt} —— 最优含水量；
 α —— 应力系数；偏斜角；地震影响系数；导温系数；
 α_b —— 桩端阻力修正系数；
 γ —— 土的重度；
 γ_0 —— 基础底面以上土的加权平均重度；
 γ_R —— 天然地基承载力分项系数；
 γ_s —— 桩侧摩阻力分项系数；
 γ_p —— 桩端阻力分项系数；
 γ_w —— 水的重度；
 δ —— 沉降系数；
 λ —— 阻尼比；导热系数；
 λ_c —— 压实系数；
 μ —— 土的泊松比；
 ρ —— 土的质量密度；
 ρ_c —— 土的黏粒含量百分率；
 ρ_{dmax} —— 最大干密度；
 ρ_p —— 端阻比；
 φ —— 土的内摩擦角；
 φ_u —— 土的三轴不固结不排水压缩试验内摩擦角；
 φ' —— 土的有效内摩擦角；
 ψ_s —— 沉降计算经验系数；
 ζ —— 有机质含量。

3 工程地质条件

3.1 地形地貌

3.1.1 上海位于长江三角洲东南前缘,成陆较晚,除西南部有十余座零星剥蚀残丘外,地形平坦,河港密布。

3.1.2 境内地面标高(吴淞高程)大多在 2.5m~4.5m 之间,西部为淀泖洼地,东部为碟缘高地,东西高差约 2m~3m。

3.1.3 按地貌形态、时代成因、沉积环境和组成物质等方面的差异,境内可分为五大地貌类型(见附图 A):

1 湖沼平原:位于太仓、外冈、华新、徐泾、马桥、庄行、漕泾一线以西地区,地势低平,湖沼洼塘密布。根据暗绿色硬土层分布特点分为 I-1 和 I-2 两个亚区;

2 滨海平原:位于湖沼平原以东,顾路、合庆、蔡路、江镇、盐仓、大团一线以西,奉城、柘林、漕泾一线以北地区,上海市区位于其中,地势平坦;

3 河口、砂嘴、砂岛:位于顾路、合庆、蔡路、江镇、盐仓、大团一线以东,奉城、柘林、漕泾、金山卫一线以南的沿海陆域地区及崇明、长兴、横沙等岛屿,地势略有高差;

4 潮坪地带:位于东南部沿江、沿海地区,俗称“潮间带”,其范围逐渐向水域伸展;

5 剥蚀残丘:位于西南部松江、青浦以及金山的孤丘或岛屿,海拔 23.2m~99.8m。

3.2 地基土名称

3.2.1 地基土的类别及定名划分标准,应根据土的塑性指数或颗粒组成按表 3.2.1 确定。

表 3.2.1 地基土类别及定名划分标准

土的类别及名称		划 分 标 准	
		塑性指数 I_P	颗 粒 组 成
黏性土	黏 土	$I_P > 17$	—
	粉质黏土	$10 < I_P \leq 17$	—
粉性土	黏质粉土	$I_P \leq 10$	粒径小于 0.005mm 的颗粒含量等于或大于全重的 10%, 小于等于全重的 15%
	砂质粉土	—	粒径小于 0.005mm 的颗粒含量小于全重的 10%
砂土	粉 砂	—	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量占全重的 50% ~ 85%
	细 砂	—	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量大于全重的 85%
	中 砂	—	粒径大于 0.25mm 的颗粒含量大于全重的 50%
	粗 砂	—	粒径大于 0.50mm 的颗粒含量大于全重的 50%
	砾 砂	—	粒径大于 2mm 的颗粒含量占全重的 25% ~ 50%

注:1. 对砂土定名时,应根据粒径分组,从大到小,由最先符合者确定;当其粒径小于 0.005mm 的颗粒含量大于全重的 10% 时,宜按混合土定名,如“含黏土质粉砂”等;

2. 砂质粉土的工程性质接近粉砂;

3. $I_P = 10 \sim 12$ 的低塑性土,应同时进行颗分试验,若粒径小于 0.005mm 的颗粒含量小于或等于全重的 15%,应以颗分定名为准;

4. 塑性指数的确定,液限以 76g 圆锥仪入土深度 10mm 为准;塑限以搓条法或联合法为准;

5. 当有机质含量 $\zeta \geq 5\%$ 时,可按下列原则定名: $5\% \leq \zeta \leq 10\%$ 时,定为有机质土; $10\% < \zeta \leq 60\%$ 时,定为泥炭质土; $\zeta > 60\%$ 时,定为泥炭。

3.2.2 天然含水量大于液限且天然孔隙比大于 1.0 的粉质黏土及天然孔隙比大于 1.3 的黏土,应分别定名为淤泥质粉质黏土及淤泥质黏土;天然含水量大于液限且天然孔隙比大于或等于 1.5 的新近沉积黏性土应定名为淤泥。

3.2.3 当两类不同的土相间成层时,土层定名应综合其层理、厚度比及韵律变化,分别描述为互层、夹层和夹薄层等,在定名时应把厚的土层写在前面。

- 1 若厚度比大于 $1/3$ 时,宜定名为“互层”;
- 2 若厚度比为 $1/10 \sim 1/3$ 时,宜定名为“夹层”;
- 3 若厚度比小于 $1/10$ 时,宜定名为“夹薄层”。

3.2.4 人工填土应根据堆填方式、组成物质特征等因素,分为杂填土、素填土、冲填土等。

1 杂填土:由建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物组成的填土;

2 素填土:由黏性土、粉性土、砂土等组成的填土;

3 冲填土:由水力冲填泥沙形成的填土,俗称“吹填土”。

3.2.5 在原浜、塘范围内,由人工填埋形成的填土俗称“浜填土”,按其物质成份,可参照上述填土名称进行相应定名。对浜底含大量黑色有机质、流塑状的土,可定名为“浜底淤泥”,并应注明淤泥厚度。

3.2.6 由于致污物质的侵入,使土的成分、结构和性质发生显著变异的土,应判定为污染土。污染土的定名可在原分类名称前冠以“污染”。

3.2.7 土层划分应根据野外编录、土工试验和原位测试成果综合确定,并宜符合下列要求:

- 1 对工程有重要影响的特殊性土层或标志层(如泥炭、有机

质土、贝壳、浜底淤泥、暗绿色硬土等)均宜单独分层;

2 在厚层土中,当出现不同土类且呈水平向逐渐尖灭时,可划分为“透镜体”单独定名。

3.3 地基土性质

3.3.1 上海地区除少数剥蚀残丘有基岩露头外,覆盖了巨厚的第四系松散沉积物,基岩埋深由西南向东北方向趋深,市区一般为 200m~300m。

3.3.2 湖沼平原 I-1 区地基土的层次名称表可见附录 A,地基土层的主要物理力学性质指标可见附录 E;湖沼平原 I-2 区地基土的分布特征与滨海平原类同,其地基土的层次名称表可参见附录 B,地基土层的主要物理力学性质指标可参见附录 F。湖沼平原 I-1 区地基土的主要特征如下:

1 在深度 0.5m~3m 范围内,局部分布薄层有机质土或泥炭质土,土性特殊,水平向变化大;

2 第⑥层埋藏深度及土性变化大,可分为 4 个亚层。第⑥₁层硬土层层顶埋深约 4m~15m,部分地区在 20m~30m 深度范围内分布第⑥₄层硬土层。两层硬土层之间分布第⑥₂层粉性土、砂土层和第⑥₃层灰色软黏性土层;

3 第⑦层粉性土、砂土层呈稍密~密实状,不同区域土性和厚度差异大,局部地区缺失;

4 第⑧层灰色黏性土夹粉砂层,呈软塑~可塑状,局部区域底部有灰绿~兰灰色硬土层分布;

5 第⑨层灰色砂土层分布及土性特征同滨海平原区。

3.3.3 滨海平原地基土的层次名称表可见附录 B,地基土层的主要物理力学性质指标可见附录 F,地基土的主要特征如下:

1 第②层褐黄色黏性土,俗称“硬壳层”,厚度 2m~3m,呈可塑~软塑状,自上而下逐渐变软,可分为第②₁、②₂层,局部地段因受明、暗浜以及人类活动的影响而缺失,上海市区暗浜分布可查阅《上海市河流历史图集》;

2 在黄浦江沿岸地表下 2m~15m 深度范围内有第①₃层新近沉积土(俗称“江滩土”)分布,土性以黏质粉土或砂质粉土为主,局部夹较多淤泥质土;

3 部分区域受吴淞江等故道影响,在地表下 2m~20m 深度范围内有第②₃层粉性土、粉砂分布;

4 在 3m~20m 深度范围内普遍分布的第③、④层淤泥质黏性土,呈流塑状,是主要软弱土层。局部地区分布有粉性土或粉砂夹层;

5 第⑤层灰色黏性土,呈软塑~可塑状,在古河道区域厚度大,土性差异大。局部地段沉积了第⑤₂层粉性土、粉砂和⑤₄层次生灰绿色硬土层;

6 第⑥层暗绿~草黄色硬土层,呈可塑~硬塑状,是划分晚更新世(Q₃)和全新世(Q₄)的标志层;第⑦层草黄~灰色粉性土、粉砂层,呈中密~密实状,厚度不等。局部区域受古河道切割致使第⑥层、第⑦层层顶埋深起伏大或缺失;

7 第⑧层灰色黏性土夹粉砂层,呈软塑~可塑状,上部为黏性土,下部夹薄层粉砂,呈“千层饼”状。局部区域缺失;

8 第⑨层灰色粉细砂层,局部夹中粗砂,含砾,呈密实状。分布较为稳定。

3.3.4 河口、砂嘴、砂岛是由挟带大量泥沙下泄的长江径流与涨潮流汇合在长江口形成。地基土的层次名称表可见附录 C。地基土的主要特征如下:

1 在深度 20m 以浅范围内粉性土、粉砂发育,间夹薄层黏性土,呈松散~稍密状,局部呈中密状;

2 南汇砂嘴地区,除局部古河道区外,第⑥层暗绿~草黄色硬土和第⑦层粉性土、砂土分布较稳定;

3 崇明、长兴、横沙三岛均处于古长江区域,相应沉积了厚度较大的第⑤层黏性土,局部区域沉积了第⑤₂层粉性土、粉砂;第⑦层粉性土及砂土埋藏深度较大,局部缺失;

4 深部土层的分布及土性特征同滨海平原区。

3.3.5 潮坪地带受潮流的作用,浅部分布有新近沉积的粉性土,下部土层与其相接的河口、砂嘴、砂岛区一致。潮坪地带地基土的层次名称表可见附录 D。

3.3.6 剥蚀残丘系中生界燕山期火山喷发所形成。岩性主要为上侏罗统中酸性火山熔岩和火山碎屑岩。

3.4 各类地基土层分布图

3.4.1 上海地区已积累大量工程勘察资料,汇总整理并编制的各类地基土层分布图,可供勘察方案编制、工程建设可行性研究及初步设计参考使用。

1 《上海市区浅层粉性土、砂土分布图》是根据吴淞江故道及黄浦江两岸新近沉积的粉性土、砂土分布范围编制,见附图 B;

2 《上海市区第⑤₂层粉性土、砂土层分布图》是根据古河道区域沉积物中粉性土、砂土层分布范围编制,见附图 C;

3 《上海市区第⑥层暗绿色硬土层分布图》是根据上更新统 Q₃² 暗绿色硬土层分布特征绘制,见附图 D;古河道内分布的⑤₄层灰绿色硬土层分布特征可参见附图 D;

4 《上海市区第⑦层粉性土、砂土层分布图》是根据上更新

统 Q_3^2 草黄～灰色粉性土、砂土层分布特征编制,见附图 E;

5 《上海市区第⑧层黏性土层分布图》是根据上更新统 Q_3^2 灰色黏性土层分布特征编制,见附图 F;

6 《上海市区第⑨层砂土层分布图》是根据上更新统 Q_3^1 灰色砂土层分布特征编制,见附图 G。

4 勘察阶段、等级、勘察纲要

4.1 勘察阶段

4.1.1 勘察阶段宜与设计阶段相适应,可分为可行性研究勘察、初步勘察及详细勘察。必要时可进行施工勘察和专项勘察。港口、水利工程及废弃物处理工程等勘察阶段划分尚应符合相关规范、标准的要求。

4.1.2 可行性研究勘察可通过搜集资料、现场踏勘、调查和必要的勘探试验工作,初步了解场地的工程地质条件,判断场地的稳定性和适宜性,为城镇规划、场址选择、建设项目的技术经济方案比选提供依据。对超大型或特殊项目的选址,宜进行可行性研究勘察。

4.1.3 初步勘察应初步查明建设场地的地基土构成、地基稳定性、主要不良地质条件及地基土的物理力学性质,评价工程适宜性,为合理确定建(构)筑物总平面布置、选择地基基础类型及不良地质条件防治提供依据。对大型工业、市政、港口、水利项目以及超高层建筑和建设面积 20 万平方米以上的建设项目,宜进行初步勘察。

4.1.4 详细勘察应为地基基础设计、地基处理和地基施工方案的确 定提供详细的岩土工程地质资料,并作出分析、评价和建议。

4.1.5 施工勘察是在施工阶段根据设计、施工要求进行的勘察工作,针对所需解决的具体问题,提供相应的勘察资料,并作出分析、评价和建议。遇下列情况之一时,应进行施工勘察:

- 1 在施工中发现地质情况异常需补充勘察资料时;

2 需进一步查明地下障碍物及不良地质条件时。

4.1.6 专项勘察是根据委托方的特殊要求针对某一专项问题进行的勘察工作,宜针对所需解决的问题,提供相应的勘察资料,并作出分析、评价和建议。

4.2 勘察等级

4.2.1 建(构)筑物等级可根据其类型、结构重要程度按表 4.2.1 划分。

表 4.2.1 建(构)筑物等级

等级	工 程 类 型
一级	重要的工业与民用建筑、30 层以上的高层建筑、大型公共建筑、高度大于 100m 的高耸构筑物、一级安全等级基坑、大型给排水工程、特大型桥梁、轨道交通主体工程、隧道、高填土道路、高架道路、大于等于 10000 吨级的码头、处理能力大于等于 1000t/d 的垃圾处理场、长江与杭州湾沿岸堤防工程、上海中心城区黄浦江堤防工程及有重大意义或影响的国家重点工程等
二级	一般的工业与民用建筑、中型公共建筑、二级安全等级基坑、中型给排水工程、大中型桥梁、1000t~10000t 级的码头、处理能力 500t/d~1000t/d 的垃圾处理场、黄浦江沿岸非中心城区和苏州河的堤防工程等
三级	三层及三层以下的一般民用建筑、单层工业厂房(吊车起重量小于等于 5t)、三级安全等级基坑、小型给排水工程、小型桥梁、一般道路、小于等于 1000 吨级的码头、处理能力小于等于 500t/d 的垃圾处理场、一般河流的堤防工程等

4.2.2 建筑场地地基复杂程度可分为复杂场地、中等复杂场地。场地地基土存在下列情况之一的为复杂场地,其余均属中等复杂场地。

- 1 场地地层分布不稳定,持力层层面起伏大或跨越不同工程地质单元;
- 2 液化等级为中等及以上的场地;
- 3 存在需要专门处理的不良地质条件或地质灾害;

- 4 场地受污染,地下水(或土)对混凝土具弱及以上腐蚀性;
 - 5 存在对工程建设有影响的(微)承压水;
 - 6 邻岸及近岸工程场地;
 - 7 环境条件复杂。
- 4.2.3 综合建(构)筑物等级和场地地基复杂程度,项目的勘察等级可按表 4.2.3 分为甲、乙和丙三级。**

表 4.2.3 勘察等级

建(构)筑物等级 场地地基复杂程度	一级	二级	三级
复杂场地	甲级	甲级	乙级
中等复杂场地	甲级	乙级	丙级

4.3 勘察纲要

- 4.3.1** 勘察纲要宜在现场踏勘,搜集资料后进行。勘察纲要应根据不同勘察阶段的要求编制,应内容完整、方案合理、切合实际,满足工程要求。
- 4.3.2** 勘察工作量应由勘察单位根据设计要求,结合工程性质、基础类型和地基土的特点确定。
- 4.3.3** 编制勘察纲要前宜搜集下列资料:
- 1 上级部门对建设项目的批准文件、用地规划图等;
 - 2 拟建场地的地形图及建(构)筑物总平面布置图,必要时宜搜集周边环境资料;
 - 3 勘察任务委托书,建设和设计单位对勘察的技术要求;
 - 4 邻近的岩土工程资料和工程经验。
- 4.3.4** 勘察纲要内容应包括建设项目概况、工程特点、对已有岩

土工程资料的分析、勘察目的和编制依据、勘探工作量、拟定勘察报告的章节目录及质量安全保证措施。对大型工程尚应制定勘察计划进度、人员及设备机具安排等。

4.3.5 现场勘察期间,若主要土层变化较大或设计方案变更等,需更改勘察方案时,应及时调整勘察纲要,并按质量管理程序审批。

5 建筑工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于各类房屋建筑、高耸构筑物、工业设施以及相关的基础工程、基坑工程、动力基础、既有建筑物加层或加固等。

5.1.2 应在充分搜集、分析利用已有勘察资料的基础上,根据不同勘察阶段、建筑工程性质、基础类型、地基土的特点,综合确定勘察工作量,以取得符合各类建筑工程勘察要求的勘察成果。

5.1.3 应根据工程性质、地基土特点等,有针对性地选用适当的勘察手段,并应符合下列要求:

1 勘探孔宜以取土孔、取土标贯孔和静力触探孔为主,不宜采用鉴别孔。浅层勘探可采用小螺纹钻孔、浅层物探等,工程需要时,也可采用轻型动力触探孔;

2 原位测试孔的数量宜占勘探孔总数的 $1/3 \sim 1/2$,在确保各地基土层能采取足够数量原状土样的前提下,可适当提高原位测试孔比例,但不宜超过 $2/3$ 。

5.1.4 取土数量应根据钻孔数量、地基土层的厚度和均匀性等确定。详细勘察阶段每一主要土层原状土试样或原位测试数据不应少于 6 个;或静力触探孔的测试数据不少于 3 个。

5.1.5 可行性研究勘察,应在充分搜集、调查拟选场地及其周围地形地貌、地震、地层结构、地基土性质、不良地质条件、地下水条件等资料,并进行分析研究的基础上,在具有代表性地段布置少量勘探孔。勘探孔间距宜为 300m~400m。勘探孔深度应根据拟建工程性质及地基土条件等综合确定,控制性勘探孔不宜小于

50m,或至第⑨层砂土层。

5.1.6 初步勘察宜在整个勘察场地内均匀布置勘探孔,勘探孔间距宜为 100m~200m。当建筑场地规划明确时,勘探孔宜优先考虑布置在重要拟建建(构)筑物部位。勘探孔深度应根据拟建工程性质及地基土条件等综合确定。

5.1.7 详细勘察应在充分收集、利用已有资料的基础上,根据不同的工程性质和基础类型,分别按本规范第 5.2~5.7 节和第 8 章的有关规定布置勘察工作量。对宽度小于或等于 20m 的建(构)筑群,可采用“之”字形布置勘探孔。

5.1.8 施工勘察应针对施工阶段设计与施工中遇到的具体问题与要求,布置勘察工作量。专项勘察应根据任务委托需要解决的专项问题,选用有效的勘察手段,布置适当的勘察工作量。

5.2 天然地基

5.2.1 勘探孔宜沿建(构)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,但勘探孔宜布置在建筑物周边或角点处。

5.2.2 勘探孔间距宜为 30m~50m。当场地地基土分布较复杂且影响基础设计时,宜适当加密勘探孔。

5.2.3 单项工程勘探孔数量不宜少于 3 个;对不需要验算变形及进行场地液化判别的建(构)筑物,当附近已有勘察资料时,可采用小螺纹钻孔进行浅层勘探。

5.2.4 勘探孔深度应满足天然地基沉降计算要求。地基压缩层计算厚度可查表 5.2.4。

表 5.2.4 天然地基压缩层计算厚度 h_0 (m)

b (m)	l/b	基础底面附加压力 p_o (kPa)					
		30	50	70	90	110	130
1	1	2.3	2.8	3.2	3.6	3.8	4.0
	3	3.3	4.0	4.6	5.0	5.5	5.8
	5	3.8	4.7	5.3	5.9	6.3	6.8
	≥ 10	4.3	5.4	6.3	7.0	7.7	8.2
3	1	5.1	6.0	6.9	7.5	8.1	8.7
	3	6.3	8.4	9.6	10.8	11.4	12.0
	5	7.4	9.6	10.8	12.0	13.2	14.1
	≥ 10	7.8	10.5	12.0	13.5	15.0	16.2
5	1	7.0	8.5	10.0	10.5	11.5	12.0
	3	9.3	11.5	13.5	15.0	16.0	17.0
	5	9.9	13.0	14.5	16.5	18.0	19.5
	≥ 10	10.2	13.5	16.0	18.0	20.0	21.5
10	1	10.7	14.0	15.0	17.0	18.0	19.0
	3	13.7	18.0	20.0	23.0	25.0	26.0
	5	14.3	19.0	22.0	25.0	27.0	29.0
	≥ 10	14.4	19.5	23.0	26.0	29.0	31.0
20	1	16.0	20.0	24.0	28.0	30.0	31.0
	3	19.0	26.0	30.0	34.0	38.0	40.0
	5	19.6	28.0	32.0	36.0	40.0	44.0
	≥ 10	19.7	28.5	33.0	38.0	42.0	46.0

注:1. 表中 l —— 基础长度(m); b —— 基础宽度(m), 对条形基础, 当基础面积系数大于 0.6 时, 应将基础外包宽度作为基础宽度;

2. 上表按附加压力与土自重压力之比为 0.1 计算;

3. 中间值可内插。

5.2.5 小螺纹钻孔宜沿建(构)筑物周边和主要基础柱列线布置,孔距宜为 10m~15m,深度宜穿透第②层褐黄~灰黄色土层。当遇暗浜等不良地质条件时,应加密孔距,查明其分布范围及断面形态,控制其边界的孔距宜为 2m~3m,深度宜进入正常沉积土层不小于 0.5m。当拟建场地内存在明浜(塘)时,应测量其断面,查明浜(塘)淤泥厚度。当地表或地下存在障碍物而无法按要求完成浅层勘探时,应提出进行施工勘察或由勘察人员进行施工验槽的建议。

5.2.6 一、二级工程基础持力层和软弱下卧层的剪切试验数据以及地基压缩层范围内各主要土层的压缩试验数据不应少于 6 个。

5.2.7 当场地内存在厚度较大的填土时,应了解填筑的时间。对填筑时间较长的填土,宜选择适当的原位测试手段,查明其均匀性以及强度和变形特性,评价其作为天然地基持力层的可能性。

5.3 桩 基

5.3.1 勘探孔宜沿建(构)筑物周边、角点或主要柱列线布置。对宽度较大的高层建筑,其中心宜布置勘探孔。带有裙房或外扩地下室的高层建筑,勘探孔布置宜整体考虑。重大设备基础和高耸构筑物应单独布置勘探孔。

5.3.2 勘探孔间距宜为 20m~35m。当相邻勘探孔揭露的土层变化较大且影响到桩基设计或施工方案选择时,宜适当加密勘探孔,但孔距不宜小于 10m。抗拔桩的勘探孔间距可为 30m~50m。

5.3.3 单栋高层建筑勘探孔数量不应少于 4 个。每栋高层建筑

或重要构筑物至少应有 1 个控制性勘探孔。场地控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/3。

5.3.4 控制性勘探孔深度应满足桩基沉降计算要求。

5.3.5 一般性勘探孔深度不宜小于桩端下 3m；对大直径桩，不宜小于桩端下 5m。抗拔桩的勘探孔深度不应小于桩端入土深度。

5.3.6 对排列密集的群桩基础，桩基压缩层计算厚度可查表 5.3.6。对独立或条形承台下桩基，控制性勘探孔深度宜达桩端下 2~3 倍承台宽度。

表 5.3.6 桩基压缩层计算厚度 h_z (m)

b (m)	l/b	h_p (m)	桩基承台底面有效附加压力 p_o (kPa)			
			150	300	450	600
15	1	20	14	21	25	28
		40	11	17	20	23
		60	7	14	17	20
	3	20	20	29	35	40
		40	14	23	29	34
		60	9	19	25	30
	5	20	20	31	38	44
		40	14	26	32	38
		60	10	21	27	33
30	1	20	25	34	40	45
		40	18	29	35	41
		60	11	25	31	37

续表 5.3.6

b (m)	l/b	h_p (m)	桩基承台底面有效附加压力 p_o (kPa)			
			150	300	450	600
30	3	20	30	45	54	63
		40	22	38	47	56
		60	15	32	42	51
	5	20	30	47	58	69
		40	27	40	51	61
		60	25	33	44	55
45	1	20	32	45	54	62
		40	23	40	48	56
		60	14	35	43	50
	3	20	38	58	70	82
		40	28	49	62	74
		60	18	42	55	67
	5	20	38	60	74	88
		40	28	51	66	80
		60	18	43	58	72
60	1	20	37	55	65	75
		40	27	48	58	68
		60	17	41	51	61

注:1. l ——基础长度(m); b ——基础宽度(m); h_p ——桩端离地面深度(m);
2. 上表按附加压力与自重压力之比为 0.2 计算;
3. 中间值可以内插。

5.3.7 宜调查勘察场地范围内有无地下障碍物分布,当遇厚层杂填土或障碍物无法完成浅层勘探时,宜提出施工勘察的建议。

5.3.8 桩基压缩层范围内各主要黏性土层的压缩试验数据不宜少于 6 个。工程需要时,宜对桩端以下一定深度范围内黏性土进行先期固结压力试验和三轴压缩试验。

5.3.9 应布置一定数量的静力触探试验孔,并选择部分钻孔在粉性土和砂土中进行标准贯入试验。必要时,可布置旁压试验、波速试验等原位测试。

5.4 沉降控制复合桩基

5.4.1 沉降控制复合桩基勘察时,浅层勘探、原位测试、室内试验应同时满足天然地基勘察和桩基勘察的有关要求。

5.4.2 勘探孔的间距宜为 30m~45m,当场地地基土条件复杂并影响基础设计时,宜适当加密勘探孔。

5.4.3 一般性勘探孔深度不宜小于桩端下 3m,控制性勘探孔深度宜达桩端下 10m~15m,并满足地基沉降计算要求。

5.5 基坑工程

5.5.1 当基坑开挖深度大于 3m 时,应按基坑工程要求进行勘察。基坑工程勘察宜结合建筑工程勘察同时进行。勘探孔宜布置在基坑周边或基坑围护体附近,基坑主要转角处宜有勘探孔。

5.5.2 安全等级为一、二级的基坑工程,勘探孔间距宜为 20m~35m;安全等级为三级的基坑工程,勘探孔间距宜为 30m~50m。当相邻勘探孔揭露的土层变化较大并影响到基坑围护设计和施工方案选择时,应加密勘探孔,但孔距不宜小于 10m。

5.5.3 勘探孔深度不宜小于基坑开挖深度的 2.5 倍,且应满足

围护结构稳定性验算的要求。当 2.5 倍基坑开挖深度范围内遇第⑨层砂土层时,勘探孔深度可适当减浅,但不宜小于 2 倍基坑开挖深度。

5.5.4 宜沿基坑周边布置小螺纹钻孔,其孔距、孔深可按本规范 5.2.5 条执行。当场地内存在对基坑安全有较大影响的暗浜时,宜采用小螺纹钻孔予以查明。当地表或地下存在障碍物而无法按要求完成浅层勘探时,应提出施工勘察的建议。

5.5.5 基坑工程除应提供固结快剪指标外,尚宜提供粉性土和砂土的颗粒级配曲线和渗透系数。安全等级为一、二级的基坑工程宜提供静止侧压力系数、三轴固结不排水压缩试验或直剪慢剪试验指标,必要时宜提供回弹再压缩试验指标。

5.5.6 对于安全等级为一、二级的基坑工程,宜进行现场简易抽(注)水试验,软黏性土层宜进行十字板剪切试验。必要时可进行旁压试验或扁铲侧胀试验等。

5.5.7 相关含水层的水位量测、地下水与地表水的水力联系调查等,应符合本规范第 12.2 节的要求。

5.5.8 当基坑内的钻孔进入开挖深度以下的砂土或粉性土时,钻探结束后应回填封孔并符合第 9.5.8 条的要求。

5.5.9 对于安全等级为三级的基坑工程,土的渗透系数 k 值可按表 5.5.9 中的数值选用。

表 5.5.9 土的渗透系数 k 值

土 层 名 称	$k(\text{cm/s})$
淤泥质黏土	$(2\sim4)\times10^{-7}$
淤泥质粉质黏土	$(2\sim5)\times10^{-6}$
淤泥质粉质黏土夹薄层粉砂	$(0.7\sim3)\times10^{-4}$
黏土	$(2\sim5)\times10^{-7}$
粉质黏土	$(2\sim5)\times10^{-6}$
黏质粉土	$(0.6\sim2)\times10^{-4}$
砂质粉土	$(2\sim6)\times10^{-4}$
粉砂	$(6\sim12)\times10^{-4}$

5.5.10 基坑工程周边环境调查的内容应符合本规范第 9.3 节的相关要求。

5.6 动力基础

5.6.1 一般动力基础的勘探孔可结合建(构)筑物勘察进行布置,孔距宜按基础类型确定,必要时可在动力基础部位增布勘探孔。重大动力基础的勘探孔宜单独布置。

5.6.2 勘探孔的深度应根据动力基础埋深、动荷载性质及大小、平面尺寸、基础类型等确定。对于浅埋基础,勘探孔深度应满足天然地基设计要求;对于块体式基础,勘探孔深度应达基础底面以下 1.5~2.0 倍基础宽度;采用桩基时,勘探孔深度应满足桩基设计要求。

5.6.3 应按本规范第 5.2.5 条规定对动力基础进行浅层勘探。

5.6.4 采取原状土样的数量除按本规范第 5.1.4 条规定执行

外,尚应满足测定动力参数的需要。

5.6.5 对于重大的有特殊要求的动力基础,应按工程需要选择相应的室内动力试验或现场动力参数测试,以确定地基土的动力参数。试验方法应符合现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定。

5.6.6 对于一般动力基础,如无特殊要求时,土的剪切波速 ν_s 可根据标准贯入试验实测值按表 5.6.6-1 确定,土的抗压刚度系数 C_z 可按表 5.6.6-2 中的数值确定。抗剪、抗弯、抗扭刚度系数 C_x 、 C_φ 、 C_ψ 可按下列公式(5.6.6-1)~(5.6.6-3)计算:

$$C_x=0.7C_z \tag{5.6.6-1}$$

$$C_\varphi=2.15C_z \tag{5.6.6-2}$$

$$C_\psi=1.05C_z \tag{5.6.6-3}$$

式中 C_x 、 C_φ 、 C_ψ 的单位均为 kN/m^3 。

表 5.6.6-1 土的剪切波速 ν_s 值

土层名称	褐黄色黏性土	灰色淤泥质黏性土	灰色粉性土	灰色黏性土	暗绿色草黄色黏性土	草黄色砂质粉土粉砂
埋藏深度(m)	<4	4~20	15~24	20~45	25~35	30~45
N(击)	<3	<3	2~9	5~15	12~29	15~35
ν_s (m/s)	90~130	100~160	110~185	160~220	180~290	230~340

- 注:1. 上表适用于滨海平原区;
2. 浅层土 N 较低时,剪切波速 ν_s 取低值;
3. 表中 N 系标准贯入试验实测值。

表 5.6.6-2 土的抗压刚度系数 C_z

土层名称	褐黄色 黏性土		灰色淤泥质 黏性土、黏质粉土				灰色砂质粉土			
埋藏深度 (m)	0~ 1.5	1.5~ 4.0	2.5~ 4.0	4.0~ 6.0	6.0~ 8.0	8.0~ 10.0	2.5~ 4.0	4.0~ 6.0	6.0~ 8.0	8.0~ 10.0
$C_z(\text{kN/m}^3)$	23000	19000	16000	21000	26000	30000	20000	24000	29000	34000

注:1. 表中所列 C_z 值适用于基础底面积 A 大于等于 20m^2 的基础;当 A 小于 20m^2 时,表中数值应乘以 $\sqrt[3]{20/A}$ (A 为基础底面积, m^2);

2. 当地下水位上升到基础底面时,在黏性土中 C_z 降低 15%,在粉性土中 C_z 降低 10%。

5.7 既有建筑物的加层或加固

5.7.1 宜详细搜集既有建筑物的勘察、设计、施工和变形观测资料,当已有勘察资料不能满足既有建筑物的加层或加固设计要求时,应根据加层或加固方案有针对性地选择恰当的勘察手段,合理布置勘察工作量。

5.7.2 勘探孔宜在原基础部位布置,无条件时,可紧邻基础外侧布置,以重点查明建筑物基础下地基土的变化及土层强度的增长情况。

5.7.3 在一倍基础宽度的深度范围内采取原状土样的间距宜为 0.5m ,以下宜为 1m 。必要时可进行载荷试验,载荷试验深度应与基础埋深相一致。当可能采用桩基础加固时,原位测试或取土要求尚宜满足桩基设计的要求。

5.7.4 除应提供常规物理力学性质指标外,对主要压缩土层宜提供先期固结压力 p_c 、超固结比 OCR 及固结系数(c_v 、 c_h)等。

6 市政工程勘察

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于给排水工程、道路工程、桥涵工程、管道工程、隧道工程与轨道交通工程、堤岸工程、大面积堆土工程、废弃物处理工程和污染土处置工程的岩土工程勘察。

6.1.2 应在充分搜集、整理、分析利用已有勘察资料的基础上,根据不同勘察阶段、市政工程的类型及等级综合确定勘察工作量,以取得符合各类市政工程勘察要求的勘察成果。

6.1.3 勘探孔的类别和原位测试孔的比例应符合本规范第5.1.3条的要求。

6.1.4 勘探孔深度应满足地基基础设计及施工工法的要求。控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的1/3。

6.1.5 市政工程中的线状工程,每一个工程地质单元中各主要土层原状土试样或原位测试数据不宜少于6个。

6.1.6 当场地分布对工程有影响的承压含水层时,部分勘探孔深度应揭露承压含水层,其稳定水位的量测要求应符合本规范第12.2节的相关要求。

6.1.7 当地下工程施工影响范围内存在可生储气地层时,应调查浅层天然气的分布、特性等。

6.1.8 盾构法隧道、堤岸、基坑等工程,对可能影响工程建设与运营期安全的钻孔,应采用黏土球或水泥浆进行封孔处理。

6.1.9 对工程有重大影响的不良地质作用、复杂的水文地质条件及周边环境因素等,应进行专项调查或勘察工作。

6.2 给排水工程

6.2.1 本节适用于厂区水处理构筑物、泵房以及取排水构筑物的勘察。厂区建筑工程的勘察宜按本规范第5章有关规定执行,厂区进水管道的勘察宜按本章第6.5节相关规定执行。

6.2.2 给排水工程等级可根据净水厂、处理厂与泵站规模按表6.2.2确定。

表 6.2.2 给排水工程等级

工程等级 建设 项 目		大型	中型	小型
给水工程	净水厂	≥ 10	5~10	< 5
	泵站	≥ 20	5~20	< 5
排水工程	处理厂	≥ 8	4~8	< 4
	泵站	≥ 10	5~10	< 5

注:单位为万立方米/日。

6.2.3 初步勘察勘探孔可按方格网布置,间距宜为100m~200m。各主要的单独建(构)筑物宜有勘探孔控制。勘探孔深度应根据建(构)筑物性质及地基土条件综合确定,并满足设计方案比选要求。

6.2.4 详细勘察勘探孔布置应符合下列规定:

1 厂区水处理构筑物,勘探孔宜沿周边布置,主要的转角处宜有勘探孔控制,大面积水处理构筑物,基础范围内宜布置勘探孔。勘探孔间距可根据基础类型按本规范第5章有关规定确定;

2 取水头部(排放口),勘探孔布置应根据建筑面积和场地条件确定,孔距宜为20m~35m,且不应少于2个勘探孔;

3 泵房勘探孔布置应根据建筑面积和场地条件确定。建筑面积小于等于 200m^2 的泵房,勘探孔可为 1~2 个;建筑面积大于 200m^2 的泵房,勘探孔不宜少于 2 个。泵房与管道接头处宜布置勘探孔。

6.2.5 详细勘察勘探孔深度应根据下列情况确定:

1 厂区水处理构筑物勘探孔深度应按其基础形式,并考虑空载期的抗浮以及地基处理等要求综合确定。控制性勘探孔深度应满足地基变形计算要求。桩基一般性勘探孔深度宜为桩端下 3~5 倍桩径,且不小于 3m;天然地基一般性勘探孔深度宜取 0.6~0.8 倍基础宽度或直径;

2 取水头部(排放口)采用排架桩时,勘探孔深度不宜小于桩端下 3m;采用其他基础形式时,勘探孔深度不应小于基础底面下 5m;

3 开槽式泵房勘探孔深度不宜小于开挖深度的 2.5 倍;岸边泵房勘探孔深度宜达到岸坡稳定验算深度下 3m~5m;采用沉井基础泵房,勘探孔深度宜为沉井深度加 0.5~1.0 倍基础宽度或井径,且不小于沉井刃脚以下 5m。同时各类泵房尚应满足不同基础类型及施工工法对孔深的要求。

6.3 道路工程

6.3.1 本节适用于一般道路、高填土道路的岩土工程勘察。

6.3.2 可行性研究勘察应以搜集资料、踏勘为主,必要时可布置适当的勘探工作量。

6.3.3 初步勘察应在搜集资料及调查的基础上,沿拟定线路布置勘探孔,勘探孔间距宜为 400m~500m,勘探孔深度应根据道路性质及地基土条件综合确定。高填土道路勘探孔深度宜进入中

低压缩性土层,古河道区不宜小于 40m。

6.3.4 详细勘察勘探孔布置应符合下列规定:

1 勘探孔可沿道路中心线布置或沿道路两侧交叉布置,各交叉路口及道路与桥梁接坡处应布置勘探孔。广场、停车场可按方格网布置勘探孔;

2 一般道路勘探孔间距宜为 200m~400m,高填土道路、广场及停车场的勘探孔间距宜为 100m~200m;

3 宜采用搜集资料、现场踏勘等方法调查沿线是否存在暗浜、厚层填土等不良地质条件,并有针对性地布置小螺旋钻孔进行探查,必要时可布置静力触探孔、轻便动力触探等查明填土的性质。

6.3.5 详细勘察勘探孔深度应根据道路等级及地基土性质确定,并应符合下列要求:

1 一般道路勘探孔深度应至地面以下 5m;

2 高填土道路勘探孔深度应满足稳定验算、地基处理和变形计算要求,广场、停车场孔深应根据设计要求确定;

3 对暗浜、厚层填土等不良地质条件分布区,孔深应进入正常沉积土层不少于 0.5m。沿线穿越的明浜,宜测量河床断面,并查明淤泥厚度。

6.3.6 详细勘察采取土试样和试验工作应符合下列要求:

1 地表下 3.0m 深度范围内取土间距宜为 0.5m;

2 高填土道路除进行常规试验外,尚宜进行承载比(CBR)试验、固结试验(提供 c_v 、 c_h)。必要时宜对饱和软黏性土进行现场十字板剪切试验或室内三轴不固结不排水压缩试验、无侧限抗压强度试验及高压固结试验;

3 高填土路基工程,应对填筑土料进行击实试验,测定其最

优含水量和最佳干重度。

6.3.7 对原有道路的拓宽、加固工程,应充分利用已有勘察资料。当已有资料不能满足设计要求时,可参照本节规定进行勘察。工程需要时,宜进行原有道路状况和路面结构的专项调查,分析路基病害原因,并提出防治措施的建议。

6.4 桥涵工程

6.4.1 本节适用于桥梁、立交桥、高架桥、人行天桥、涵洞等岩土工程勘察。

6.4.2 桥涵等级分类可按表 6.4.2 确定。

表 6.4.2 桥梁涵洞分类

桥涵分类	多孔跨径总长 $L(\text{m})$	单孔跨径 $L_K(\text{m})$
特大桥	$L>1000$	$L_K>150$
大桥	$100\leq L\leq 1000$	$40\leq L_K\leq 150$
中桥	$30<L<100$	$20\leq L_K<40$
小桥	$8\leq L\leq 30$	$5\leq L_K<20$
涵洞	—	$L_K<5$

6.4.3 特大桥可行性研究勘察应以搜集资料、踏勘调查为主,必要时可布置少量的勘探工作量。

6.4.4 初步勘察的勘探线应与桥轴线方向一致,勘探孔宜结合桥墩布置在轴线两侧,勘探孔间距宜为 100m~200m。勘探孔深度应根据桥涵分类及地基土条件综合确定,特大桥和大桥控制性勘探孔深度分别不宜小于 90m 和 70m。

6.4.5 详细勘察勘探孔布置应符合下列要求:

1 勘探孔宜按墩台布置,勘探孔数量应结合桥涵分类按表 6.4.5—1 确定;

表 6.4.5—1 桥涵详勘勘探孔布置

桥涵分类	勘探孔数量	备 注
特大桥	每一主要墩台不宜少于 4 个	桥宽小于 15m 时,主要墩台的勘探孔数量可适当减少
大桥	每一主要墩台不宜少于 2 个	
中桥	每座桥梁不宜少于 4 个	—
小桥	每座桥梁不宜少于 2 个	人行天桥勘探孔布置可参考小桥
涵洞	不宜少于 1 个	—

2 高架桥、立交桥、特大桥和大桥的引桥应根据桥梁结构类型、跨径、墩台及桥宽等,按表 6.4.5—2 布置勘探孔;

表 6.4.5—2 高架桥详勘勘探孔布置

桥梁结构	单孔跨径 $L(m)$	勘探孔布置
简支梁	$L < 25$	可隔墩布置勘探孔
	$L \geq 25$	宜每墩布置勘探孔
连续梁	$L < 18$	可隔墩布置勘探孔
	$L \geq 18$	宜每墩布置勘探孔

注:1. 上表适用于桥宽 $<35m$ 的桥梁,桥梁宽度 $\geq 35m$ 宜每墩布置;

2. 立交匝道交汇处可按场地控制布置勘探孔,并兼顾承台位置,孔距宜为 20m~35m;

3. 2 个或 2 个以上承台组成的墩台,当承台外边线距离 $\geq 40m$ 时,每一墩台不宜少于 2 个勘探孔。

3 当相邻勘探孔揭示的地层变化较大,且影响基础设计和施工时,应按墩台适当加密勘探孔。

6.4.6 详细勘察勘探孔深度应按下列要求确定：

1 控制性勘探孔深度应满足地基稳定性分析与变形计算要求,特大桥及单孔跨径大于等于 100m 大桥的主要墩台控制性勘探孔数量不宜少于总孔数的 1/2;

2 采用桩基的桥梁工程,一般性勘探孔深度不宜小于桩端下 3m;对大直径桩,则不宜少于 5m,且不少于 4 倍桩径;

3 河床中设置墩台时,勘探孔深度应同时满足抗冲刷验算要求;

4 涵洞勘探孔深度宜达基础底面以下 3m~5m。

6.4.7 结构复杂和单孔跨径大于等于 100m 的大桥、特大桥宜进行波速试验或共振柱试验,提供土层的动力参数。

6.4.8 大型桥墩承台基础埋深大于 3.0m 时,应满足基坑工程勘察要求。

6.5 管道工程

6.5.1 本节适用于室外给排水管道、综合管沟、输油输气管道工程的岩土工程勘察。

6.5.2 管道工程可分为四类:Ⅰ开槽埋设的管道(含综合管沟)、Ⅱ顶管及定向钻进施工的管道、Ⅲ盾构施工管道、Ⅳ架空管道。Ⅲ类管道勘察可参照本章第 6.6 节中隧道工程执行,Ⅳ类管道勘察可参照本章第 6.4 节中、小桥执行。

6.5.3 Ⅰ类管道勘探孔可沿管道中心线布置。Ⅱ类管道勘探孔应在管道中心线两侧 5m~10m(水域 8m~15m)范围内交叉布置,不宜布置在管道顶进(或钻进)范围内。管道穿越河道或主要道路时,在河道或道路两侧宜布置勘探孔;管道转折点、取水头部(排放口)均需布置勘探孔。

6.5.4 管道工程勘探孔间距可按管道类别、规模、埋深及地基条件综合确定。初步勘察阶段的勘探孔间距应符合下列要求：

1 对Ⅰ类开槽埋设的管道，勘探孔间距宜为 200m~400m；综合管沟勘探孔间距宜为 100m~200m；

2 对Ⅱ类顶管或定向钻进施工的管道，勘探孔间距宜为 100m。

6.5.5 详细勘察阶段的勘探孔间距应符合下列要求：

1 对Ⅰ类开槽埋设的管道，勘探孔间距宜为 100m~200m；综合管沟勘探孔间距宜为 50m~100m；

2 对Ⅱ类顶管或定向钻进施工的管道，勘探孔间距宜为 30m~50m；管道长度小于 50m 时，勘探孔数量不宜少于 2 个。顶管井勘探孔宜沿周边或角点布置，当边长或直径大于等于 10m 时，顶管井勘探孔数量不宜少于 2 个；

3 倒虹管勘探孔不宜少于 2 个。

6.5.6 勘探孔深度宜按下列要求确定：

1 Ⅰ类管道勘探孔深度宜为 2.5 倍开挖深度，且不小于管道底以下 3m；

2 Ⅱ类管道勘探孔深度宜达管道底以下 1.5 倍管径，且不小于 5m。顶管井勘探孔深度宜根据基础形式、施工工法，分别参照基坑、沉井的勘察要求确定；

3 当管道基底土层为可能产生流砂、液化土层时，勘探孔宜适当加深或予以钻穿。

6.5.7 原位测试和土工试验应符合下列要求：

1 对于Ⅰ类和Ⅱ类管道应提供固结快剪、渗透试验参数；

2 当Ⅰ类管道埋深大于 7m 时，宜提供软黏土的三轴不固结不排水抗剪强度参数，必要时提供十字板剪切强度参数；

3 对Ⅱ类管道,应采取水样进行水质分析,测定地下水的pH值、氯离子、硫酸根离子等含量;

4 对顶管井的原位测试及试验项目可根据施工工法参照基坑、沉井的勘察要求进行;

5 输油、输气金属管道宜每隔2km,测定地层电阻率。

6.5.8 对管道沿线分布的暗浜(塘),宜在调查的基础上有针对性地采用小螺纹孔查明其分布情况;对管道穿越的明浜(塘),应进行河床断面测量,提供地表水水位及淤泥厚度等。

6.6 隧道工程与轨道交通工程

6.6.1 本节适用于道路隧道及工作井、轨道交通的区间隧道及地下车站的岩土工程勘察。对轨道交通工程中高架桥的勘察可参照本章6.4节桥涵工程有关规定执行。明挖法隧道、隧道与地面接坡开挖段、沉管法隧道干坞部分的勘察可参照本规范第5.5节基坑工程有关规定执行。地面车站、主变电站、车辆设施及综合基地的勘察可参照本规范第5章有关规定执行。

6.6.2 可行性研究勘察应符合下列规定:

1 充分搜集并利用工程沿线已有勘察资料,利用勘探孔与拟建线路的轴线距离宜小于等于50m;

2 勘探孔间距宜为400m~500m,且沿线每一地貌单元或工程地质单元不应少于1个勘探孔;

3 勘探孔深度不宜小于50m,且应穿越软土层进入中低压缩性土层。

6.6.3 初步勘察应符合下列规定:

1 盾构法隧道的勘探孔宜在隧道边线外侧小于等于10m的范围内交叉布置,孔位应尽量避免避开结构线可能调整的范围。勘探

孔间距宜为 100m~200m,当地基土分布复杂或设计有特殊要求时,勘探孔可适当加密。勘探孔深度不宜小于隧道底以下 2.5 倍隧道直径;

2 地下车站勘探孔间距宜为 100m,且每个车站不宜少于 3 个勘探孔;工作井及单独布置的风井不宜少于 1 个勘探孔;车站与工作井勘探孔深度不宜小于 2.5 倍开挖深度,且满足基础设计要求;

3 沉管法隧道勘探孔可沿隧道轴线或边线布设,间距宜为 100m~200m,且每个拟建工点均应有勘探点;勘探孔深度不宜小于隧道底板以下 1.0 倍底板宽度且不宜小于河床下 40m。

6.6.4 盾构法隧道详细勘察应符合下列规定:

1 勘探孔应在隧道边线外侧 3m~5m(水域 6m~10m)范围内交叉布置;

2 当上行、下行隧道内净距离大于等于 15m 时或当上行、下行隧道外边线总宽度大于等于 40m 时,宜按单线分别布置勘探孔;

3 勘探孔间距(投影距)宜为 50m,水域段勘探孔间距(投影距)不宜大于 40m;当地层变化较大且影响设计和施工时,应适当加密勘探孔;

4 连接通道位置应单独布置横剖面,且不少于 2 个勘探孔;

5 一般性勘探孔深度不宜小于隧道底以下 1.5 倍隧道直径,控制性勘探孔深度不宜小于隧道底以下 2.5 倍隧道直径;

6 连接通道位置勘探孔深度宜为隧道底以下 2~3 倍隧道直径,施工工法有特殊要求时,可适当加深;

7 在隧道开挖范围内取土样和原位测试点间距宜为 1m~2m。

6.6.5 地下车站与工作井详细勘察应符合下列要求：

1 车站、工作井勘探孔间距宜为 20m~35m,车站端头部位应设置横剖面,且不少于 2 个勘探孔,工作井不宜少于 2 个勘探孔；

2 车站与工作井一般性勘探孔深度不宜小于 2.5 倍开挖深度,并应同时满足不同基础类型及施工工法对孔深的要求；控制性勘探孔深度应满足变形验算要求；

3 车站端头部位、工作井盾构进出洞端宜选取 2 个钻探孔在隧道开挖面的上下 2m 范围内连续取土；

4 可采用综合勘探方法探明车站、工作井部位的暗浜(塘)的分布。遇明浜(塘)时,应量测河床断面及淤泥厚度。

6.6.6 沉管法隧道详细勘察应符合下列要求：

1 勘探孔可沿隧道轴线和边线布设,当沉管隧道宽度小于等于 30m 时,宜沿隧道边线布置；当宽度大于 30m 时,宜在隧道边线及中心线布置,孔距宜为 35m~50m。采用桩基础时,孔距宜小于等于 35m。工程需要时,可根据设计要求在成槽浚挖范围内适当布孔；

2 一般性勘探孔深度不宜小于隧道底以下 0.6 倍底板宽度且不小于河床下 30m,控制性勘探孔深度不宜小于隧道底板下 1.0 倍底板宽度且不小于河床下 40m。采用桩基础时,孔深按桩基勘察要求进行。

6.6.7 对明开挖的区间隧道、地铁出入口通道,当地基土分布较稳定且隧道总宽度小于等于 20m 时,可按轴线投影布置,孔距(投影距)宜为 20m~35m。隧道总宽度大于 20m 时,宜沿其两侧边线分别布置勘探孔,孔距宜小于等于 35m。

6.6.8 穿越河床的隧道应进行专项的水文分析及河势调查工

作,对沉管法隧道尚应进行专项的河床冲、淤速率调查。

6.6.9 工程需要时,应进行下列室内特殊试验和原位测试项目:

1 进行室内渗透试验及现场抽(注)水试验,提供土层的渗透系数;

2 工程影响范围内有承压含水层分布时,应测定承压水头;

3 进行无侧限抗压强度试验、三轴压缩试验、十字板剪切试验,提供软黏性土的不排水抗剪强度指标;

4 进行颗粒分析试验,提供颗粒分析曲线、土的不均匀系数 d_{60}/d_{10} 及 d_{70} ;

5 车站应布置土层电阻率测试,测试深度宜至结构底板下 5m,接地有特殊要求时,可根据设计深度要求进行;

6 布置旁压试验、扁铲侧胀试验等,提供土的静止侧压力系数、基床系数;必要时,宜进行波速测试、室内土的动力试验,以提供地基土的动力参数;

7 采用冻结法施工时应测定相关土层的热物理指标。必要时宜进行专项勘察,提供各工况下相关土层的强度参数。

6.7 堤岸工程

6.7.1 本节适用于防汛堤岸的岩土工程勘察。

6.7.2 堤岸根据结构型式,可分为斜坡式堤岸、重力式堤岸、桩式堤岸三类。

6.7.3 初步勘察应在充分搜集资料、调查研究的基础上,沿堤岸线布置勘探孔,孔距宜为 200m~400m,勘探孔深度宜为 20m~40m。

6.7.4 详细勘察应符合下列规定:

1 纵断面上勘探孔应沿堤岸线或平行堤岸线布置,堤岸走

向转折及结构型式变化处应布置勘探孔,孔距宜按表 6.7.4—1 确定;并应选择代表性地段布置垂直于堤岸线的横剖面,横剖面的间距宜为堤岸纵剖面上勘探孔间距的 2~4 倍,每一横剖面线上勘探孔不宜少于 3 个,孔距不宜大于 30m;

表 6.7.4—1 勘探孔间距

堤岸类别	孔距(m)
斜坡式	100~200
重力式	50~100
桩式	≤50

注:当长距离的堤岸位于空旷区域,且环境保护要求不高时,勘探孔间距可适当放宽。

2 勘探孔深度应满足渗流与稳定分析的要求,可根据堤岸类别按表 6.7.4—2 确定。工程需要时,勘探孔深度尚应满足沉降计算要求;

表 6.7.4—2 勘探孔深度

堤岸类别	孔深(m)
斜坡式	$(2.0\sim3.0)H$
重力式	$(3.0\sim4.0)b$
桩式	桩端下 3.0m

注: H 为堤高(m); b 为基础宽度(m)。

6.7.5 为满足堤岸边坡稳定性分析,除提供土层固结快剪指标外,还可根据不同工况提供三轴压缩试验指标。

6.7.6 堤岸基础底面与地基土之间的摩擦系数 f 值,无试验资料时,可按表 6.7.6 中数值选用。

表 6.7.6 摩擦系数 f 经验值

地 基 土 类 别		摩擦系数 f
黏性土	流塑	0.15~0.20
	软塑	0.20~0.25
	可塑	0.25~0.30
	硬塑	0.30~0.35
粉性土	稍密	0.25~0.30
	中密	0.30~0.35
	密实	0.35~0.40
粉、细砂	松散	0.25~0.30
	稍密	0.30~0.35
	中密	0.35~0.40
	密实	0.40~0.45

6.7.7 堤岸工程勘察中,尚需进行下列室内特殊试验:

- 1 颗粒分析试验,提供土的不均匀系数 d_{60}/d_{10} 及 d_{70} ;
- 2 提供土层的渗透系数。

6.8 大面积堆土工程

6.8.1 本节适用于堆土高度在 2.5m 以上的大面积堆土工程的岩土工程勘察。

6.8.2 大面积堆土工程勘察前宜搜集下列资料:

- 1 堆土的物质来源、填料土性、堆填方式;
- 2 堆土的范围、高度、坡度;

- 3 已有的工程地质资料；
 - 4 周边环境条件等。
- 6.8.3** 大面积堆土工程的勘察宜包括下列内容：
- 1 查明堆土影响深度范围内各土层的分布特征；
 - 2 查明场地地下水水位、补给与排泄条件；
 - 3 查明场地明浜(塘)等不良地质条件；
 - 4 提供地基土的强度、渗透性及变形参数；
 - 5 根据堆土方案,评价地基及堆土边坡的稳定性,预测地基变形；
 - 6 根据堆土方案、地基土条件及环境条件,提出地基处理和环境保护的建议。
- 6.8.4** 大面积堆土工程可直接进行详细勘察。勘察孔间距宜为50m~100m,勘察的平面范围宜扩展到堆土区外围2~3倍堆土高度;对拟采用地基处理或堆土范围较小的工程,勘察孔间距可适当减小。
- 6.8.5** 大面积堆土工程勘探孔深度应满足地基稳定和变形分析的要求,可根据堆土高度和地基土分布状况参照表6.8.5确定。

表 6.8.5 勘探孔深度

堆土高度(m)	勘探孔深度(m)
2.5~4	30~35
4~6	35~45
6~8	45~55
≥8	55~60

注:当大面积填土采用轻质材料时,可根据实际的荷重条件估算孔深。

- 6.8.6** 大面积堆土工程宜进行下列室内特殊试验及原位测试

项目：

- 1 无侧限抗压强度试验、三轴压缩试验(UU、CU)；
- 2 渗透试验；
- 3 固结试验(提供 c_v 、 c_h)；
- 4 工程需要时,宜进行主要土层的先期固结压力试验；
- 5 饱和软土的现场十字板剪切试验。

6.9 废弃物处理工程

6.9.1 本节适用于新建、改(扩)建垃圾填埋场、工业废渣堆场的勘察,不适用于核废料填埋场和垃圾焚烧厂的勘察。

6.9.2 废弃物处理工程勘察前宜搜集下列资料：

- 1 废弃物类型、成分、日处理量、堆填方式与要求；
- 2 堆填容量和使用年限；
- 3 防渗结构的变形要求；
- 4 区域气象、水文资料；
- 5 场地及附近已有的工程地质与水文地质资料；
- 6 场地及周围的环境保护要求。

6.9.3 废弃物处理工程的岩土工程勘察宜包括下列内容：

- 1 查明场地工程地质条件和水文地质条件；
- 2 分析评价地基土的强度、变形、渗透特征；
- 3 分析评价场地、地基和自然边坡的稳定性；
- 4 评价场地和地基的地震效应；
- 5 新建项目,应进行建设场地地基土和水环境(背景值)调查;扩建或改建工程,应根据原有环境资料和调查资料,判断场地地基土和水是否受污染、污染种类及污染程度,并提出预防建议；
- 6 填埋场工程,需评价基坑突涌的可能性,并提出相关

建议。

6.9.4 废弃物处理工程的勘察可分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察。工程需要时,可进行选址勘察。

6.9.5 选址勘察以收集资料和踏勘为主,对拟选场址的稳定性和适宜性进行初步比较,提出推荐场址的建议。

6.9.6 可行性研究勘察宜采取踏勘、调查手段,必要时布置少量勘探工作,对拟选场地的稳定性和适宜性作出评价。

6.9.7 初步勘察应在充分搜集、利用场地及附近已有资料的基础上,进行必要的钻探、原位测试、室内试验,对工程适宜性和拟建工程的总平面布置等进行评价,并提出建议。勘探孔的间距宜为 200m~300m,勘探孔深度应满足稳定、变形、渗漏分析计算要求且不宜小于 40m。

6.9.8 详细勘察应采用钻探、原位测试和室内试验等手段,获取设计所需参数,对不稳定地段和环境的影响进行评价,并提出设计、治理、检测和监测的建议。勘探孔间距和深度宜根据堆填方式、荷载和地基土条件等综合确定,并符合下列要求:

1 勘探孔间距宜为 50m~100m,与稳定、渗漏有关的关键性地段可适当加密勘探孔;

2 勘探孔的深度应能满足稳定、变形、渗漏分析计算要求;

3 已受到污染场地的勘察,其勘察工作量尚应满足本章第 6.10 节的相关要求。

6.9.9 工程需要时,根据任务委托可开展专项勘察或提出专题研究的建议,内容宜包括:

1 调查污染物的运移,评价污染对环境的影响;

2 分析预测暴雨和地质灾害对垃圾堆体、坝体的影响,预测垃圾堆体和垃圾坝发生垮塌、滑坡、沼气爆炸、污水泄漏等突发事

件可能造成的影响,提出对策或建议。

6.10 污染土处置工程

6.10.1 本节适用于工业污染土和垃圾填埋场渗滤液污染土处置工程的勘察,不适用于核废料污染土处置工程的勘察。

6.10.2 勘察前宜搜集下列资料:

- 1 污染源、污染史、污染途径、污染物成分;
- 2 污染场地已有建(构)筑物受影响的程度;
- 3 拟建工程的结构与基础类型、基础埋深、可能采用的施工工法等;
- 4 已有的工程地质与水文地质资料;
- 5 周边环境现状与保护要求。

6.10.3 污染土处置工程的勘察宜包括下列内容:

- 1 查明污染土(水)的分布规律;
- 2 查明污染土的物理力学性质,评价污染对土的工程特性指标的影响程度;
- 3 评价污染土(水)对建筑材料的腐蚀性。

6.10.4 污染土处置工程的勘察可分为初步勘察和详细勘察。

6.10.5 初步勘察可结合常规勘察进行。应以现场调查为主,在污染源附近及可能的影响范围内布置勘探测试孔,查明污染源、污染途径,初步查明污染土的分布和污染程度。勘探点间距宜为50m~100m,勘探点深度应穿透污染土并满足常规勘察的要求。

6.10.6 详细勘察应进一步查明污染土的分布范围、物理力学性质,为污染土处置提供必要的参数。勘探工作量的布置应根据污染土分布、已建或拟建工程性质、可能采用的处置与修复方法综合确定,并符合下列要求:

1 近污染源处勘探点间距宜为 10m~30m,远污染源处勘探点间距宜为 30m~50m,确定污染土与非污染土边界时,勘探点间距不宜大于 10m;

2 勘探点深度应穿透污染土,并满足污染土评价与处置要求;

3 确定污染土与非污染土界线时,取土间距不宜大于 1m。

6.10.7 应采取不同深度的地下水样,查明污染物在地下水中的空间分布。同一钻孔采取不同深度地下水试样时,应采取严格的隔离措施。

6.10.8 工程需要时,可根据任务委托要求开展污染土的专项勘察工作,内容宜包括:

1 评价污染土(水)对环境的影响;

2 分析污染发展趋势;

3 提出污染土的处置与修复建议。

7 港口及水利工程勘察

7.1 一般规定

7.1.1 本节适用于港口工程及水利工程的岩土工程勘察。水利工程的堤岸勘察可参照本规范 6.7 节执行。

7.1.2 工程需要时,港口工程淤泥和淤泥质土的定名可按行业标准《港口岩土工程勘察规范》JTS 133-1 执行;疏浚工程黏性土的附着力试验宜按行业标准《疏浚岩土分类标准》JTJ/320 执行。

7.1.3 勘探孔宜以取土孔、取土标贯孔和静力触探孔为主,不宜采用鉴别孔。航道、港池和锚地区等水域区原位测试孔可以标准贯入试验孔为主,工程需要时,也可采用工程物探方法。采取原状土试样的孔数不宜少于勘探孔总数的 $1/3$ 。

7.2 港口工程

7.2.1 本节适用于码头、船坞、港池、防波堤及施工围堰等工程的岩土工程勘察。

7.2.2 可行性研究勘察应在搜集资料的基础上,根据工程要求、拟建主体建(构)筑物的初步位置和土层条件等布置勘探工作量,勘探孔间距宜为 $300\text{m}\sim 500\text{m}$,勘探孔宜以控制性孔为主,孔深宜满足稳定性与变形计算的要求。

7.2.3 初步勘察应符合下列要求:

1 勘探孔宜沿垂直岸线或平行于水工建(构)筑物长轴方向布置,勘探孔的间距可根据工程类型、地质条件按表 7.2.3 确定,岸边地段勘探孔间距宜适当加密;

表 7.2.3 初步勘察勘探孔间距

工 程 类 型	勘探孔间距(m)
水工建(构)筑物区	100~200
港池及锚地区	200~300
防波堤区、施工围堰	

2 勘探孔深度应根据工程规模、设计要求和土层条件确定。一般性勘探孔深度宜进入主要受力层一定深度,控制性勘探孔深度须穿透软土层并满足地基变形计算的要求,且应满足设计方案比选的要求。

7.2.4 详细勘察应符合下列要求:

1 不同类型构筑物的勘探孔间距宜按表 7.2.4 确定;

表 7.2.4 详细勘察勘探孔间距

工 程 类 型			勘探孔间距或数量	备 注
码 头	斜坡式		50m~100m	沿平行岸线方向布置
	高桩式		30m~50m	沿构筑物长轴方向布置
	栈桥	桩基		沿栈桥中心线布置
		墩基	每墩至少 1 个孔	—
	墩式		每墩至少 1 个孔	—
	板桩式		30m~50m	沿板桩轴线方向布置
	重力式		50m~75m	沿基础长轴方向布置
	单点或多点系泊式		20m~35m	按沉块和桩的分布范围布置

续表 7.2.4

工 程 类 型		勘探孔间距或数量	备 注
修造船 建(构)筑 物	船坞	30m~50m	—
	滑道	30m~50m	按平行滑道中心线布置
	船台	50m~75m	按网格状布置
防波堤		70m~100m	—
施工围堰		70m~100m	—

注:相邻勘探孔土层变化较大且影响设计与施工方案选择时,应加密勘探孔。

2 对需要进行稳定性验算的线状构筑物应布置横断面,横断面的间距宜为纵剖面线上勘探孔间距的 2~4 倍。每一横断面上勘探孔不宜少于 3 个,孔距宜为 10m~30m;

3 对桩基工程,一般性勘探孔深度不宜小于桩端下 3m;控制性勘探孔深度不宜小于桩端下 10m,工程需要时,尚应满足变形验算要求。控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的 1/4;

4 对斜坡式码头、重力式码头和防波堤工程,孔深应满足稳定性和变形验算的要求。

7.2.5 港口工程应进行下列室内特殊试验和原位测试项目:

1 相关土层的渗透试验,工程需要时宜进行现场抽(注)水试验;

2 对深基坑开挖工程,当影响范围内有承压水分布时,应观测承压水头;

3 不同工况条件下稳定性分析时,宜提供土层的三轴压缩试验(UU、CU)指标;

4 工程需要时,宜进行现场十字板剪切试验。

7.3 水闸工程

7.3.1 本节适用于水闸工程的岩土工程勘察。

7.3.2 初步勘察宜沿水闸轴线布置勘探纵剖面,大中型水闸应布置横剖面。每条剖面上不宜少于3孔,孔距宜为50m~100m。当河床存在冲刷深槽时,深槽部位宜布置勘探孔。

7.3.3 初步勘察的勘探孔宜以控制性孔为主,勘探孔深度应根据水闸性质及土层条件综合确定。

7.3.4 详细勘察宜沿水闸轴线及其上下游、防冲消能段、翼(导)墙等布置勘探剖面,孔距宜为20m~50m。大中型水闸纵、横勘探剖面数量均不宜少于3条,小型水闸的勘探剖面数量可适当减少。

7.3.5 详细勘察勘探孔深度应满足地基稳定性分析、抗渗设计及地基变形计算的要求。不同基础类型的勘探孔深度应符合下列规定:

1 采用天然地基时,一般性勘探孔进入基础底面以下的深度不宜小于底板宽度的1.5~2.0倍,且宜穿过浅部相对透水层和淤泥质土层。控制性孔深度应满足天然地基沉降计算的要求;

2 采用桩基础时,一般性勘探孔深度不宜小于桩端以下3m,控制性孔深度应满足桩基沉降计算的要求。

7.3.6 水闸工程除应进行常规物理力学性质试验以外,尚应根据工程需要进行下列室内试验及原位测试:

1 三轴不固结不排水压缩试验(UU)、三轴固结不排水压缩试验(CU);

2 回填土料击实试验;

3 现场十字板剪切试验、抽(注)水试验等。

8 场地和地基的地震效应

8.1 一般规定

8.1.1 上海地区的抗震设防烈度、设计基本地震加速度、设计地震分组、各类场地的特征周期和地震影响系数,应按现行上海市《建筑抗震设计规程》DGJ08-9 确定。

8.1.2 岩土工程勘察应根据工程抗震设防类别,进行相应的场地和地基的地震效应分析和评价。

8.1.3 岩土工程勘察报告应提出关于场地稳定性、场地类别、地基液化和软土震陷的评价和处理建议;对需要采用时程分析法计算的建(构)筑物,尚应提供地表以下 100m 深度内的土层剖面、动力参数和基岩埋深。

8.2 场 地

8.2.1 基岩露头或浅埋区以及浅部有硬土层分布的湖沼平原 I-1 区,宜按波速判定场地类别,其余建筑场地属国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 所划分的 IV 类场地。港口、水利工程的场地类别可根据行业标准《水运工程抗震设计规范》JTJ 225 和《水工建筑物抗震设计规范》SL 203 有关规定确定。

8.2.2 湖沼平原 I-1 区根据波速判别场地类别时,应符合下列要求:

1 每个建设场地,测试土层剪切波速孔的数量不宜少于 3 个。单栋高层建筑(≥ 10 层)场地,测试土层剪切波速孔的数量不宜少于 2 个;

2 对丁类建筑及丙类建筑中层数不超过 10 层、高度不超过 24m 的建(构)筑物,可根据土层名称、埋深、性状等,按表 8.2.2 选用剪切波速 v_s 值。

表 8.2.2 湖沼平原 I-1 区土层剪切波速 v_s 值

层序	土层名称	埋深范围 (m)	状态/密实度	ρ_s 范围值 (MPa)	波速范围值 v_s (m/s)
①	填土	<3.5	松散	0.5~2.5	75~130
②	褐黄~灰黄色 黏性土	0.5~3.5	可塑	0.5~1.2	95~135
③ ₁	灰色淤泥质 粉质黏土	2.5~10.0	流塑	0.3~0.7	110~145
		10.0~20.0		0.4~0.8	125~170
③ ₂	灰色粉性土	2.5~10.0	松散~稍密	2.0~2.5	125~175
⑥ ₁	暗绿~草黄色 黏性土	2.5~10.0	可塑~硬塑	1.5~3.5	160~200
		10.0~20.0		2.0~4.0	180~250
⑥ ₂	黄~灰色 粉性土、粉砂	6.0~15.0	稍密~中密	2.0~6.5	160~200
		15.0~20.0		2.5~10.0	180~250
⑥ ₃	灰色黏性土	15.0~20.0	软塑	1.0~2.0	160~230

8.2.3 选择建筑场地时,应根据工程需要,了解地震活动情况、工程地质和地震地质的有关资料,划分抗震有利、一般、不利和危险地段。对不利地段,应提出避开要求;当无法避开时应提出采取有效措施的建议。

8.3 地基液化判别

8.3.1 抗震设防烈度为 7 度的建筑场地,当地面以下 20m 深度范围内存在饱和砂土或砂质粉土时,应判定该土层地震液化的可能性,并确定整个地基的液化等级。

8.3.2 当抗震设防烈度为 6 度时,除甲类建筑和对液化沉降敏感的乙类建筑物外,可不考虑液化影响。

8.3.3 进行地基液化判别时,符合下列条件之一可初判为不液化:

- 1 晚更新世(Q_3)及其以前地层;
- 2 土中黏粒含量百分率大于或等于 10;
- 3 砂质粉土或砂土与黏性土互层时;
- 4 砂质粉土或砂土在场内平均厚度不足 1m;
- 5 天然地基上覆非液化土层厚度超过液化土特征深度 d_0 (砂质粉土为 6m,砂土为 7m,其中应扣除淤泥及淤泥质土层厚度)。

8.3.4 当初步判别认为需进一步进行液化判别时,应根据标准贯入试验或静力触探试验成果,进行土层液化可能性的判别,并确定液化强度比和各液化土层的埋深及厚度。两种试验判别方法同等有效。情况复杂时,可采用综合方法进行分析评价。

8.3.5 用于液化判别的标准贯入试验孔或静力触探试验孔,每个场地不应少于 3 个,勘探孔深度应大于液化判别深度。

8.3.6 当采用标准贯入试验判别时,应采用泥浆护壁钻进,试验点间距宜为 1.0m~1.5m,并应留样做颗粒分析试验(黏粒含量分析采用六偏磷酸钠作为分散剂)。

8.3.7 当实测标准贯入击数 N (未经杆长修正)小于临界标准贯

入击数 N_{cr} 时,应判为可液化土。在地面下 20m 深度范围内,液化判别标准贯入击数临界值可按下式计算:

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{3/\rho_c} \quad (8.3.7)$$

式中 N_{cr} ——液化判别标准贯入击数临界值;

N_0 ——液化判别标准贯入击数基准值,取 7 击;

β ——调正系数,取 0.8;

d_s ——标准贯入试验点深度(m);

d_w ——地下水位埋深(m);

ρ_c ——黏粒含量百分率,小于 3 时取 3。

8.3.8 当单桥探头实测比贯入阻力 p_s 小于临界比贯入阻力 p_{scr} 或双桥探头实测锥尖阻力 q_c 小于临界锥尖阻力 q_{ccr} 时,应判为可液化土。临界比贯入阻力 p_{scr} 或临界锥尖阻力 q_{ccr} 可分别按公式 (8.3.8-1) 或公式 (8.3.8-2) 确定。实测比贯入阻力 p_s 或实测锥尖阻力 q_c 可按每个静力触探试验孔中每米厚度的平均值取用。黏粒含量的取值应真实可靠,对砂质粉土或砂土层中比贯入阻力 p_s 或锥尖阻力 q_c 明显减小的夹层,宜在旁侧采取土试样进行验证。

$$p_{scr} = p_{s0} \left[1 - 0.06d_s + \frac{(d_s - d_w)}{a + b(d_s - d_w)} \right] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (8.3.8-1)$$

$$q_{ccr} = q_{c0} \left[1 - 0.06d_s + \frac{(d_s - d_w)}{a + b(d_s - d_w)} \right] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (8.3.8-2)$$

式中 p_{s0} 、 q_{c0} ——分别为液化临界比贯入阻力基准值和临界锥尖阻力基准值(MPa),可分别取 2.60MPa 和 2.35MPa;

d_s ——静力触探试验点深度(m);

a, b ——系数,分别取 1.0 和 0.75;

其余符号意义同上。

8.3.9 对于存在可液化土层的地基,可按公式(8.3.9-1)、或公式(8.3.9-2)、或公式(8.3.9-3)逐点计算液化强度比 F_{le} ,按公式(8.3.9-4)计算每个钻孔的液化指数 I_{le} ,并按表 8.3.9 综合划分地基液化等级。

$$F_{le} = \frac{N}{N_{cr}} \quad (8.3.9-1)$$

$$F_{le} = \frac{p_s}{p_{scr}} \quad (8.3.9-2)$$

$$F_{le} = \frac{q_c}{q_{crr}} \quad (8.3.9-3)$$

$$I_{le} = \sum_{i=1}^n (1 - F_{lei}) d_i W_i \quad (8.3.9-4)$$

式中 F_{lei} ——第 i 试验点的液化强度比,当 $F_{lei} > 1.0$ 时,取 $F_{lei} = 1.0$;

I_{le} ——液化指数;

p_s, q_c ——分别为实测比贯入阻力和实测锥尖阻力(MPa);

N ——标准贯入击数的实测值;

d_i ——第 i 试验点所代表的土层厚度(m);

W_i ——第 i 试验点所代表土层的埋深权数(m^{-1}),当该层中点深度不大于 5m 时采用 10,等于 20m 时采用零值,5m~20m 时按线性内插法取值;

n ——可液化土层范围内的分层总数。

表 8.3.9 液化等级

液化等级	轻 微	中 等	严 重
液化指数	$0 < I_{le} \leq 6$	$6 < I_{le} \leq 18$	$I_{le} > 18$

8.3.10 评价地基液化等级时,应符合下列规定:

1 在同一地质单元内,各孔判别结果不一致时,可按多数孔的判别结果或以各孔液化指数的平均值确定;

2 当建设场地涉及不同地质单元时,应分区评价。

8.3.11 地基抗液化措施应根据建(构)筑物的抗震设防类别和地基的液化等级,参照表 8.3.11 并结合具体情况予以确定。

表 8.3.11 地基抗液化措施选择原则

抗震设防类别	地基的液化等级		
	轻微	中等	严重
特殊设防(甲类)	(1)	(1)	(1)
重点设防(乙类)	(2)或(3)	(1)或(2)+(3)	(1)
标准设防(丙类)	(3)或(4)	(3)或(2)	(1)或(2)+(3)
适度设防(丁类)	(4)	(4)	(3)或更经济的措施

注:1. 表中(1)——全部消除地基液化沉降的措施,如桩基、加大基础埋置深度、深层加固至液化层下界,挖除全部液化土层等;

(2)——部分消除地基液化沉降的措施,如加固或挖除一部分液化土层等;

(3)——基础和上部结构处理,指减小不均匀沉降或使建(构)筑物较好适应不均匀沉降的措施等;

(4)——可不采取措施。

2. 表中措施未考虑倾斜地层和液化土层严重不均匀的情况。

8.4 场地地震反应分析

8.4.1 当需要采用时程分析法进行抗震设计时,宜进行场地地震反应分析。

8.4.2 勘探孔布置应能控制土层结构和场地内不同工程地质单元,孔深应不小于 100m;当小于 100m 遇基岩时,应进入岩层且满足 $v_s \geq 500\text{m/s}$ 。波速测试孔的数量不应少于 2 个。

8.4.3 应在代表性土层内采取土试样,进行共振柱或动三轴试验,提供土层的剪切模量比与剪应变关系曲线、阻尼比与剪应变关系曲线。

8.4.4 场地地震反应分析的专项工作尚应符合下列规定:

1 可采用一维等效线性化分析模型;

2 基岩地震动输入时,应取基岩地震危险性分析得到的各概率水准的基岩地震反应谱,合成地震波时程。合成时程曲线时,其反应谱的周期控制点数不得少于 50 个,控制点谱的相对误差应小于 5%,并应给出不少于 9 条相互独立的基岩地震动时程;幅值取基岩地震动时程曲线的 50%;当采用上海地区的基岩地震动记录时,应对地震动的幅值按比例法调整;

3 场地地震动参数应包括场地地表和基础埋深处的地震动峰值、地震反应谱和 1 组(不少于 3 条)时程曲线;

4 当设计需要时,可从国内外强震动数据库中选取与上海地区类似地震背景、相同场地类别的天然地震记录,并对地震动的幅值按比例法调整。

8.4.5 对可能发生地震地质灾害(边坡失稳、断层错位)的场地,应进行专项调查与评估工作。

9 工程地质调查与勘探

9.1 一般规定

9.1.1 上海地区各类建筑工程、市政工程、港口和水利工程宜综合运用工程地质调查及适宜的勘探方法查明场地的工程地质条件。

9.1.2 在对建设场地进行工程地质调查的同时,尚应重视对场地周边环境的调查。

9.1.3 应根据场地岩土条件与勘察目的,选择适宜的勘探方法。

9.1.4 进行现场勘探时,应采取有效措施,防止对人身安全造成损害,并避免对地下管线、地下工程和自然环境造成破坏。

9.2 工程地质调查

9.2.1 工程地质调查范围应包括拟建场地及附近相关地段。

9.2.2 工程地质调查应充分搜集、研究已有的地质资料并进行现场踏勘,内容宜包括:

1 搜集已有地质资料,包括查阅各类地质图和工程地质图集、不同时期地形图或河流历史图、近邻工程的勘察资料等;

2 冲填土、素填土、杂填土等的分布范围、回填年代、方法以及物质来源等;

3 已被填埋的河、塘等的分布范围、深度、所填物质及填埋年代;

4 井、墓穴、地下工程、地下管线等分布范围、深度;

5 地下水的类型、埋藏条件、补给来源、水位变化幅度以及

地基土的渗透性等；

6 场地及附近是否存在污染源；

7 港口与水利工程,尚需搜集相关水文资料,包括潮水位变化、水质、冲淤情况等；

8 类似工程和相邻工程的建筑经验。

9.3 周边环境调查

9.3.1 建设单位委托岩土工程勘察时,应明确周边环境调查的要求,并提供包括场地内及周边的地下管线与地下设施、建(构)筑物基础形式、保护建筑等资料;港口和水利工程还需提供相关的海、江、河的水文资料和岸带冲淤情况等。

9.3.2 勘察期间对周边环境的调查,除收集建设单位提供的有关周边环境资料外,尚需调查建设场地周围的建(构)筑物、道路、河流、堆土或其他堆载的分布,邻近工程建设情况等,必要时宜结合照片进行文字说明。

9.3.3 当建设场地周边有涉及优秀历史建筑、有精密仪器与设备的厂房、其他采用天然地基或短桩基础的重要建筑物、轨道交通设施、隧道、防汛墙、共同沟、原水管、自来水总管、煤气总管等重要建(构)筑物和设施时,建设单位应委托专业单位进行专项调查,并提供专项调查报告。

9.4 勘探点定位与高程测量

9.4.1 应根据场地具体条件选择合适的测量仪器和方法进行勘探点定位,并应符合下列规定:

1 场地有固定参照物,并经校核其位置与地形图上位置一致时,可根据该参照物进行量测定位;

2 场地内已布设控制点或界桩,并已知建(构)筑物坐标时,可根据界桩、坐标采用全站仪或经纬仪定位;

3 现场空旷无控制点,当采用 CAD 图解能生成勘探点城市坐标并经核对正确时,可采用 GPS 卫星定位,定位时应与自建基站或上海市专用基站进行实时联网校正;

4 江、海、河上勘探点定位宜根据离岸的远近,选用经纬仪前方交会定位、全站仪或 GPS 卫星定位。

9.4.2 勘探点的位置实地确定后,应有明显的标识,并保证标识点的牢固。

9.4.3 勘探点的孔口标高应采用吴淞高程系统,宜根据市设水准点或市设水准点引测的高程点为基准进行孔口标高测量。孔口标高测量应进行引测线路的闭合计算,闭合差应满足 $\pm 40\sqrt{L}$ mm 要求(L 为测量线路总长度,单位为 km)。在利用 GPS 系统进行勘探点孔口标高测量时,可使用大地水准面精化成果(上海市 VRS 系统)解算孔口标高,必要时宜采用市设水准点对其成果进行校核。

9.4.4 水域勘探孔的孔口标高测量应根据水面高程、水深、验潮资料确定,测量允许误差应小于 ± 5 cm。水位变化大时,孔口标高应由多次水深测量确定,并用下入水中套管的长度作校核。

9.4.5 当实施的勘探孔孔位变动时,宜进行孔口标高和孔位的复测。

9.5 钻 探

9.5.1 钻探方法可根据土层性质和勘探要求选用,在黏性土中可采用螺纹提土器回转钻进,粉性土和砂土中应采用泥浆钻进。对有特殊要求的工程,可采用岩芯管全断面取芯钻进。

9.5.2 对于采取原状土试样或进行原位测试的勘探孔,可按相关技术标准或规定进行。

9.5.3 浅层勘探宜采用小口径螺纹提土器(简称“小螺纹钻”)钻进,不得使用小麻花钻。当浅层杂填土厚,采用小螺纹钻无法实施时,可根据专项委托采用浅层探槽查明土层分布。

9.5.4 钻探机具和钻孔孔径可根据取样或测试要求、土层性质及孔深等情况加以选取,采取土试样孔孔径应大于取土器规格。

9.5.5 钻探工作应符合下列要求:

1 当浅层土松软或杂填土易塌陷影响钻进和取土质量时,可下护孔套管,护孔套管应竖直,插入深度应超过需隔离土层以下 0.5m;

2 当用螺纹提土器回转钻进或泥浆钻进时,回次进尺均不宜大于 2m,并采取芯样,以鉴别土性。泥浆钻进时,宜籍助手感和观察返浆情况,注意变层界线和软弱夹层的深度尺寸并及时取样。小螺纹钻孔每回次进尺不宜大于 0.5m;

3 泥浆钻进采用的泥浆比重宜为 1.1~1.2,并注意含砂量,当含砂量过大时应及时调换;

4 钻进过程中的各项深度量测误差不宜超过 $\pm 5\text{cm}$;

5 工程需要时,可进行钻孔孔斜的测定。

9.5.6 钻探野外记录应符合下列要求:

1 钻探野外记录应由具有专业上岗证的人员担任。记录应认真、及时、详细、真实、按回次逐次记录,不得将若干回次合并记录,严禁事后追记;

2 钻探野外记录应根据芯样外观、切面的肉眼鉴别以及手感等对土层名称、状态、包含物、层理结构等土质特征进行详细描述;

3 工程需要时,可用目力鉴别描述土的光泽反应、摇振反应、干强度和韧性,按表 9.5.6 区分黏性土和粉性土;

表 9.5.6 目力鉴别粉性土和黏性土

鉴别项目	摇振反应	光泽反应	干强度	韧性
粉性土	迅速、中等	无光泽反应	低	低
黏性土	无	有光泽、稍有光泽	高、中等	高、中等

4 当工程有特殊要求时,可选择代表性钻孔分段或全断面留样保存,也可拍摄土芯彩照或揭片保存。

9.5.7 钻探结束待地下水位稳定后,应测量孔内潜水水位埋深。当水位埋深有较大变化时应观察周围环境变化并查找原因。当钻探深度内涉及承压含水层且对工程有影响时,应量测承压水头埋深。

9.5.8 勘探完成后应及时按要求清理施工现场。对可能构成安全隐患的勘探孔应采用黏土球或水泥浆液进行封孔。

9.5.9 在潮汐区域钻探时,应进行多次定时水位观测,及时校正水面标高,计算钻进深度。

9.6 取 样

9.6.1 采取土试样所使用的取土器及取土方法,应根据土层特点和工程所需试样的质量等级确定。软塑~流塑状态的黏性土宜采用薄壁取土器压入法采取土样,砂质粉土和砂土宜采用环刀取土器。

9.6.2 根据土试样被扰动程度,土样质量可分为 4 个等级,各等级土样可供土工试验项目见表 9.6.2。

表 9.6.2 土样的质量等级

质量等级	扰动程度	可供试验项目
I	不扰动	土类定名、含水率、密度、强度参数、变形参数
II	轻微扰动	土类定名、含水率、密度
III	显著扰动	土类定名、含水率
IV	完全扰动	土类定名

注：因无法取得 I 级土样而必须使用 II 级土试样进行强度试验、渗透试验、固结试验时，应结合地区经验慎重使用试验结果。

9.6.3 各种取土器具适用的土层及土样质量等级可参见表 9.6.3 选取。取土器具的技术规格应符合现行产品行业标准的规定。

表 9.6.3 各种取土器具适用的土层及土样质量等级

取土器具类型 土 层 名 称	薄壁 取土器	普通取土器 和岩芯管	环刀 取土器	标准 贯入器	螺纹 提土器
黏性土	—	I ~ II	—	IV	IV
淤泥质黏性土	I	II	—	IV	IV
粉性土、砂土	—	II ~ III	II ~ III	IV	—

注：“—”表示不适用。

9.6.4 在钻孔中采取 I ~ II 级土样时，钻探操作应满足以下要求：

1 用泥浆钻进时，应始终保持孔内泥浆液面稍高于地下水位；

2 采用回转方法钻进时，至取土位置前必须减速钻进，以减少孔底土受到影响；

3 下放取土器具前应清孔,孔底残留浮土厚度应小于 5cm;取样时应逐根钻杆缓慢下放取土器,严禁冲击孔底,进入取土器的土样长度不得超过取土器(包括上端废土段)总长度;

4 采取土样宜采用快速静压法,当遇到硬土或砂土压入困难时,可采用孔底锤击法;

5 取样长度不宜少于 20cm。

9.6.5 取土器提出地面之后,应小心将土样从取土器中取出,及时密封并标识。土样运输和保存时应竖直安放,严禁倒放,防止受扰动,并避免暴晒或冰冻。

9.7 工程物探

9.7.1 岩土工程勘察可在下列方面采用工程物探方法:

1 了解暗浜(塘)、钢渣填土等地质界线,地下障碍物、旧基础分布范围及检验复合地基加固效果;

2 探查地下管线和地下爆炸物;

3 探查基础裂缝;

4 测定岩土体波速、土层电阻率等。

9.7.2 应用工程物探方法时,应具备下列条件:

1 被探测对象与周围介质之间有明显的物理性质差异;

2 被探测对象具有一定的埋藏深度和规模;

3 被探测对象激发的异常场应能够从干扰背景场中分辨;

4 该探测方法在有代表性地段证实有效。

9.7.3 工程物探方法的选择和仪器应符合现行规范、规程要求。

9.7.4 工程物探成果判释应考虑其多解性,需要时宜采用多种探测方法进行综合判释,并应有系统的质量检验及应用已知物探参数或一定数量的探查验证。

10 原位测试

10.1 一般规定

10.1.1 原位测试方法可根据工程性质、岩土特性、设计要求、地区经验等因素确定。遇下列情况之一时,宜选用原位测试方法:

- 1 综合评定土性参数;
- 2 难以采取不扰动土样;
- 3 场地地基液化评价;
- 4 地基处理效果检验。

10.1.2 原位测试操作应遵照国家、行业或本市相关技术标准、测试规程执行。

10.1.3 原位测试的仪器、设备应定期校准、标定。

10.1.4 原位测试资料整理时,应注意仪器设备、试验条件及方法对试验结果的影响,并结合地层条件,剔除异常数据。

10.1.5 原位测试成果应结合钻探、室内土工试验成果及工程经验进行综合分析,为设计、施工提供准确、合理的土性参数。

10.1.6 土层电阻率测试的技术要求可参照《城市工程地球物理探测规范》CJJ 7 执行。

10.2 静力触探试验

10.2.1 静力触探试验适用于黏性土、粉性土和砂土。

10.2.2 静力触探探头可根据工程所需测定的参数确定,除常规的单桥探头、双桥探头外,有条件时可选用多功能探头。

10.2.3 静力触探试验可用于下列目的:

- 1 查明土性变化,划分土层;
- 2 估算土的力学参数;
- 3 估算地基土承载力;
- 4 判别场地地基液化;
- 5 选择桩基持力层,判别沉桩可行性,估算单桩承载力;
- 6 检验地基处理效果。

10.2.4 静力触探设备和贯入能力应满足测试深度的要求,压力必须大于贯入阻力。

10.2.5 静力触探试验技术要求应符合下列规定:

1 探头圆锥锥底截面积可采用 10cm^2 和 15cm^2 ,锥尖锥角应为 60° ;

2 探头传感器应连同仪器、电缆进行定期标定,室内标定系统性误差、温度漂移、归零误差均应小于 $1\%\text{FS}$;

3 贯入速率宜为 $(1.2 \pm 0.3)\text{m/min}$,现场归零误差不应超过 $3\%\text{FS}$,深度记录误差不应超过 $\pm 1\%$ 、绝缘电阻不应小于 $500\text{M}\Omega$;

4 贯入深度超过 30m 或穿过厚层软土再贯入硬土层时,应采用导向护管或配置带测斜功能的探头;当采用测斜探头时,应量测探头倾斜角,校正分层界线;

5 孔压探头在贯入前,可在室内采用真空抽吸法饱和探头,并在现场保持探头的饱和状态,直至进入地下水位以下的土层。当在预定深度进行孔压消散试验时,应量测停止贯入后不同时间的孔压值,其计时间隔应由密而疏;试验过程中不得上拔探头或松动探杆;

6 水域进行静力触探试验时,应采用筏式或下沉式平台作为支承,确保稳定贯入。

10.2.6 静力触探试验的成果应包括下列内容：

1 绘制单孔静力触探试验曲线：单桥探头应绘制比贯入阻力 $p_s \sim h$ 曲线，双桥探头应绘制锥尖阻力 $q_c \sim h$ 曲线、侧摩阻力 $f_s \sim h$ 曲线、摩阻比 $R_f \sim h$ 曲线，孔压探头尚应绘制孔隙水压力 $u_i \sim h$ 曲线、孔压消散 $u_t \sim \lg t$ 曲线，测斜探头应绘制倾斜度 $\theta \sim h$ 曲线；

2 可根据试验资料划分地层，绘制单孔柱状图、地层剖面图，并提供分层的比贯入阻力或锥尖阻力等参数。

10.2.7 根据静力触探成果可按表 10.2.7 判定砂质粉土和砂土的密实度。

表 10.2.7 静力触探试验判定砂质粉土和砂土密实度

单桥静力触探 p_s 值(MPa)	密实度
$p_s < 2.6$	松散
$2.6 \leq p_s < 5$	稍密
$5 \leq p_s < 10$	中密
$p_s \geq 10$	密实

10.2.8 根据孔压静力触探试验的孔压消散资料，可用式 (10.2.8) 估算土的固结系数 c_v 值：

$$c_v = (T_{50}/t_{50})r_0^2 \tag{10.2.8}$$

式中 T_{50} —— 相当于 50% 固结度的时间因数，当滤水器位于探头锥尖后时， T_{50} 可取为 6.87；当滤水器位于探头锥尖上时， T_{50} 可取为 1.64；

t_{50} —— 超孔隙水压力消散达 50% 时的历时(min)；

r_0 —— 孔压探头的半径(cm)。

10.3 标准贯入试验

10.3.1 标准贯入试验适用于砂土、粉性土和一般黏性土。

10.3.2 标准贯入试验可用于下列目的：

- 1 采取扰动土样，确定土名；
- 2 判定砂土和砂质粉土的密实度；
- 3 估算砂土和砂质粉土的内摩擦角和压缩模量；
- 4 判别沉桩可行性；
- 5 判别场地地基土液化；
- 6 检验地基加固效果。

10.3.3 标准贯入试验技术要求应符合下列规定：

1 采用自动落锤装置，锤重 (63.5 ± 0.5) kg，落距 (76 ± 2) cm；

2 贯入器刃口应保持完好；

3 锤击时，探杆应扶正，保持贯入器、探杆、导向杆连接后的垂直度，避免倾斜、侧向晃动及锤击偏心。锤击速率应小于 30 击/min；

4 试验时，应保持孔内水位略高于地下水位，并应采用泥浆护壁。当钻至试验深度以上 15cm 处时，应先清除孔底残土再进行试验；

5 试验时应预打 15cm，再开始记录每打入 10cm 的锤击数，累计打入 30cm 的锤击数即为实测标贯击数 N 值。当锤击数已达 50 击，而贯入深度未达 30cm 时，可停止试验，并记录 50 击的实际贯入深度，按式(10.3.3)换算成相当于贯入 30cm 的锤击数 N 。

$$N = 30 \times 50 / \Delta s \quad (10.3.3)$$

式中 N —— 实测标贯击数；
 $\triangle s$ —— 50 击时的贯入深度 (cm)。

- 10.3.4 标准贯入试验成果分析应包括下列内容：**
- 1 绘制单孔实测标贯击数 N 与深度关系曲线；
 - 2 剔除异常值后，分层统计标贯击数；
 - 3 根据标准贯入试验 N 值，可按表 10.3.4 判定砂质粉土和砂土的密实度。

表 10.3.4 标准贯入试验判定砂质粉土和砂土密实度

标准贯入试验 N 值 (击)	密实度
$N \leq 7$	松散
$7 < N \leq 15$	稍密
$15 < N \leq 30$	中密
$N > 30$	密实

10.4 轻型动力触探试验

- 10.4.1** 轻型动力触探试验适用于浅层的素填土、冲填土、黏性土、粉性土和砂土。
- 10.4.2** 轻型动力触探试验可用于下列目的：
- 1 评价填土均匀性，确定填土承载力；
 - 2 检验地基加固效果；
 - 3 基槽检验。
- 10.4.3** 轻型动力触探试验技术要求应符合下列规定：
- 1 试验深度不宜大于 4m；
 - 2 采用自动落锤装置，锤重 $(10.0 \pm 0.2) \text{ kg}$ ，落距 $(50 \pm 2) \text{ cm}$ ；

3 锤击时,探杆应扶正,避免倾斜、侧向晃动及锤击偏心,锤击速率宜每分钟 15 击~30 击;

4 锤击贯入一般连续进行,每贯入 1m,应将探杆转动一圈半;

5 记录每贯入 30cm 的锤击数 N_{10} ,当 N_{10} 大于 100 击或贯入 15cm 锤击数超过 50 击时,可停止试验。

10.4.4 轻型动力触探试验成果分析应包括下列内容:

- 1 绘制锤击数 N_{10} 与深度关系曲线;
- 2 剔除异常值后,分层统计锤击数;
- 3 采用各孔厚度加权平均法计算场地分层贯入指标平均值。

10.5 十字板剪切试验

10.5.1 十字板剪切试验适用于饱和软黏性土,上海地区宜采用电测十字板试验。

10.5.2 十字板剪切试验可用于下列目的:

- 1 测定原位应力条件下软黏性土的不排水抗剪强度;
- 2 估算软黏土的灵敏度;
- 3 估算地基承载力,判定软黏性土的固结历史,验算饱和软黏性土边坡的稳定性;
- 4 检验软土地基加固效果。

10.5.3 十字板剪切试验应符合下列要求:

- 1 十字板头可采用 50mm×100mm(板厚 2mm)或 75mm×150mm(板厚 3mm),径高比为 1:2;
- 2 十字板头插入到试验深度后,应静止 2min~3min 方可开始试验;

3 剪切试验的扭转剪切速率宜为 $(1^{\circ}\sim 2^{\circ})/10\text{s}$,每转 1° 测量表读数一次,读到峰值或稳定值后再继续测读 1min ;

4 对各向同性的均质土层,试验点的间距宜为 $1\text{m}\sim 2\text{m}$;对非均质土层,可根据静力触探资料确定试验点间距;

5 应在峰值或稳定值出现后,顺剪切扭转方向连续转动六圈后测定重塑土的不排水抗剪强度;

6 试验量测精度应达到 $1\text{kPa}\sim 2\text{kPa}$ 。

10.5.4 十字板剪切试验成果整理与分析宜包括下列内容:

1 计算各试验点土的不排水剪峰值强度、残余强度、重塑土强度和灵敏度;

2 绘制土的不排水抗剪强度随深度变化曲线。

10.5.5 根据原状土的不排水抗剪强度 c_u 和重塑土的不排水抗剪强度 c'_u ,按式(10.5.5)计算土的灵敏度 S_t :

$$S_t = c_u / c'_u \quad (10.5.5)$$

黏性土灵敏度分类见表 10.5.5。

表 10.5.5 黏性土灵敏度分类

低灵敏度	中灵敏度	高灵敏度
$S_t < 2$	$2 \leq S_t < 4$	$S_t \geq 4$

10.6 载荷试验

10.6.1 载荷试验包括平板载荷试验和螺旋板载荷试验,平板载荷试验适用于浅层地基土,螺旋板载荷试验适用于深层地基土。

10.6.2 载荷试验可用于下列目的:

1 确定地基土承载力;

2 估算土的变形模量;

- 3 估算土的不排水抗剪强度；
- 4 估算土的基床系数；
- 5 估算土的固结系数。

10.6.3 平板载荷试验应符合下列要求：

- 1 承压板应有足够的刚性,面积不宜小于 0.5m^2 ；
- 2 在试坑坑底进行,试坑宽度不宜小于承压板直径(或宽度)的 3 倍；

3 应缩短试坑开挖与试验的时间间隔,坑底开挖和层面整平时应减小对试验土层的扰动,承压板与试验土层层面间宜水平铺设 1cm 厚的颗粒均匀的干净细砂；

4 试验深度低于地下水位时,试坑开挖和设备安装过程中,应设法将地下水位降至试验土层层面以下。

10.6.4 螺旋板载荷试验应符合下列要求：

- 1 刚性承压板面积宜为 $200\text{cm}^2 \sim 500\text{cm}^2$ ；
- 2 试验时,保持螺旋板头垂直下旋,每旋转一周,板头下旋一个螺距;板头旋至试验深度后,静止 5min 以上。

10.6.5 载荷试验尚应符合下列要求：

1 载荷试验的加荷等级数不宜少于 10~12 级;沉降稳定标准为连续 2h 沉降量每小时不超过 0.1mm,或连续 1h 沉降量每 30min 不超过 0.05mm；

2 回弹卸载量可为加载量的 2 倍进行等量逐级卸载。当荷载全部卸完后,应观测至回弹量趋于稳定为止；

3 承压板沉降量的量测器具应具有足够的量程,且量测精度应达到 0.01mm；

4 当出现下列情况之一的,可终止试验：

- 1) 沉降量急剧增大,后一级荷载的沉降量为前一级荷载沉

降量的 5 倍；

2) 总沉降量大于 $1/10$ 承压板直径(或宽度), 或承压板周围出现显著裂缝、隆起；

3) 荷载不变, 24h 内沉降随时间等速或加速发展, 同时总沉降量达到承压板直径(或宽度)的 7% 以上；

4) 实际施加的荷载达到试验设计荷载的 2.0 倍以上。

5 加荷方法可采用分级维持荷载沉降相对稳定法、沉降非稳定法(快速法)或等沉降速率法。

10.6.6 载荷试验的成果整理与分析应包括以下内容：

1 对载荷试验的原始数据进行检查、校核, 绘制 $p \sim s$ 、 $\lg p \sim \lg s$ 、 $p \sim \Delta p / \Delta s$ 、 $s \sim \lg t$ 等关系曲线；

2 当关系曲线有明显特征点时, 可根据此确定地基承载力特征值和地基极限承载力；当关系曲线上的特征点不明显时, 可按相对沉降 s/B (B 为板的宽度或直径) 为 0.07 确定地基极限承载力。

10.6.7 根据平板载荷试验 $p \sim s$ 曲线上直线段斜率 ($\Delta p / \Delta s$), 可按式 10.6.7 估算地基土的变形模量：

$$E_0 = (\pi B / 4) (1 - \mu^2) \Delta p / \Delta s \quad (10.6.7)$$

式中 E_0 —— 变形模量(kPa)；

B —— 承压板直径或方形板的等代直径(m)；

μ —— 土的泊松比。淤泥质土和软塑～流塑的黏性土, μ 取 0.41；可塑～硬塑黏性土, μ 取 0.38；粉性土、砂土, μ 取 0.33；

Δp —— 平板载荷试验 $p \sim s$ 曲线直线段压力差值(kPa)；

Δs —— 平板载荷试验 $p \sim s$ 曲线直线段沉降差值(m)。

10.6.8 根据快速法载荷试验的极限压力 p_u , 可按式(10.6.8)估

算土的不排水抗剪强度：

$$c_u = (p_u - p_{cz}) / N_c \quad (10.6.8)$$

式中 c_u ——土的不排水抗剪强度(kPa)；

p_u ——快速荷载试验所得的极限压力(kPa)；

p_{cz} ——螺旋板载荷试验深度处土的自重压力(kPa)；

N_c ——承载系数。对圆形承压板，无周边超载时， $N_c = 6.14$ ；当承压板埋深 D 大于等于 4 倍压板直径 B 时， $N_c = 9.40$ ；当承压板埋深小于 4 倍压板直径时， N_c 由表 10.6.8 内插确定。

表 10.6.8 N_c 值

D/B	0	1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
N_c	6.14	8.07	8.56	8.86	9.07	9.21	9.32	9.40

10.6.9 根据平板载荷试验 $p \sim s$ 曲线资料，可估算基床反力系数。

1 根据 $p \sim s$ 曲线上直线段斜率，可按式(10.6.9-1)估算载荷试验基床反力系数：

$$K_v = p/s \quad (10.6.9-1)$$

式中 K_v ——载荷试验基床反力系数(kN/m³)；

p/s —— $p \sim s$ 曲线上直线段斜率。如 $p \sim s$ 曲线上无直线段， p 值可取极限荷载之半， s 取相应于该 p 值的沉降值。

2 当平板载荷试验未采用 0.305m×0.305m 承压板时，可按式(10.6.9-2)~(10.6.9-3)估算标准基床反力系数：

对黏性土：
$$K_{v1} = (B/0.305)K_v \quad (10.6.9-2)$$

对粉性土、砂土：
$$K_{v1} = [4B^2 / (B + 0.305)^2]K_v \quad (10.6.9-3)$$

式中 K_{v1} ——标准基床反力系数(kN/m^3);

B ——承压板的直径或宽度(m)。

3 根据标准基床反力系数,可按式(10.6.9-4)~(10.6.9-5)估算地基土的基床反力系数:

$$\text{对黏性土: } K_s = K_{v1}(0.305/b_f) \quad (10.6.9-4)$$

$$\text{对粉性土、砂土: } K_s = K_{v1} \left(\frac{b_f + 0.305}{2b_f} \right)^2 \quad (10.6.9-5)$$

式中 K_s ——地基土的基床反力系数(kN/m^3);

b_f ——基础宽度(m)。

10.6.10 根据螺旋板载荷试验一定荷载下等时间间隔的沉降值,可按式(10.6.10)估算土的固结系数:

$$c_v = (5/12)R^2(-\ln\beta/\Delta t) \quad (10.6.10)$$

式中 c_v ——土的固结系数(cm^2/min);

R ——螺旋板半径(m);

β —— $s_{i-1} \sim s_i$ 关系图直线段的斜率。 s_{i-1} 、 s_i 分别对应时间 t_{i-1} 、 t_i 时的沉降;

Δt ——等时间间隔(min)。

10.6.11 根据螺旋板载荷试验等沉降速率法所得的 $p \sim s$ 曲线上初始直线段的斜率,可按式(10.6.11)估算土的不排水模量:

$$E_u = (0.59 \sim 0.75)(\Delta p/\Delta s)R \quad (10.6.11)$$

式中 E_u ——土的不排水模量(MPa);

$\Delta p/\Delta s$ —— $p \sim s$ 曲线上初始直线段的斜率(MPa/mm);

R ——螺旋板的半径(mm)。

10.7 旁压试验

10.7.1 旁压试验包括预钻式旁压试验、自钻式旁压试验和压入式旁压试验。旁压试验适用于黏性土、粉性土和砂土。

10.7.2 旁压试验可用于下列目的：

- 1 确定土的临塑压力和极限压力,估算地基土的承载力;
- 2 自钻式旁压试验可确定土的原位水平应力(或静止侧压力系数 K_0);
- 3 估算土的旁压模量 E_m 、旁压剪切模量 G_m 及侧向基床反力系数 K_m ;
- 4 估算软黏性土的不排水抗剪强度和砂土的内摩擦角。

10.7.3 旁压试验应符合下列要求：

1 旁压试验点宜根据静力触探试验曲线选择有代表性的位置和深度进行,旁压器的量测腔应在同一土层内;试验点垂直间距不宜小于 1m;

2 预钻式旁压试验应用泥浆护壁,防止孔壁坍塌,钻孔直径应与旁压器直径相匹配。在饱和软黏性土层中宜采用自钻式旁压仪,试验前宜通过试钻确定最佳回转速率、冲洗液流量、切削器的距离等技术参数;

3 每级加荷量可采用预期极限压力的 $1/8 \sim 1/12$,加荷级差在初始阶段宜适当加密,并用卸荷再加荷方法确定再加荷旁压模量;

4 根据不同的试验目的,旁压试验加荷方式可采用快速法和慢速法;

5 当土体破坏或量测腔的扩张体积相当于量测腔的固有体积时,可终止试验。

10.7.4 旁压试验成果整理及分析应包括下列内容:

1 对各级压力及相应的体积增量分别进行约束力及体积修正,绘制压力与体积曲线,需要时可作蠕变曲线;

2 根据压力与体积曲线,综合确定初始压力 p_0 、临塑压力 p_y 和极限压力 p_L ;

3 根据压力与体积曲线的直线段斜率用式(10.7.4-1)、(10.7.4-2)计算旁压模量 E_m 和剪切模量 G_m :

$$E_m = 2(1 + \mu)(V_c + \frac{V_0 + V_y}{2}) \frac{\Delta p}{\Delta V} \quad (10.7.4-1)$$

$$G_m = (V_c + \frac{V_0 + V_y}{2}) \frac{\Delta p}{\Delta V} \quad (10.7.4-2)$$

式中 μ —— 土的泊松比;

V_c —— 旁压器固有体积(cm^3);

V_0 —— 初始压力 p_0 所对应的扩张体积(cm^3);

V_y —— 临塑压力 p_y 所对应的扩张体积(cm^3);

$\frac{\Delta p}{\Delta V}$ —— 旁压曲线似弹性直线斜率(kPa/cm^3);

E_m —— 旁压模量(kPa);

G_m —— 旁压剪切模量(kPa)。

10.7.5 根据旁压试验成果可估算下列土性参数:

1 确定地基土极限强度 f_L :

$$f_L = p_L - p_0 \quad (10.7.5-1)$$

式中 p_0 —— 旁压试验初始压力(kPa);

p_L —— 旁压试验极限压力(kPa)。

2 确定地基土临塑强度 f_y :

$$f_y = p_y - p_0 \quad (10.7.5-2)$$

式中 p_0 —— 旁压试验初始压力(kPa);

p_y ——旁压试验临塑压力(kPa)。

3 确定土的侧向基床反力系数 K_m ：

$$K_m = \Delta p / \Delta r \quad (10.7.5-3)$$

式中 Δp —— 压力差(kPa)；

Δr —— Δp 对应的半径差(m)。

4 估算软黏性土不排水抗剪强度 c_u ：

$$c_u = (p_L - p_0) / N_p \quad (10.7.5-4)$$

式中 N_p —— 系数,可取 6.18；

p_0 、 p_L —— 同(10.7.5-1)。

5 估算砂土的有效内摩擦角 φ' ：

$$\varphi' = 5.77 \ln \frac{p_L - p_0}{250} + 24 \quad (10.7.5-5)$$

式中 p_0 、 p_L —— 同式(10.7.5-1)。

10.8 扁铲侧胀试验

10.8.1 扁铲侧胀试验适用于黏性土、粉性土和松散~中密的砂土。

10.8.2 扁铲侧胀试验可用于下列目的：

- 1 划分土层、判别土类；
- 2 估算静止侧压力系数、估计水平基床系数；
- 3 估算黏性土的不排水抗剪强度；
- 4 估算土的压缩模量；
- 5 判别地基土的液化。

10.8.3 扁铲侧胀试验技术要求应符合下列规定：

1 探头在每个孔的试验前后必须率定,膜片合格的率定值一般为 $\Delta A = 5\text{kPa} \sim 25\text{kPa}$ 、 $\Delta B = 10\text{kPa} \sim 110\text{kPa}$,取试验前后的

平均值作为修正值；

2 宜采用静力匀速将探头压入土中，贯入速率约为 2cm/s，试验间距一般可取 20cm～40cm；当判别液化时，试验间距宜为 20cm；

3 到达测试点后应在 5s 内开始匀速加压及泄压试验，测读膜片中心外扩 0.05mm、1.10mm 时的压力 A 和 B 值，每个间隔时间约为 15s；也可根据需要测读膜片中心外扩后回复到 0.05mm 时的压力 C 值，砂土中需 30s～60s、黏性土中需 2min～3min 完成； A 和 B 的值必须满足 $B-A > \triangle A + \triangle B$ ；

4 消散试验在需测试的深度测读 A 或 C 随时间的变化。测读时间可取 1min、2min、4min、8min、15min、30min、60min、90min，以后每 60min 测读 1 次，直至消散达 50% 以上。

10.8.4 扁铲侧胀试验成果分析应包括下列内容：

1 经膜片刚度对压力影响的修正后，计算膜片中心外移 0mm 时初始压力 p_0 、外移 1.1mm 时压力 p_1 和膜片中心回复到初始外移 0.05mm 时的剩余压力 p_2 ：

$$p_0 = 1.05(A - Z_m + \triangle A) - 0.05(B - Z_m - \triangle B) \quad (10.8.4-1)$$

$$p_1 = B - Z_m - \triangle B \quad (10.8.4-2)$$

$$p_2 = C - Z_m + \triangle A \quad (10.8.4-3)$$

式中 Z_m ——未加压时仪表的压力初读数(kPa)。

2 根据 p_0 、 p_1 、 p_2 计算下列扁铲指数：

$$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0) \quad (10.8.4-4)$$

$$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0} \quad (10.8.4-5)$$

$$E_D = 34.7(p_1 - p_0) \quad (10.8.4-6)$$

$$U_D = (p_2 - u_0) / (p_0 - u_0) \quad (10.8.4-7)$$

式中 I_D ——土类指数；

K_D ——水平应力指数；

E_D ——扁铲模量(kPa)；

U_D ——孔压指数；

u_0 ——静水压力(kPa)；

σ'_{V0} ——试验点有效上覆压力(kPa)。

3 根据需要绘制 p_0 、 p_1 、 p_2 、 Δp 、 I_D 、 K_D 、 E_D 和 U_D 与深度关系曲线(其中 $\Delta p = p_1 - p_0$)。

10.9 波速测试

10.9.1 波速测试可采用单孔法、跨孔法和面波法,适用于测定各类地基土的动力参数(剪切波或瑞利波的波速)。

10.9.2 波速测试可用于下列目的:

- 1 划分场地类别,计算场地地基土的基本周期;
- 2 提供地震反应分析所需的地基土动力参数(动剪切模量、阻尼比、动剪切刚度等);
- 3 提供动力机器基础设计所需的地基土动力参数(抗压、抗剪、抗弯、抗扭刚度及刚度系数、阻尼等);
- 4 判别地基土液化可能性;
- 5 评价地基处理效果。

10.9.3 单孔法波速测试的技术要求应符合下列规定:

- 1 测试孔应竖直;
- 2 可采用地表激振或孔内激振,当孔深大于 30m 时,宜采用孔内激振;
- 3 地表激振时,激振板压重宜大于 4kN,激振板离孔口距离宜为 1m~2m,并使板与地表紧密接触,每次测试可在两端分别敲

击；

4 宜在激振板中心距孔口距离最近处设置触发器，记录触发时间，如用激振锤触发时，应注意触发的提前或延迟的影响；

5 检波器应有 X、Y、Z 三个方向接收剪切波的能力，尽量使其中一个水平检波器平行于地表激振板轴线，并固定在孔内预定深度处；

6 采用孔内激振时，应使激振装置及检波器紧贴孔壁，二者距离的中点，即为测点的计算位置；

7 波速计算时应以激发点与接收点之间直线距离作为波的传输距离，如测点位置小于地表以下 15m 时，不得以孔深代替传输距离；

8 应结合土层布置测点，测点垂直间距宜取 1m~3m。

10.9.4 跨孔法波速测试的技术要求应符合下列规定：

1 波速测试时，1 个振源孔可与 2 个或多个测试孔相联合，可成直线或放射状排列，测试孔间距随激发能量及土性而确定；

2 所有测试孔应测斜，测斜点间距宜为 0.5m~1.0m；

3 测点垂直间距宜为 1m~2m，均匀厚层土间距可适当放大，测点布置应考虑相邻土层的影响，特别是高波速土层的干扰，以防止层位的抬升或下降。

10.9.5 面波法波速测试可采用瞬态法或稳态法，宜采用低频宽带传感检波器，道间距可根据场地条件通过试验确定。

10.9.6 波速测试成果分析应包括下列内容：

1 原始波形记录及剪切波(或面波)初至时间；

2 波的传输距离、时间、剪切波(或面波)波速；

3 计算动弹性模量 E_d 、动剪切模量 G_d 或动刚度 K_d ；

4 稳态面波法尚应提供波长、波数。

10.9.7 剪切波速可按式(10.9.7-1)、(10.9.7-2)计算:

$$\text{单孔法} \quad \nu_s = \frac{X_n - X_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \quad (10.9.7-1)$$

$$\text{跨孔法} \quad \nu_s = \frac{X_n}{t_n} \quad (10.9.7-2)$$

式中 X_n, X_{n-1} —— 第 n 或 $n-1$ 测点波的传输距离(m);

t_n, t_{n-1} —— 波至 n 点或 $n-1$ 点所需传输时间(s)。

10.9.8 面波波速 ν_R 可按下式计算:

$$\nu_R = L_R \cdot f \quad (10.9.8)$$

式中 L_R —— 面波波长(m);

f —— 激振频率。

10.9.9 面波波速 ν_R 可按下式换算成 ν_s :

$$\nu_s = \frac{\nu_R}{\alpha} \quad (10.9.9)$$

式中 α —— 换算系数,上海地区可采用 0.94。

10.9.10 场地地基土的基本周期可按下列方法确定:

1 当波速试验深度达准基岩面时,场地地基土的基本周期可按式(10.9.10-1)计算:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{4h_i}{\nu_{si}} \quad (10.9.10-1)$$

式中 T —— 场地地基土的基本周期(s);

h_i —— 第 i 层土的厚度(m);

ν_{si} —— 第 i 层土的剪切波速(m/s);

n —— 土层数;

2 当波速试验深度未达准基岩面时,场地地基土的基本周期可按经验公式(10.9.10-2)推算至准基岩面:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{4h_i}{\nu_{si}} + \triangle T \quad (10.9.10-2)$$

式中 n —— 土层数,算至第⑧层底;

ΔT —— 第⑨层层顶至准基岩面之间土层的基本周期(s),
为 $0.01H_9$, H_9 为第⑨层层顶至准基岩面之间土层的厚度(m);

其他符号意义同前。

10.9.11 土层的动剪切模量 G_d 和动弹模量 E_d 可按式(10.9.11-1)、(10.9.11-2)计算:

$$G_d = \rho \cdot \nu_s^2 \quad (10.9.11-1)$$

$$E_d = 2(1+\mu)\rho \cdot \nu_s^2 \quad (10.9.11-2)$$

式中 G_d —— 土的动剪切模量(kPa);

E_d —— 土的动弹模量(kPa)

μ —— 土的泊松比;

ρ —— 土的质量密度(g/cm^3);

ν_s —— 剪切波速(m/s)。

10.10 场地微振动测试

10.10.1 对需要记录和研究场地微振动特性以及场地微振动环境时,宜进行场地微振动测试。

10.10.2 测试仪器设备应符合下列要求:

1 测试系统应包括拾振器、放大器、采集仪。测试系统应具有良好的低频特性,其频率响应应为 $0.3\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$,信噪比应大于 60dB ;

2 拾振器应具有较高的灵敏度和线性度,频率响应需满足测试系统的要求。孔中拾振器应具有良好的防水性能;

3 宜采用带有滤波、微分、积分功能的电压放大器,增益宜大于 60dB 且可调。与拾振器配合可测量微振动的不同参量(位

移、速度、加速度)。放大器的输出宜控制在采集仪最大容许输入电压的 40%~80%,频率响应满足测试系统的要求;

4 采集仪应具有多通道采集、显示、储存及数据分析处理能力,其模数转换器(A/D)的位数不宜小于 12 位;

5 仪器设备应定期经国家法定计量单位检测或检定,周期宜为一年。

10.10.3 现场测点布设应符合下列要求:

- 1 测点数量应根据工程要求、面积大小及周边环境确定;
- 2 测点宜远离各类干扰源;
- 3 每个测点应放置 1 组拾振器(由 3 个方向相互垂直的拾振器组成),拾振器宜放置在平整后的天然土层上;

4 在孔内测试时,测点深度应根据工程需要确定,应使拾振器紧密地接触孔底或孔壁,同时应在孔口布置 1 组拾振器,地下及地面同步测试。

10.10.4 测试技术要求应符合下列规定:

- 1 应选择场地环境最安静的时段进行;
- 2 数据记录应根据需要设置低通滤波频率和采样频率。采样频率可为 50Hz~500Hz。应根据工程需要确定每个测点记录时间,有效信号应不少于 60min;

3 对实测信号进行频谱分析,每个样本数据采用 1024~4096 个点(以频率分辨率高于 0.025Hz 为宜),频域平均次数不宜少于 32 次。

10.10.5 卓越频率的确定应符合下列规定:

- 1 按频谱图中最大峰值所对应的频率确定;
- 2 当在频谱图中出现多个峰时,可进行相关性或互谱分析,且结合场地干扰源情况对场地卓越频率进行综合分析,也可提供

2 个或 2 个以上的卓越频率；

3 当 3 个分量的卓越频率不相同，应以水平向为主，必要时可分别提出水平向和垂直向的卓越频率。

10.10.6 场地卓越周期应根据卓越频率确定，可按下列公式计算：

$$T=1/f \quad (10.10.6)$$

式中 T —— 场地卓越周期(s)；

f —— 场地卓越频率(Hz)。

10.10.7 场地微振动幅值的确定应符合下列规定：

- 1 取实测时间信号的最大幅值；
- 2 可根据工程需要采用均方根值或根据不同频域段分别计算均方根值；
- 3 确定微振动的幅值时应排除干扰信号的影响。

10.11 土壤热响应试验

10.11.1 土壤热响应试验适用于各类土层。

10.11.2 土壤热响应试验可用于下列目的：

- 1 测定土壤的初始温度；
- 2 测定土壤的综合导热系数；
- 3 测定地埋管换热器的换热量。

10.11.3 现场试验前宜收集下列资料：

- 1 土层结构、性质、温度和室内试验热物性参数；
- 2 地下水静止水位、水温、水质及分布特征，必要时了解地下水流向、流速。

10.11.4 土壤热响应试验应符合下列要求：

- 1 地埋管换热器在下管前应进行预压试验，稳压压力宜为

1. 2MPa,稳压时间不宜小于 1h;

2 钻探成孔后,应及时将地埋管换热器放入测试孔内,随后灌注回填膨润土和细砂(或水泥)混合浆或其他专用灌浆材料;

3 地埋管换热器应减少弯头、变径及外露部分,外露连接管应进行有效保温,保温层厚度不应小于 20mm;

4 土壤的初始温度可采用温度传感器测量,测点可沿地埋管换热器埋设深度布置,间隔宜为 5m~10m,地表下至深度 6m 范围内间隔宜加密至 2m;

5 试验应在地埋管换热器安装完成且地温恢复并稳定后进行,稳定时间不宜小于 2 天;在启动电加热、水泵等试验设备,待设备运转稳定后方可开始记录试验数据,采集间隔不应大于 5min;

6 试验应连续,持续时间不宜少于 48h;地埋管换热器内流速不应低于 0.2m/s,且处于紊流状态;试验期间加热功率应保持恒定;地埋管换热器的出口温度稳定后,其温度宜高于土层初始平均温度 5℃以上,且维持时间不应少于 12h。

10.11.5 土壤热响应试验成果分析应包括下列内容:

- 1 提供土壤的初始温度与深度的关系曲线;
- 2 提供钻孔单位延米换热量、导热系数等。

10.12 钻孔简易降水头注水试验

10.12.1 钻孔简易降水头注水试验适用于地下水位以下黏性土、粉性土和砂土。

10.12.2 钻孔简易降水头注水试验可测定土层的渗透系数。

10.12.3 钻孔简易降水头注水试验技术要求应符合下列规定:

- 1 试验段应采用清水钻进,将孔内泥质物清除干净,孔底沉

淀物不应大于 5cm, 并应减少对试验段土层的扰动; 如考虑孔壁进水, 对孔壁稳定差的试验段可采用过滤管护壁;

2 非试验段可用套管隔离, 为保证止水效果, 应采用套管打入黏性土 1m~2m 或用黏土球充填套管与孔壁间隙, 确保套管与孔壁之间不漏水, 套管接头应密合止水;

3 试验段隔离以后, 向套管内注入清水, 使管中水位高出地下水位一定高度或至套管顶部作为初始水头, 停止供水并开始记录管内水位变化情况;

4 有条件时, 试验前应进行地下水位观测。

10.12.4 管内水位观测应符合下列规定:

1 开始间隔时间应为 1min, 连续观测 5 次, 然后间隔 5min 观测 5 次, 间隔 10min 观测 3 次, 最后按照水头下降速度, 间隔 30min~60min 进行观测;

2 当水头比与时间关系 $\ln(H_t/H_0) \sim t$ 不呈直线时 (H_t 为试验时间 t 测得的水头, H_0 为试验初始水头), 应进行检查重新试验;

3 当试验水头下降到初始试验水头的 0.3 倍或半对数坐标纸上连续 10 个以上观测点水头比与时间关系呈直线时, 可结束试验。

10.12.5 钻孔简易降水头注水试验成果分析应符合下列要求:

1 绘制 $\ln(H_t/H_0) \sim t$ 关系曲线;

2 试验土层的渗透系数可按式(10.12.5)计算:

$$k = \frac{\pi \cdot r^2}{A} \cdot \frac{\ln(H_1/H_2)}{t_2 - t_1} \quad (10.12.5)$$

式中 k —— 土层渗透系数(cm/sec);

t_1 、 t_2 —— 注水试验某时刻的试验时间(sec);

H_1 、 H_2 —— 试验时间 t_1 、 t_2 时的试验水头(cm)；

r —— 套管内半径(cm)；

A —— 形状系数(cm)，应满足 $l/r > 8$ ，根据上海地层组合和注水试验方法，潜水含水层取 $\frac{2\pi l}{\ln(l/r)}$ ，承压含水层取 $\frac{2\pi l}{\ln(2l/r)}$ ； l 为试验段长度(cm)。

10.13 钻孔简易抽水试验

10.13.1 钻孔简易抽水试验适用于渗透性较好的砂土及砂质粉土。

10.13.2 钻孔简易抽水试验可以测定土层的渗透系数。

10.13.3 钻孔简易抽水试验技术要求应符合下列规定：

1 抽水试验孔段的孔径应根据含水层的性质、渗透性和过滤器的类型确定；

2 抽水试验孔段不能使用泥浆循环钻进，应减少孔壁附近土体扰动；

3 抽水孔安装过滤器前，应采用清水或其他有效方法，将孔内泥质物清除干净；

4 应采取适当措施保证过滤器居于中间位置下到孔内预定深度；

5 过滤器与孔壁之间应填充级配砾石，过滤层顶部应填3.0m厚的黏土或黏土球止水；

6 正式抽水试验前，抽水孔应进行反复清洗，达到水清砂净无沉淀；

7 试验抽水过程中，应观察抽水孔出水量及抽水孔水位变化情况，检查动力、水泵、过滤器等试验设备的运转情况和工作

效果。

10.13.4 管内水位观测应符合下列规定：

1 抽水试验过程中，应同步观测、记录抽水孔的涌水量和抽水孔及观测孔的动水位。开始间隔时间为 1min，连续观测 5 次，然后间隔 5min 观测 5 次，再以 10min 间隔观测，出现稳定趋势以后每隔 30min 观测 1 次，直至结束；

2 在抽水稳定延续时间内，涌水量与动水位应没有持续上升或下降的趋势；

3 水位恢复观测时间为 1min、2min、3min、4min、5min、10min、15min、30min，以后每隔 30min 观测 1 次，直到恢复静止水位为止。

10.13.5 简易抽水试验成果分析应符合下列要求：

1 绘制 $s \sim t$ 、 $Q \sim t$ 和 $Q \sim s$ 或 $Q \sim (\Delta h)^2$ 关系曲线；

2 渗透性参数计算

1) 应在分析试验地段水文地质条件的基础上，结合抽水孔结构和试验方法合理选用公式，对于在无界含水层中进行单孔完整井稳定流抽水，当 $Q \sim s$ 或 $Q \sim (\Delta h)^2$ 呈直线关系时，可按下列式计算：

$$\text{稳定流潜水完整井：} \quad k = \frac{Q}{\pi(2H-s)s} \ln \frac{R}{r} \quad (10.13.5-1)$$

$$\text{稳定流承压完整井：} \quad k = \frac{Q}{2\pi \cdot M_s} \ln \frac{R}{r} \quad (10.13.5-2)$$

式中 k —— 渗透系数 (cm/sec)；

r —— 抽水孔半径 (cm)；

R —— 影响半径 (cm)，应根据观测孔实测确定，当无实测资料时可采用经验公式，对于潜水完整井， $R = 2s\sqrt{8.64Hk}$ ，对于承压水完整井， $R = 10s\sqrt{864k}$ ；

H —— 潜水含水层厚度(cm);

$$(\triangle h)^2 = H^2 - h^2 = (2H - s)s, h = H - s;$$

M —— 承压含水层厚度(cm);

s —— 停止抽水后孔内稳定水位下降值(cm);

Q —— 井的流量(cm^3/sec);

2) 潜水完整井根据水位恢复速度确定渗透系数时,可按式

(10.13.5-3)近似计算:

$$k = \frac{3.5r^2}{(H+2r)t} \ln \frac{s}{s'} \quad (10.13.5-3)$$

式中 s' —— 经过时间 t 后(水位恢复)的地下水位下降值(cm);

t —— 时间(sec);

其他符号意义同前。

11 室内土工试验

11.1 一般规定

11.1.1 室内试验项目和试验方法应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的有关规定,工程需要时,可执行相关行业标准。

11.1.2 试验项目的选择应满足建(构)筑物的设计和施工要求。各种常用的土工试验项目、测定参数及工程应用见表 11.1.2,岩石试验项目可参照《岩土工程勘察规范》GB 50021 执行。

11.1.3 试验仪器应定期检验及标识,并符合规定的精度要求。

11.1.4 进行力学性参数测定的试验项目,应采用 I ~ II 级土样。

11.1.5 土样从取样之日起至开土试验的时间不宜超过 10d,水样自取样之时起至试验开始的时间不宜超过 48h。

11.1.6 试验报告中的指标应真实、准确,物理力学性指标宜匹配。

表 11.1.2 室内土工试验项目、参数与工程应用

试验类别	试验项目	测 定 参 数	工 程 应 用
物理性	含水率 密度 比重	含水率 w 密度 ρ 比重 G	1)土的基本参数计算
	液限 塑限	液限 w_L 塑限 w_P 塑性指数 I_P 液性指数 I_L	1)黏性土的分类 2)判定黏性土状态

续表 11.1.2

试验类别	试验项目	测 定 参 数	工 程 应 用
物理性	颗粒分析	颗粒大小分布曲线 不均匀系数 $C_u = d_{60}/d_{10}$ 曲率系数 $C_c = d_{30}^2/(d_{10} \cdot d_{60})$ 有效粒径 d_{10} 中间粒径 d_{30} 平均粒径 d_{50} 界限粒径 d_{60} 粒径 d_{15} 、 d_{70} 、 d_{85}	1) 粉性土和砂土的分类 2) 确定黏粒含量, 判别液化 3) 评价流砂、管涌可能性
	烧失量	烧失量 Q	1) 有机质土的分类
水理性	渗透	渗透系数 k_v 、 k_H	1) 土层渗透性评价 2) 降水设计
力学性	固结	$e \sim p$ 曲线 压缩系数 a 压缩模量 E_s 回弹再压缩模量 E	1) 沉降计算 2) 开挖土体回弹量估算
		$e \sim \log p$ 曲线 先期固结压力 p_c 超固结比 OCR 压缩指数 C_c 回弹指数 C_s	1) 土的应力历史评价 2) 考虑应力历史的沉降计算 3) 考虑应力历史时, 开挖土体回弹量估算
		固结系数 c_v 、 c_h 次固结系数 c_a	1) 黏性土沉降速率和固结度的计算
	直剪快剪	内摩擦角 φ_q 黏聚力 c_q	1) 黏性土地基骤然加荷时的稳定性验算
	直剪固快	内摩擦角 φ 黏聚力 c	1) 天然地基承载力验算 2) 基坑及边坡稳定性验算
	直剪慢剪	内摩擦角 φ_s 黏聚力 c_s	1) 边坡长期稳定性验算

续表 11.1.2

试验类别	试验项目	测 定 参 数	工 程 应 用
力学性	三轴不固 不结排水 剪 (UU)	内摩擦角 φ_u 黏聚力 c_u	1)地基承载力计算 2)施工速度较快、排水条件差的黏性土地基施工期稳定性验算 3)桩周土的极限摩阻力计算 4)桩端下软弱下卧层的强度验算
	三轴固结 不排水剪 (CU)	总应力内摩擦角 φ_{cu} 总应力黏聚力 c_{cu} 有效应力内摩擦角 φ' 有效应力黏聚力 c'	1)考虑上部荷载引起地基强度增长、固结后地基稳定性验算 2)基坑稳定性验算
	三轴固结 排水剪 (CD)	内摩擦角 φ_d 黏聚力 c_d	1)施工速度缓慢、排水条件良好的地基长期稳定性验算
	无侧限 抗压强度	抗压强度 q_u 灵敏度 S_t	1)饱和软黏性土地基施工期稳定性验算
	静止侧 压力系数	侧压力系数 K_0	1)静止侧压力计算
	基床系数	基床系数 K	1)模拟地基土与结构物的相互作用,计算结构物的内力及变位
	击实	最大干密度 ρ_{dmax} 最优含水量 ω_{opt} 压实系数 $\lambda_c = \rho_d / \rho_{dmax}$	1)填土压实质量控制
	承载比	承载比 $CBR_{2.5}$ 或 $CBR_{5.0}$ 浸水后吸水膨胀量 δ_w	1)路面基层和底层材料以及各种土料的强度检测
	动三轴 (动单剪)	应变幅 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ 范围的 动弹性模量 E_d 、动剪切模量 G_d 、阻尼比 λ 、抗液化强度 τ_1	1)动力反应分析 2)地基液化判别

续表 11.1.2

试验类别	试验项目	测 定 参 数	工 程 应 用
力学性	共振柱	应变幅 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 范围的 动弹性模量 E_d 、动剪切模量 G_d 、阻尼比 λ	1)动力反应分析 2)地基液化判别
热物性	导热系数 比热容 导温系数	导热系数 λ 比热容 C 导温系数 α	1)地下建(构)筑物通风等 计算 2)地源热泵系统设计 3)冻结法设计
化学性	地下水的 腐蚀性	pH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、侵蚀 性 CO_2 、游离 CO_2 、 NH_4^+ 、 OH^- 、总矿化度	1)水对混凝土结构和钢结 构及钢筋混凝土中钢筋的 腐蚀性评价
	土的腐蚀性	pH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 的易 溶盐(土水比 1 : 5)分析	1)土对混凝土结构和钢结 构及钢筋混凝土中钢筋的 腐蚀性评价
		氧化还原电位、极化电流密 度、电阻率	1)土对钢结构的腐蚀性 评价

注:污染土、水的试验,应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关要求,必要时应进行专门的试验研究。

11.2 试样制备

11.2.1 试样制备应有记录,记录内容包括土样描述(土性、颜色、状态、包含物、均匀性等)、每筒土样制备的试样数及每块土样所进行的试验项目。

11.2.2 用环刀切取试样时,应具有层次代表性和归一性,试样与环刀应密合,同一组试样的密度差不宜大于 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 。

11.2.3 切取试样后,宜取具有代表性土样留做液塑限或颗粒分析试验,且留部分土样贮存于容器内,至少保存至勘察文件提交。

11.3 土的物理性试验

11.3.1 土的密度试验宜采用环刀法,密度宜取同一组多块试样平均值。

11.3.2 含水率试验宜进行两次平行测定,或用环刀内试样测定,其密度与同组平均密度差不宜大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 。

11.3.3 液限含水率可采用 76g 瓦氏圆锥仪法测定(下沉深度为 10mm),塑限含水率可采用搓条法或用联合法测定。塑性指数小于 12 的土,宜用颗粒分析复测黏粒含量。

11.3.4 颗粒分析试样,粒径大于 0.075mm 可用筛析法,粒径小于 0.075mm 可用密度计法或移液管法(六偏磷酸钠作为分散剂)。若试样中易溶盐含量大于 0.5%时,应洗盐。

11.3.5 土粒的比重可采用表 11.3.5 数值,对于有机质含量大于 5%的土,应实测土粒的比重。

表 11.3.5 土粒的比重值

土的类别及名称		划 分 标 准		比重
		按塑性指数 I_p	按颗粒组成百分数	
黏性土	黏 土	$I_p > 24$	—	2.76
		$20 < I_p \leq 24$		2.75
		$17 < I_p \leq 20$		2.74
	粉质黏土	$14 < I_p \leq 17$ $10 < I_p \leq 14$	—	2.73 2.72
粉性土	黏质粉土	$I_p \leq 10$	$10\% \leq d_{0.005} \leq 15\%$	2.71
	砂质粉土	—	$d_{0.005} < 10\%$	2.70

续表 11.3.5

土的分类及名称		划 分 标 准		比重
		按塑性指数 I_P	按颗粒组成百分数	
砂 土	粉 砂	—	$50\% \leq d_{0.075} \leq 85\%$	2.69
	细 砂	—	$85\% < d_{0.075}$	2.68
	中 砂	—	$50\% < d_{0.25}$	2.67
	粗 砂	—	$50\% < d_{0.50}$	2.66

注： $d_{0.005}$ 、 $d_{0.075}$ 、 $d_{0.25}$ 、 $d_{0.50}$ 分别表示粒径 $<0.005\text{mm}$ 的百分含量、粒径 $>0.075\text{mm}$ 的百分含量、粒径 $>0.25\text{mm}$ 的百分含量、粒径 $>0.50\text{mm}$ 的百分含量。

11.4 土的力学性试验

11.4.1 固结试验应满足下列要求：

- 1 加荷等级,第一级压力宜为 50kPa,对于天然密度小于等于 $1.75\text{g}/\text{cm}^3$ 的黏性土,第一级压力宜为 25kPa。加荷荷重率不宜大于 1,最后一级压力应大于土的自重压力加附加压力之和；
- 2 对黏性土,当固结压力小于等于 400kPa 时,可采用综合固结度校正的快速法;大于 400kPa 时宜采用慢速法或用次固结增量校正的快速法；
- 3 基坑工程考虑卸荷加荷影响时,宜进行回弹再压缩模量测定,其压力的施加宜模拟实际卸荷加荷状态。
- 4 固结系数测定宜采用慢速法或用次固结增量法校正的快速法,测定范围均为土的自重压力至自重压力与附加压力之和。次固结系数测定应采用慢速法,在土的自重压力至自重压力与附加压力之和范围内测定；

5 土工试验报告应提供 100kPa~200kPa 的压缩系数和压缩模量,最大压力小于等于 400kPa 时,应附 $e \sim p$ 曲线或各级压力下的压缩系数表;最大压力大于 400kPa 时应附 $e \sim p$ 曲线。

11.4.2 先期固结压力试验应满足下列要求:

1 宜采用 I 级土样进行试验;

2 加荷等级,第一级压力值宜为 12.5kPa,荷重率不应大于 1(在先期固结压力段附近荷重率应减小),施加的最大压力应使测得的曲线下段出现明显的直线段;

3 加荷稳定标准宜为 24h 或每小时变形量小于 0.005mm,也可采用间隔 2h 逐级加荷的快速法,并按次固结增量法进行校正;

4 回弹试验宜在大于土的先期固结压力后进行,或在最后一级压力固结稳定后卸荷,直至第一级压力止。回弹测读应采用慢速法;

5 宜用最小曲率半径法(C 法)确定先期固结压力 p_c ;

6 土工试验报告应提供 p_c 、 C_c 、 C_s 值,并附 $e \sim \log p$ 曲线。

11.4.3 直剪固结快剪试验应满足下列要求:

1 试验宜用 4 块性质相同的试样,密度差不宜大于 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$;

2 四级垂直压力,第一级垂直压力宜接近土的自重压力,第四级垂直压力宜接近土的自重压力与附加压力之和;

3 直剪固结快剪的固结时间,对于黏性土不宜少于 4.5h,对于粉性土或砂土不宜少于 2h;

4 采用预压装置时,经预压固结的试样自预压仪取出推入直剪仪剪力盒后,宜有足够时间进行再固结后实施剪切;

5 抗剪强度参数 c 、 ϕ 值宜用最小二乘法计算或绘制抗剪强

度与垂直压力的线性关系曲线确定。

11.4.4 三轴压缩试验应满足下列要求：

1 试验方法应与工程实际相一致，对加荷速率快，排水条件差的黏性土宜用不固结不排水(UU)试验。对考虑上部荷载引起土的强度增长或排水固结的基坑工程，可采用固结不排水(CU)试验。对施工进度慢、排水条件良好的地基长期稳定性验算，可采用固结排水(CD)试验；

2 试验应制备三个以上土质结构相同的试样；

3 试验围压宜根据工程实际荷重确定，第一级围压宜接近土的自重压力，最大一级围压宜接近土的自重压力与附加压力之和；

4 试验起始孔隙水压力系数 B 值不宜小于 0.95，排水固结稳定标准宜采用孔隙水压力消散达 95% 以上；

5 土工试验报告中，UU 试验应提供 c_u 、 φ_u ，附摩尔圆包络线；CU 试验应提供 c_{cu} 、 φ_{cu} 、 c' 、 φ' 、 A_f 值，并附总应力和有效应力摩尔圆包络线。

11.4.5 无侧限抗压强度试验适用于饱和黏性土，宜采用 I 级土样并注明取样方法，土工试验报告中应提供 q_u 、 q'_u 、 s_t 值。

11.4.6 静止侧压力系数 K_0 试验适用于饱和的黏性土、粉性土和砂土，试验方法和稳定标准可参考现行行业标准《土工试验规程》SL 237 相关试验的要求。

11.4.7 基床系数宜采用三轴固结排水试验(CD)测定。

11.4.8 常水头渗透试验适用于砂土，变水头渗透试验适用于黏性土和粉性土。试验宜重复测记 3 次以上，计算的渗透系数宜取 3 个误差不大于 2×10^{-4} 的数据平均值，对渗透性很低的饱和黏性土，可通过固结试验测定固结系数 c_v 、 c_h ，计算渗透系数 k_v 、 k_h 。

11.5 土的热物性试验

11.5.1 当工程设计需要时,可通过试验确定岩土热物性指标,包括导热系数、比热容、导温系数。

11.5.2 岩土热物性指标的测定,可采用面热源法、热线比较法、热流计法及热平衡法。

11.5.3 采用面热源法、热线比较法及热流计法测定土的热物性指标时宜符合下列要求:

1 试样尺寸和厚度的选择宜符合试验方法及选用试验仪器的要求,试样表面宜加工平整,使试件和测试仪器的工作表面紧密接触;

2 试验时,应测定试样的含水率和密度等物理性质参数;

3 测试时测试温度的选择应与时间工况相符合,并进行 2 次平行测定;

4 测试报告应提供采用的仪器和方法、土试样的名称、厚度、含水率及密度等。

11.5.4 采用热平衡法测试岩土的比热容时,宜符合以下要求:

1 试验时应根据实际工况条件确定试样的加热温度和恒温加热时间;

2 宜进行 2 次平行测定,测定的差值不宜大于 $0.1\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$,取 2 个值的平均值作为试验结果。

11.6 土的动力性试验

11.6.1 当工程设计要求测定土的动力性质时,可选用动三轴、动单剪、动扭剪或共振柱试验:

1 测定应变幅为 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ 范围的动模量和阻尼比时,可

进行动三轴、动单剪或动扭剪试验；

2 测定应变幅为 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 范围的动模量和阻尼比时,可进行共振柱试验；

3 为边坡或地基土动力稳定性分析提供动参数时,可进行动三轴试验；

4 用应力法判别土层液化可能性,需测定砂土、砂质粉土抗震液化强度时,可进行动三轴、动单剪或动扭剪试验；

5 用刚度法判别土层液化可能性,需测定砂土、砂质粉土发生孔压增长的门槛剪应变时,可进行共振柱试验。

11.6.2 各种动力性质试验宜提供下列成果：

1 动模量和阻尼比试验提供动模量与动应变关系曲线,阻尼比与动应变关系曲线；

2 动强度试验提供不同固结压力下的动剪应力与振次关系曲线；

3 液化强度试验提供不同固结压力下的液化应力与振次关系曲线。

11.6.3 动强度和液化试验破坏标准：

1 动弹性应变和塑性应变之和达到 $2.5\% \sim 5\%$ 时；

2 孔隙水压力上升,达到初始固结围压时。

12 地下水

12.1 一般规定

12.1.1 上海地区与工程建设密切相关的地下水主要为第四系地层中的潜水、微承压水和承压水。

12.1.2 潜水赋存于浅部地层中,潜水水位埋深一般为 0.3m~1.5m,水位受降雨、潮汛、地表水及地面蒸发的影响有所变化,年平均水位埋深一般为 0.5m~0.7m;当大面积填土时,潜水位会随地面标高的升高而上升。

12.1.3 微承压水赋存于全新统地层中下部的粉性土或砂土中,呈不连续分布,局部与承压水连通,其水位低于潜水位,呈周期性变化,水位埋深约 3m~11m。

12.1.4 承压水赋存于上更新统地层中的粉性土或砂土中,其水位低于潜水位,呈周期性变化,水位埋深约 3m~12m,不同区域其水位有较大变化。

12.1.5 地下水的温度,在地表下 4m 深度范围内受气温变化影响明显,4m 以下水温受气温变化影响小,一般为 16℃~20℃。

12.1.6 未受环境污染时,潜水和地基土一般对混凝土有微腐蚀性;当长期浸水时,潜水对混凝土中的钢筋有微腐蚀性;当干湿交替时,对混凝土中的钢筋有微或弱腐蚀性;潜水对钢结构有弱腐蚀性。承压水一般对混凝土有微腐蚀性,对混凝土中的钢筋有微腐蚀性。

12.1.7 勘察时宜调查勘察场地和周围是否存在影响地下水及地表水的污染源。

12.1.8 对污染场地,应有针对性并采取至少两组有代表性的水样进行测试分析与评价。地下水对建筑材料的腐蚀性等级为中等及以上时,尚应进行地基土的专项测试分析。

12.1.9 当判定场地地下水与地基土受污染时,应根据工程需要提出专项勘察的建议。对污染水土的测试与评价应符合本规范第 6.10 节的相关规定。

12.1.10 地下水、土试样的采取和试验应按有关规范和规程进行。评价地下水、土对混凝土、钢筋混凝土中的钢筋及钢结构的腐蚀性所需进行的化验或测试内容见表 12.1.10。

表 12.1.10 地下水、土试样的测试目的和内容

测试目的	取样量	样品处理	化 验 或 测 试 内 容	
评价地下水对混凝土及钢结构的腐蚀	水样 1kg	侵蚀性 CO ₂ 需单独取样,在现场加 CaCO ₃ 后密封	pH 值、游离 CO ₂ 、侵蚀性 CO ₂ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、NH ₄ ⁺ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、OH ⁻ 、总硬度	除 pH 外其他均用 mg/L 表示
评价土对混凝土及钢结构的腐蚀	土样 3kg	水浸出液土水比=1:5	pH 值(应为电极在土中直接测定)、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、HCO ₃ ⁻ 、CO ₃ ²⁻ 、有机质	除 pH 外其他均用 mg/kg 表示
	土样 1kg	盐酸浸出液	SO ₄ ²⁻	
评价土对钢结构的腐蚀	土样 5kg	室内测试	质量损失	
	原位测试(除视电阻率外,其他各项亦可取不扰动土进行室内试验)		pH 值、氧化还原电位、视电阻率、极化电流密度	

12.1.11 当地下水的变化或含水层的水文地质特性对地基基础设计及施工有重大影响时,宜进行专门的水文地质勘察。

12.2 水文地质参数的确定

12.2.1 应根据工程需要,针对基础形式、开挖深度及施工工法等情
况,确定所提供的水文地质参数。

12.2.2 钻孔中稳定潜水位应在水位恢复稳定后量测。量测稳定水位的
时间应根据地层的渗透性确定,从停钻到量测的时间,对砂土和碎石土不
宜少于 2h,对粉性土和黏性土不宜少于 8h。需绘制地下水等水位线图
时,应统一量测稳定水位。对位于江、河岸边的工程,地表水、地下水应
同时量测,并注明量测时间,以了解地下水与地表水之间的水力联系。

12.2.3 当需量测承压含水层水位时,应采取隔水措施将被测含水层
和其他含水层隔离后测其稳定水位;当涉及多层承压含水层时,应分别量
测其稳定水位。量测稳定水位的时间不宜少于连续 5d。工程需要时,宜
收集该区域相关含水层的长期水位观察资料。必要时,可埋设孔隙水压
力计或采用孔压静力触探进行量测,但在黏性土中必须有足够的消散时
间。

12.2.4 进行钻孔简易抽(注)水试验测定土层的原位渗透系数 k
值时,试验应符合本规范第 10.12 节、第 10.13 节的相关要求。

12.3 地下水评价

12.3.1 应根据工程需要,分析评价地下水对建(构)筑物基础设计与
施工的影响,预估可能产生的危害,提出预防和处理措施的建议。

12.3.2 应根据工程需要,评价地基土的透水性,提供地基土的透水性
指标。

12.3.3 评价承压水引发深基坑突涌的可能性时,应提供承压含

水层的水头压力,对承压含水层和隔水顶板土层的土性、埋藏深度、厚度、透水性及基坑开挖后坑底以下地基土抗承压水头的稳定性等进行综合分析评价。

基坑开挖后坑内地基土抗承压水头的稳定性应满足下式:

$$p_{cz}/p_{wy} \geq 1.05 \qquad (12.3.3)$$

式中 p_{cz} ——坑底开挖面以下至承压含水层顶板间覆盖土的自重压力(kPa),地下水位以下按饱和重度计算;

p_{wy} ——承压水压力(kPa)。

12.3.4 当基坑开挖深度以内有粉性土或砂土存在时,应评价在施工开挖过程中产生流砂的可能性。

12.3.5 对采取降水施工的工程,应分析评价降水对邻近建(构)筑物及地下设施的影响。

12.3.6 对地下结构,应评价不利组合情况下地下水对结构物的上浮作用。

12.3.7 应评价地下水和地基土对混凝土和钢结构的腐蚀性。地下水和土对混凝土腐蚀性评价标准见表 12.3.7—1 和表 12.3.7—2;地下水和土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价标准见表 12.3.7—3;地下水和土对钢结构的腐蚀性评价标准见表 12.3.7—4 和表 12.3.7—5。

表 12.3.7—1 按环境类型水和土对混凝土的腐蚀性评价

腐蚀等级	腐蚀介质	环境类型	
		Ⅱ	Ⅲ
微 弱 中 强	硫酸盐含量 SO_4^{2-} (mg/L)	<300 300~1500 1500~3000 >3000	<500 500~3000 3000~6000 >6000

续表 12.3.7—1

腐蚀等级	腐蚀介质	环境类型	
		Ⅱ	Ⅲ
微弱 中 强	镁盐含量 Mg^{2+} (mg/L)	<2000 2000~3000 3000~4000 >4000	<3000 3000~4000 4000~5000 >5000
微弱 中 强	铵盐含量 NH_4^+ (mg/L)	<500 500~800 800~1000 >1000	<800 800~1000 1000~1500 >1500
微弱 中 强	苛性碱含量 OH^- (mg/L)	<43000 43000~57000 57000~70000 >70000	<57000 57000~70000 70000~100000 >100000
微弱 中 强	总矿化度 (mg/L)	<20000 20000~50000 50000~60000 >60000	<50000 50000~60000 60000~70000 >70000

- 注:1. 在弱透水土层中宜按Ⅲ类环境评价,在强透水土层中宜按Ⅱ类环境评价;
2. 表中数值适用于有干湿交替作用的情况,Ⅱ类腐蚀环境无干湿交替作用时,表中硫酸盐含量数值应乘以 1.3 的系数;
3. 表中数值适用于水的腐蚀性评价,对土的腐蚀性评价,应乘以 1.5 的系数;单位以 mg/kg 表示;
4. 表中苛性碱(OH^-)含量(mg/L)应为 NaOH 和 KOH 中的 OH^- 含量(mg/L)。

表 12.3.7—2 按地层渗透性水和土对混凝土的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH 值		侵蚀性 CO ₂ (mg/L)		HCO ₃ ⁻ (mmol/L)
	A	B	A	B	A
微	>6.5	>5.0	<15	<30	>1.0
弱	6.5~5.0	5.0~4.0	15~30	30~60	1.0~0.5
中	5.0~4.0	4.0~3.5	30~60	60~100	<0.5
强	<4.0	<3.5	>60	—	—

- 注：1. 表中 A 是指直接临水或强透水层中的地下水；B 是指弱透水层中的地下水。强透水层是指碎石土和砂土；弱透水层是指粉性土和黏性土；
2. HCO₃⁻ 含量是指水的矿化度低于 0.1g/L 的软水时，该类水质 HCO₃⁻ 的腐蚀性；
3. 土的腐蚀性评价只考虑 pH 值指标；评价其腐蚀性时，A 是指强透水土层；B 是指弱透水土层。

表 12.3.7—3 水和土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价

腐蚀等级	水中的 Cl ⁻ 含量 (mg/L)		土中的 Cl ⁻ 含量 (mg/kg)	
	长期浸水	干湿交替	A	B
微	<10000	<100	<400	<250
弱	10000~20000	100~500	400~750	250~500
中	—	500~5000	750~7500	500~5000
强	—	>5000	>7500	>5000

- 注：表中 A 是指地下水位以上的碎石土、砂土，稍湿的粉性土，坚硬、硬塑的黏性土；B 是湿、很湿的粉性土，可塑、软塑、流塑的黏性土。

表 12.3.7—4 水对钢结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH 值, ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) 含量 (mg/L)
弱	$\text{pH}3 \sim 11, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) < 500$
中	$\text{pH}3 \sim 11, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) \geq 500$
强	$\text{pH} < 3, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ 任何浓度

注:1. 表中是指氧能自由溶入的水;

2. 本表也适用于钢管道;

3. 若水的沉淀物中有褐色絮状物沉淀(铁)、悬浮物中有褐色生物膜、绿色丛块,或有硫化氢臭,应作铁细菌、硫酸盐还原细菌的检查,查明有无细菌腐蚀。

表 12.3.7—5 土对钢结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH	氧化还原电位 (mV)	视电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)	极化电流密度 (mA/cm^2)	质量损失 (g)
微	> 5.5	> 400	> 100	< 0.02	< 1
弱	$5.5 \sim 4.5$	$400 \sim 200$	$100 \sim 50$	$0.02 \sim 0.05$	$1 \sim 2$
中	$4.5 \sim 3.5$	$200 \sim 100$	$50 \sim 20$	$0.05 \sim 0.20$	$2 \sim 3$
强	< 3.5	< 100	< 20	> 0.20	> 3

注:1. 土对钢结构的腐蚀性评价,应结合地下水水质分析资料,综合判定腐蚀等级;

2. 视电阻率指标不适用于高强度电磁环境条件下土对钢结构的腐蚀性评价。对工程建设及营运中显著改变电磁场的区域,需对建筑材料的腐蚀性作专题研究。

13 现场检验与监测

13.1 一般规定

13.1.1 在施工阶段应进行现场检验与监测,以保证施工质量与安全。对轨道交通等重要市政工程或其他沉降尚未稳定且对使用期有影响的工程,尚应根据任务委托要求,在营运期内继续进行监测。

13.1.2 现场检验目的是在施工阶段对工程勘察成果、设计方案及施工质量进行检查。主要包括基槽检验、地基处理效果及桩基等的检验,并对施工过程中出现的问题提出处理建议。

13.1.3 现场监测目的是对施工及使用过程中,针对岩土性状、周围环境、相邻建(构)筑物和地下设施发生的变化而进行的各种观测,并视其变化规律和发展趋势,提出相应防治的建议。

13.1.4 检测与监测仪器精度应符合工程要求,并应定期进行检验、校准和标识,在规定的有效期内使用。

13.1.5 现场监测应根据工程性质与要求、施工阶段与工况、场地的工程地质条件与周围环境状况有针对性地进行,遇下列情况时应布置现场监测:

1 地基加固或沉桩施工可能危及相邻建(构)筑物,并对周围环境有影响时;

2 基坑开挖引起土体位移及基坑回弹危及支护结构、相邻建(构)筑物和地下设施安全时;

3 需监测建(构)筑物施工和使用过程中的沉降变化时;

4 轨道交通、隧道等重大市政设施施工及在其安全保护区

内进行其他工程活动时。

13.1.6 检测与监测的工作量布置与测试精度应符合相关技术标准的要求。

13.1.7 现场检验与监测前应现场踏勘、编制工作大纲。现场设置的监测点,应在其稳定后测定初始值。

13.1.8 现场检验与监测数据应真实、可靠,并及时汇总整理后报送相关单位。当测试值大于报警值,应及时报警。

13.2 现场检验

13.2.1 现场检验应满足下列技术要求:

- 1 根据不同类型的检验要求,选用合适的检验方法;
- 2 检测点抽样应具有代表性;
- 3 应结合地层特征、施工工法等综合判断检验结果。

13.2.2 基槽(坑)检验应符合下列要求:

- 1 基槽开挖后,应及时到现场核对基槽位置和槽底标高;
- 2 观察基槽(坑)底部土质,判断是否为地基持力层,检查是否有暗浜等不良地质条件存在;
- 3 必要时,可采用轻便触探试验、静力触探试验进行测试,检验地基的均匀性;
- 4 当土性异常时,提出处理措施或施工勘察的建议。

13.2.3 天然地基和处理土地基检验应符合下列规定:

- 1 天然地基和处理土地基承载力可采用平板载荷试验进行检测;
- 2 换填地基均匀性和承载力可采用标准贯入试验或静力触探试验进行检测;换填地基应分层进行压实系数检测,压实系数可选择《土工试验方法标准》GB/T 50123 中的环刀法、灌砂法、灌

水法或其他有效的方法进行检测；

3 预压法地基处理效果可采用十字板剪切试验、静力触探试验和室内土工试验等方法进行检测；

4 强夯法地基处理效果可选择静力触探试验、标准贯入试验和室内土工试验等方法进行检测；

5 不加填料振冲加密处理效果可选择标准贯入试验、静力触探试验等方法进行检测；

6 注浆地基处理效果可选择标准贯入试验等方法进行检测。

13.2.4 复合地基及强夯置换墩地基检验应符合下列规定：

1 复合地基及强夯置换墩地基承载力应采用复合地基载荷试验进行检测，可选择多桩复合地基载荷试验或单桩复合地基载荷试验，载荷板面积应与多桩或单桩承担处理的面积一致；

2 桩间土承载力可采用平板载荷试验检测，桩（墩）体承载力可采用单桩静载荷试验检测；

3 水泥土搅拌桩、高压旋喷桩的桩身质量可采用钻芯法进行检测；

4 水泥粉煤灰碎石桩的桩身质量可采用低应变法或钻芯法进行检测；

5 振冲桩的桩体质量可采用标准贯入试验进行检测；

6 碎石、砂石桩的桩体质量可采用圆锥动力触探试验进行检测；

7 强夯置换地基加固效果可采用圆锥动力触探试验进行检测。

13.2.5 桩基检验应符合下列规定：

1 单桩承载力可采用静载荷试验进行测试，休止期应符合

有关规定。当有动静对比资料时,也可采用高应变法动测进行单桩承载力测试;

2 桩身质量可采用低应变法或高应变法进行动测,必要时,也可采用钻芯法进行检验。

13.3 现场监测

13.3.1 现场监测技术应满足下列要求:

1 监测项目的选择应根据工程特点、设计要求、现场条件、地区经验和方法的适用性等确定,现场监测项目可按表 13.3.1 进行布置;

2 监测范围应与主要影响范围相一致,并应满足规范和设计要求,同时应符合主管部门对工程 and 环境保护的规定;

3 同一工程的监测,宜固定观测人员和仪器,应采用相同的观测方法和观测路线施测;

4 监测过程中应进行现场定期巡视检查,并做好巡视记录;

5 每个工程至少应有 3 个稳定、可靠的基准点;

6 监测报警值应根据工程性质和要求以及监测数据的变化速率与累计值综合确定;

7 监测频率应能准确反映工程周边环境、支护结构或水土压力等的动态变化,宜采用定时监测。工程需要时,应进行跟踪监测;

8 轨道交通车站、隧道、优秀保护建筑、原水管道、输油管道等重要工程,其监测方法和监测精度应符合相关标准及管理部门的要求。

表 13.3.1 各阶段监测项目

序号	工程活动 监测项目		预压、强夯等地基加固	沉桩施工	围护施工	基坑开挖至地下结构完成阶段			基础底板	盾构法隧道	上部结构施工及使用阶段
						水泥土墙	板式支护结构	放坡开挖			
1	竖向或侧向土压力		√				○			○	
2	孔隙水压力		√	√			○			○	
3	地基沉降及分层沉降		√				○				√
4	土体深层侧向位移		√	○		○	○			○	
5	邻近土体表面		√	√	○	○	√	○		√	
6	结构内力(包括围护体内力、支撑轴力、锚杆拉力、管片内力等)					○	√			○	○
7	基底回弹及隆起						○				
8	围护墙或边坡顶部竖向及水平位移					√	√	√			
9	围护墙侧向变形					√	√				
10	立柱竖向位移						√				
11	施工区内外地下水位		√			√	√	√			
12	邻近建(构)筑物	竖向位移	√	√	√	√	√	√		√	○
		水平位移	○	○	○	○	○	○		○	○
		倾斜	○	○	○	○	○	○		○	○
		裂缝	√	√	√	√	√	√		√	○

续表 13.3.1

序号	工程活动 监测项目	预压、强夯等地基加固	沉桩施工	围护施工	基坑开挖至地下结构完成阶段			基础底板	盾构法隧道	上部结构施工及使用阶段
					水泥土墙	板式支护结构	放坡开挖			
13	邻近地下管线水平及竖向位移	√	√	√	√	√	√		√	
14	振动、噪音		√							
15	温度、裂缝							√		
16	隧道沉降								√	
17	隧道净空收敛								√	
18	巡视检查	√	√	√	√	√	√		√	

注：1. “√”为应测项目，“○”为宜测项目；

2. 专项监测可会同有关单位确定或参照有关规定进行。

13.3.2 沉桩工程监测应符合下列要求：

1 沉桩施工阶段宜进行孔隙水压力、土体位移、振动等监测工作，以判断施工过程的安全程度；

2 挤土桩和部分挤土桩施工监测范围应符合上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 表 16.7.1 中的要求；

3 沉桩施工监测应形成监测剖面，宜从沉桩区边线开始向外先密后疏布置；

4 孔隙水压力计应在沉桩影响深度范围内的土层中竖向布置，软弱土层中应布置测点，并采取措施确保各元件间的有效隔离；

5 土体侧向位移宜布置在沉桩区与被保护对象之间，测斜

管理深应根据桩入土深度、间距、环境和地质条件及保护要求综合确定；

6 沉桩区周围存在对振动敏感的建(构)筑物和设施时,应根据保护要求进行振动监测。在有噪音控制要求的区域,应进行噪音监测。

13.3.3 基坑工程监测应符合下列要求：

1 监测应包括周边环境和支护体系监测；

2 监测点应布置在周边环境保护重点处及监测对象内力和变形特征点处,不同监测项目的监测点宜布置在同一断面上；

3 围护体、土体侧向变形可用测斜仪测定,土体中测斜管理设深度宜大于监测对象埋置深度；

4 围护体、支护杆件(支撑、锚杆)、建(构)筑物上部结构的受力监测可采用钢筋应力计或混凝土应变计等量测,钢构件可采用轴力计或应变计等量测；

5 围护体顶部水平位移和垂直位移测点应为共同点,围护体测斜孔顶部、支撑中间部位应布置位移监测点；

6 挡土结构侧壁的土压力变化应采用土压力计量测,传感器应布置于挡土结构侧壁的各土层内；

7 地下水位监测包括潜水水位监测和承压水水位监测,监测点应布置在基坑转角、隔水帷幕搭接及需要重点保护监测对象等处;水位管理设深度、埋设方法宜根据含水层的深度及性质确定；

8 立柱垂直位移测点应布置在基坑中部、多根支撑交汇处、施工栈桥下和地质条件复杂处等位置。

13.3.4 地基加固工程监测应符合下列要求：

1 地基加固工程中应进行垂直位移、水平位移、孔隙水压力

等监测,并根据不同的地基加固方法与设计要求确定监测方法及控制指标;

2 对预压、强夯等地基处理工程,如周边有建(构)筑物时,还应进行土体深层侧向位移和地表边桩位移监测;

3 应对各监测项目的观测资料进行综合对比分析,研究其发展趋势。

13.3.5 盾构法隧道施工监测应符合下列要求:

1 盾构法隧道施工时应监测隧道结构沉降、净空收敛和周边环境变形。需要时可对管片内力进行监测;

2 在盾构始发段、地质条件复杂区域和周边环境复杂地段,地表应布置横向监测断面,纵向测点沿盾构轴线布置;

3 隧道管片宜在拱顶、拱底及两侧拱腰处布设净空收敛测点。

13.3.6 建(构)筑物垂直位移监测应符合下列要求:

1 建(构)筑物长期沉降(垂直位移)观测宜从基础浇筑开始,实施于结构施工以及使用期间全过程;

2 应埋设满足要求的3个专用水准点,沉降点的布设应根据建(构)筑物体型与结构型式、工程地质条件等因素,并能全面反映建(构)筑物地基变形特征,要求便于观测且不易遭到损坏;

3 当周边工程活动影响建(构)筑物变形稳定时,应根据要求进行水平位移、倾斜及裂缝监测;

4 监测方法等尚应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的相关规定。

14 岩土工程分析评价

14.1 一般规定

14.1.1 岩土工程分析评价应具备下列条件：

- 1 了解工程的结构类型、特点、荷载情况和变形控制等要求；
- 2 掌握场地的工程地质条件；
- 3 了解地区和类似工程经验；
- 4 了解周边环境条件及保护要求。

14.1.2 应根据不同类型工程的特点，结合工程地质条件及环境保护要求，有针对性地进行岩土工程分析评价，其内容应符合本章第 14.2 节的规定。

14.1.3 岩土工程计算应符合下列要求：

- 1 评价地基土承载力和边坡、支护结构、基坑稳定性等问题，按承载能力极限状态计算；
- 2 评价地基土和基坑的变形等问题，按正常使用极限状态计算。

14.1.4 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的量测结果，用反分析的方法求得土性参数，验证设计计算，查验工程效果。

14.2 分析评价的基本要求

14.2.1 天然地基的分析评价宜包括下列内容：

- 1 天然地基持力层的比选和建议；

2 提出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,提供相应基础尺寸的地基承载力设计值;

3 明(暗)浜等不良地质条件地基处理方法的建议;

4 工程需要时,可经专项委托,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。

14.2.2 桩基工程的分析评价宜包括下列内容:

1 桩基持力层的比选和建议;

2 可能采用桩型、规格及相应的桩端入土深度的分析建议,提供桩基设计、施工所需的岩土参数及单桩承载力估算值;

3 沉(成)桩可能性评估;

4 对桩基设计、施工注意事项提出建议;

5 工程需要时,经专项委托,可估算桩基沉降量,进行桩基方案技术经济比较,评估施工对周围环境的影响,提出防治对策的建议。

14.2.3 沉降控制复合桩基工程的分析评价宜包括下列内容:

1 提供承台基础的地基持力层、埋置深度的建议,提供相应基础尺寸的地基承载力设计值;

2 进行桩基持力层比选,并提供相应桩基设计参数及单桩竖向极限承载力标准值;

3 对沉桩可能性进行分析评价,并提出施工注意事项;

4 对不良地质条件(暗浜、明浜、杂填土等)提出地基处理方案建议;

5 工程需要时,经专项委托,可按基础及荷载条件,提供基础承台面积、桩数与沉降量关系曲线。

14.2.4 基坑工程的分析评价宜包括下列内容:

1 按基坑安全等级分别提出基坑设计、施工所需的土性参

数。工程需要提供地基土基床系数及比例系数时,可参见附录 J;

2 提供沿基坑周边填土、暗浜、地下障碍物等分布情况,并分析其对工程的影响;

3 提供地下水分布情况,分析其对工程的影响。临岸基坑工程,尚应评价地下水与地表水之间的水力联系;

4 对基坑开挖时产生流砂、管涌、坑底突涌可能性作出分析评价;

5 对基坑支护结构形式及降排水方法提出建议;

6 对基坑设计、施工注意事项提出建议;

7 预测评价基坑开挖、降水对周围环境的影响,并提出防护措施的建议;

8 工程需要时,经专项委托,可估算深基坑回弹量;对各种可能选用的基坑支护结构方案进行技术分析比较,并提出建议。

14.2.5 既有建筑加层或加固工程的分析评价内容除符合本章有关规定外,尚宜包括下列内容:

1 既有建筑物的沉降是否稳定;

2 地基土层在经受外荷载作用下的变化情况,地基预压区与非预压区的土性差异性分析;

3 地基加固的必要性分析;若需加固时,尚应提出加固方法的建议;

4 预测施工对既有建筑物及其邻近设施的影响,并提出相应监护措施的建议。

14.2.6 道路工程的分析评价内容除符合本章有关规定外,尚宜包括下列内容:

1 提供道路设计、施工所需的土性参数,高填土道路尚应包括土层的承载比 CBR ,路基填土的最优含水量、最大干密度等,并

提供路基沉降计算所需土层的压缩模量、固结系数等；

- 2 建议路基持力层,估算假定条件下的路基承载力；
- 3 对明(暗)浜、厚填土等提出地基处理建议；
- 4 对高填土路基的强度和稳定性进行分析评价；
- 5 工程需要时,经专项委托,可预估高填土路基的沉降量,并进行地基处理方案技术经济比选。

14.2.7 桥梁工程的分析评价内容除符合本章桩基工程有关规定外,尚宜包括下列内容：

- 1 根据河床断面及水文资料,分析评价冲刷对桥梁基础的不利影响；
- 2 评价临近岸坡的桩基施工对岸坡稳定性的影响。

14.2.8 采用顶管法施工管道的分析评价内容除符合本章有关规定外,尚宜包括下列内容：

- 1 根据管道范围内土层性质,评价顶管施工的适宜性；
- 2 根据顶管范围内地下障碍物分布情况,提出处理建议；
- 3 对管道施工过程中产生流砂、管涌等不良地质的可能性进行分析评价,并提出防治建议；
- 4 提供地下水水质分析成果,对金属管道尚应提供土层电阻率,并判定地下水和地基土对管道的腐蚀性,提出防治措施的建议；

5 工作井和接收井采用明挖或沉井法施工时,其评价内容可参考本章第 14.2.4、14.2.9 条。

14.2.9 沉井(沉箱)工程除符合本章有关规定外,尚宜包括下列内容：

- 1 提供沉井下沉时各土层与井壁之间的摩阻力参数(可参见附录 H),提出施工期和使用期抗浮验算参数建议；

2 对沉井下沉过程中产生流砂、井底软弱土层突沉或隆起、井底承压水突涌可能性进行分析评价,并提出防治措施的建议;

3 评价沉井施工对环境的影响,并提出相应建议。

14.2.10 采用盾构、沉管法施工的区间隧道的分析评价内容除符合本章有关规定外,尚宜包括下列内容:

1 评价盾构掘进(或沉管隧道开挖)范围内土层适宜性;

2 评价隧道施工过程中产生流砂、管涌的可能性;

3 根据隧道影响范围内承压含水层、天然气分布情况,分析评价其对隧道设计和施工可能产生的影响,提出处理措施的建议;

4 根据沿线地下设施及障碍物调查报告,分析评价其对设计和施工的不利影响,以及隧道施工对环境的不利影响,并提出处理建议;

5 对涉及水域隧址工程,可根据河床断面图、河势演变分析报告,分析评价河床冲淤变化对工程的不利影响,并提出防治措施的建议;

6 工程需要时,经专项委托,可对采用冻结法(暗挖)施工的联络通道宜提供相关土层的热物性指标及不同工况下土层的强度参数,并评价冻融引起的沉陷对工程及环境的不利影响。

14.2.11 堤岸工程的分析评价内容除符合本章有关规定外,尚宜包括下列内容:

1 提供堤岸稳定性、抗渗性计算所需土性参数,重力式堤岸尚应提供构筑物基底与地基土间的摩擦系数,桩式堤岸尚应提供桩基设计参数;

2 评价影响堤岸稳定性、渗透性、地基变形的因素,并提出防治措施的建议;

3 当对原有堤岸进行加高加固时,应对原有堤岸状况进行评价,并提出地基加固措施建议;

4 当工程需要时,应进行筑堤土料专项勘察,评价土料质量、储量及开采、运输条件。

14.2.12 大面积堆土工程、废弃物处置工程、污染土处理工程的分析评价内容宜分别符合本规范第 6.8、6.9、6.10 节的相关要求。

14.2.13 港口工程的分析评价内容除符合本章有关规定外,尚宜包括下列内容:

- 1 提供堤坝、岸坡、边坡稳定性计算参数;
- 2 评价地基的抗渗性能;
- 3 对影响码头稳定性因素进行评价(包括冲刷、后方堆载等);
- 4 桩式码头应提供桩基设计参数、估算单桩承载力,进行沉桩可行性分析;
- 5 重力式码头应提供构筑物基础底面与地基土之间的摩擦系数;
- 6 对需要进行基坑开挖的船坞及港池等,应提供基坑围护设计与施工所需参数;
- 7 对堆场区提出有关地基处理的建议;
- 8 海域区应重点评价水土对建(构)筑物的腐蚀性,并提出处理建议。

14.2.14 水闸工程的分析评价内容除符合本章有关规定外,尚宜包括下列内容:

- 1 提供水闸地基和基坑设计所需岩土参数;
- 2 评价水闸地基的抗滑稳定、沉降及渗透稳定条件,并提出

防治措施的建议；

3 评价水闸上下游地基土抗冲刷稳定条件,并提出防治措施的建议；

4 评价基坑边坡抗滑稳定及渗透稳定条件,并提出防治措施的建议。

14.3 地基土参数统计

14.3.1 地基土室内及原位测试的参数统计应符合下列规定：

1 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(算术平均值或最大、最小平均值)、子样数及变异系数。

14.3.2 物理指标宜采用算术平均值,应计算相应的均方差与变异系数,给出范围值。当变异系数较大时,应分析误差原因,提出建议值。

14.3.3 抗剪强度指标当变异系数大于 30%时,宜剔除大值,取小值平均确定计算值。

14.3.4 压缩变形指标应提供相应的压缩系数、压缩模量算术平均值。先期固结压力可给定范围值,并计算相对应的超固结比,提供压缩指数和回弹指数。

14.3.5 静力触探测试参数应提供分层统计值,并计算场地最小平均值或算术平均值。

14.3.6 十字板剪切强度、标准贯入击数及剪切波速等指标,应提供分层统计值。

14.3.7 必要时可采用保证界限法提供土性参数计算值,或根据

参数的变异性、子样的个数,提供经验值。

14.4 天然地基承载力确定

14.4.1 天然地基的地基承载力设计值,应根据工程性质、设计要求和地基土特性,采用可靠的土性参数确定。对黏性土可由室内土工试验强度指标或原位测试方法确定;对粉性土、砂土或填土宜由原位测试方法确定;必要时,可采用静载荷试验方法确定;当具备条件时也可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,并说明其适用条件。

14.4.2 采用静载荷试验确定天然地基承载力设计值时,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,其天然地基承载力设计值 f_d 应按式(14.4.2)计算:

$$f_d = f_{kt} / \gamma_R + \gamma_0 d \quad (14.4.2)$$

式中 f_{kt} ——浅层静载荷试验取得的天然地基极限承载力试验统计值(kPa);

γ_0 ——基础底面以上土层厚度的加权平均重度(kN/m³),地下水位以下取浮重度;

d ——基础埋置深度(m),一般自室外地面标高算起;在填方整平地区,可自填土地面标高算起,但填土在上部结构竣工后完成时,应从天然地面标高算起;

γ_R ——天然地基承载力抗力分项系数,可取2.0。

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设计值的影响。

14.4.3 采用室内土工试验指标计算天然地基承载力设计值时,应符合下列规定:

1 采用直剪固快抗剪强度指标计算天然地基承载力设计值 f_d 时,可按现行上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 有关规定计算;

2 采用无侧限抗压强度 q_u 或三轴不固结不排水抗剪强度 c_u 计算黏性土天然地基承载力设计值 f_d 时,可按公式(14.4.3—1)、(14.4.3—2)计算。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设计值的影响。

$$f_d = \gamma_0 d + 2.5 c_u \quad (14.4.3-1)$$

$$f_d = \gamma_0 d + 2.5 q_u / 2 \quad (14.4.3-2)$$

式中 c_u —— 三轴不固结不排水抗剪强度标准值(kPa);

q_u —— 无侧限抗压强度标准值(kPa)。

14.4.4 采用原位测试成果确定天然地基承载力设计值时,应符合下列规定:

1 当持力层厚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,可根据下式确定:

$$f_d = 0.5 f_k + \eta_d \gamma_0 (d - 0.5) + \eta_b \gamma (b - 3) \quad (14.4.4-1)$$

式中 f_k —— 由表 14.4.4 估算的天然地基极限承载力标准值(kPa);

η_d 、 η_b —— 基础埋深和宽度的地基承载力设计值修正系数,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 —— 基础底面宽度(m),当基础宽度小于 3m 按 3m 考

虑,大于 6m 按 6m 考虑;

d —— 基础埋置深度(m),一般自室外地面算起;在填土整平地区,可自填土地面标高算起,但填土在上部结构竣工后完成时,应从天然地面标高算起;

γ_0 —— 基础底面以上土的加权平均重度(kN/m^3),地下水位以下取浮重度;

γ —— 基础底面以下土的重度(kN/m^3),地下水位以下取浮重度。

2 当持力层下存在软弱下卧层时,应考虑下卧层对地基极限承载力标准值的影响,公式(14.4.4-1)中天然地基极限承载力标准值 f_k 可按下列条件确定:

1)当基底以下持力层厚度 h_1 与基础宽度 b 之比 $h_1/b > 0.7$ 时不计下卧层影响,可按下式确定:

$$f_k = f_{k1} \quad (14.4.4-2)$$

式中 f_{k1} —— 持力层的地基极限承载力标准值(kPa)。

2)当 $0.5 \leq h_1/b \leq 0.7$ 时,可按下式确定:

$$f_k = (f_{k1} + f_{k2})/2 \quad (14.4.4-3)$$

式中 f_{k2} —— 软弱下卧层的地基极限承载力标准值(kPa)。

3)当 $0.25 \leq h_1/b < 0.5$ 时,可按下式确定:

$$f_k = (f_{k1} + 2f_{k2})/3 \quad (14.4.4-4)$$

4)当 $h_1/b < 0.25$ 时不计持力层影响,可按下式确定:

$$f_k = f_{k2} \quad (14.4.4-5)$$

表 14.4.4 天然地基极限承载力标准值 f_k

原位测试方法	土性	f_k (kPa)	适用范围值	符 号 说 明	
静力触探试验	一般黏性土	$f_k=68+0.135p_s$ $f_k=68+0.150q_c$	滨海平原区： $p_s>1500\text{kPa}$ 取 1500 $q_c>1300\text{kPa}$ 取 1300 湖沼平原Ⅰ-1区： $p_s>2000\text{kPa}$ 取 2000 $q_c>1700\text{kPa}$ 取 1700	p_s ——各土层静探比贯入阻力 (kPa)； q_c ——各土层静探锥尖阻力 (kPa)； N_{10} ——轻便触探试验的锤击数 (击/30cm)	
	淤泥质土	$f_k=58+0.125p_s$ $f_k=58+0.145q_c$	$p_s>800\text{kPa}$ 取 800 $q_c>700\text{kPa}$ 取 700		
	粉性土	$f_k=72+0.090p_s$ $f_k=72+0.108q_c$	$p_s>2500\text{kPa}$ 取 2500 $q_c>2200\text{kPa}$ 取 2200		
	素填土	$f_k=54+0.108p_s$ $f_k=54+0.125q_c$	$p_s>1500\text{kPa}$ 取 1500 $q_c>1300\text{kPa}$ 取 1300		
	冲填土	$f_k=40+0.080p_s$ $f_k=40+0.095q_c$	$p_s>1000\text{kPa}$ 取 1000 $q_c>900\text{kPa}$ 取 900		
轻便触探试验	素填土	$f_k=80+4.0N_{10}$	$N_{10}>30$ 取 30		
	冲填土	$f_k=58+2.9N_{10}$			
旁压试验	黏性土	$f_k=1.6(p_y-p_0)$ $f_k=(p_L-p_0)/1.2$	—		p_0 ——由旁压试验曲线和经验综合确定的侧向压力 (kPa)；
	粉性土	$f_k=1.4(p_y-p_0)$ $f_k=(p_L-p_0)/1.3$			p_y ——由旁压试验曲线确定的临塑压力 (kPa)；
	砂土	$f_k=1.3(p_y-p_0)$ $f_k=(p_L-p_0)/1.5$			p_L ——由旁压试验曲线确定的极限压力 (kPa)

注:对浅部的非均质土、人工填土和新近沉积土,宜采用轻便触探或静力触探试验,查明其均匀情况。当土质较均匀时,宜取平均值;当土质不均匀时,宜取最小平均值。

14.4.5 采用类比法确定天然地基承载力设计值 f_d 时,应充分比较类同工程的沉降观测资料、工程地质条件、荷载条件和基础条件等。

14.5 桩基承载力确定

14.5.1 桩基的单桩承载力应结合地区工程经验,根据桩型、规格,采用可靠的原位测试参数进行估算,并参照地质条件类似的试桩资料综合确定。对重要的大型桩基工程或场地地质条件较复杂时,宜通过现场单桩静载荷试验确定。

14.5.2 采用静力触探资料,按地基土对桩的支承能力确定预制桩的单桩竖向承载力设计值时,可采用下式估算:

$$R_d = \frac{R_{sk}}{\gamma_s} + \frac{R_{pk}}{\gamma_p} = \frac{U_p \sum f_{si} l_i}{\gamma_s} + \frac{\alpha_b p_{sb} A_p}{\gamma_p} \quad (14.5.2-1)$$

式中 R_d ——单桩竖向承载力设计值(kN)

f_{si} ——用静力触探比贯入阻力估算的桩周各土层的极限摩阻力标准值(kPa);

p_{sb} ——桩端附近的静力触探比贯入阻力平均值(kPa);

α_b ——桩端阻力修正系数,按表 14.5.2-1 取用;

γ_s ——总侧摩阻力的分项系数,按端阻比 ρ_p 由表 14.5.2-2 查用;

γ_p ——桩端阻力的分项系数,按端阻比 ρ_p 由表 14.5.2-2 查用;

$$\rho_p = \frac{R_{pk}}{R_{pk} + R_{sk}} \quad (14.5.2-2)$$

R_{pk} ——桩端极限阻力标准值(kN);

R_{sk} ——桩侧总极限摩阻力标准值(kN)。

表 14.5.2-1 桩端阻力修正系数 α_b 值

桩长 $l(\text{m})$	$l \leq 7$	$7 < l \leq 30$	$l > 30$
α_b	2/3	5/6	1

表 14.5.2-2 分项系数 γ_s 、 γ_p

ρ_p	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
γ_s	2.09	2.16	2.18	2.13	2.03	1.88	1.73
γ_p	1.08	1.20	1.37	1.61	1.93	2.34	2.83

1 桩端附近的静力触探比贯入阻力平均值 p_{sb} 按下列公式计算:

$$\text{当 } p_{sb1} \leq p_{sb2} \text{ 时, } p_{sb} = (p_{sb1} + \beta p_{sb2}) / 2 \quad (14.5.2-3)$$

$$\text{当 } p_{sb1} > p_{sb2} \text{ 时, } p_{sb} = p_{sb2} \quad (14.5.2-4)$$

式中 p_{sb1} —— 桩端全断面以上的 8 倍桩径范围内的比贯入阻力平均值(kPa);

p_{sb2} —— 桩端全断面以下的 4 倍桩径范围内的比贯入阻力平均值(kPa);

β —— 折减系数,按 p_{sb2}/p_{sb1} 的值查表 14.5.2-3 取用。

表 14.5.2-3 折减系数 β 值

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

2 采用静力触探比贯入阻力估算各层土的极限侧摩阻力时,应结合土工试验资料、土层的埋藏深度及性质分别按下列情况考虑:

1)地表下 6m 范围内的浅层土,可取 $f_s = 15\text{kPa}$

$$(14.5.2-5)$$

2)黏性土:

当 $p_s \leq 1000 \text{kPa}$ 时,

$$f_s = \frac{p_s}{20} \quad (14.5.2-6)$$

当 $p_s > 1000 \text{kPa}$ 时,

$$f_s = 0.025 p_s + 25 \quad (14.5.2-7)$$

3)粉性土及砂土:

$$f_s = \frac{p_s}{50} \quad (14.5.2-8)$$

式中 p_s ——桩身所穿越土层的比贯入阻力平均值(kPa)。

3 用静力触探资料估算的桩端极限阻力值不宜超过 8000kPa,桩侧极限摩阻力值不宜超过 100kPa。对于比贯入阻力 p_s 值为 2500kPa~6500kPa 的浅层粉性土或稍密的砂土,估算桩端阻力和桩侧摩阻力时应结合土的密实程度以及类似工程经验综合确定;

4 湖沼平原 I-1 区,地表下 4m 范围内的浅层土其桩侧极限侧摩阻力 f_s 可取 15kPa;第⑥₁ 层暗绿~草黄色黏性土及第⑥₂ 层黄~灰色粉性土、粉砂,其桩侧极限侧摩阻力 f_s 可按公式 (14.5.2-7)和(14.5.2-8)估算值的 70%考虑。

14.5.3 对于打(压)入式混凝土预制桩的桩周土极限摩阻力 f_s 可根据旁压试验曲线的极限压力 p_L 查图 14.5.3 确定;桩端土极限端承力 f_p 可按式(14.5.3-1)~(14.5.3-3)进行计算:

$$\text{黏性土:} \quad f_p = 2p_L \quad (14.5.3-1)$$

$$\text{黏质粉土:} \quad f_p = 2.5p_L \quad (14.5.3-2)$$

$$\text{砂质粉土或砂土:} \quad f_p = 3p_L \quad (14.5.3-3)$$

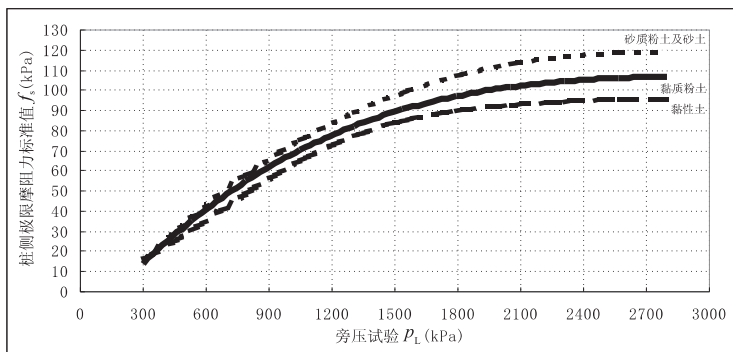


图 14.5.3 打(压)入式混凝土预制桩 f_s 与 p_L 关系图

14.5.4 当采用原位测试方法估算钻孔灌注桩单桩竖向极限承载力标准值时,在确保成桩质量的前提下,桩周土极限摩阻力 f_s 宜为打(压)入式混凝土预制桩的 0.7~0.8 倍;桩端土极限端承力 f_p 可为打(压)入式混凝土预制桩的 0.3~0.4 倍。

14.5.5 依据土性确定各层土的桩周极限摩阻力和桩端处土的极限端承力,估算单桩竖向承载力设计值时,可按式(14.5.5-1)进行计算:

$$R_d = \frac{R_{sk}}{\gamma_s} + \frac{R_{pk}}{\gamma_p} = \frac{U_p \sum f_{si} l_i}{\gamma_s} + \frac{f_p A_p}{\gamma_p} \quad (14.5.5-1)$$

式中 U_p ——桩身截面周长(m);

f_{si} ——桩侧第 i 层土的极限摩阻力标准值(kPa),可根据土层的名称、埋藏深度及性质并结合原位测试值按表 14.5.5 所列的数值选用;

f_p ——桩端处土的极限端阻力标准值(kPa),可根据土层的名称、埋藏深度及性质并结合原位测试值按表 14.5.5 所列的数值选用;

l_i ——第 i 层土的厚度(m);

A_p —— 桩端横截面面积(m^2)；

γ_s —— 总侧摩阻力的分项系数,按端阻比 ρ_p 由表 14.5.2—2 查用；

γ_p —— 桩端阻力的分项系数,按端阻比 ρ_p 由表 14.5.2—2 查用。

**表 14.5.5 预制桩、灌注桩桩侧极限摩阻力标准值 f_s 与
桩端极限端阻力标准值 f_p**

土层 编号	土层名称	埋藏 深度 (m)	静探比 贯入阻力 p_s	预制桩		灌注桩	
			(MPa)	f_s (kPa)	f_p (kPa)	f_s (kPa)	f_p (kPa)
②	褐黄~灰黄色 黏性土	0~4	0.9~1.5	15	—	15	—
	灰色黏质粉土	4~15	1.0~2.0	20~40	500~1000	15~30	—
	灰色砂质粉土	4~15	1.5~4.0	30~50	1000~2000	25~40	600~800
	灰色粉砂	4~15	3.0~6.0	40~60	2000~3000	30~45	700~900
③	灰色淤泥质粉 质黏土	4~15	0.5~0.7	15~30	200~500	15~25	150~300
	灰色粉性土、 粉砂	4~15	1.5~4.0	35~55	1500~2500	30~45	800~1000
④	灰色淤泥质黏土	4~20	0.4~0.8	15~35	200~700	15~30	150~250
⑤ ₁	褐灰色黏性土	20~35	0.8~1.5	35~60	700~1200	30~45	350~650
⑤ ₂	灰色粉性土	20~35	3.0~6.0	50~70	2000~3500	40~60	850~1250
⑤ ₃	灰色粉砂	20~35	5.0~8.0	70~90	4000~6000	55~70	1250~1700
	灰~褐灰色黏 性土	25~40	1.2~2.0	50~70	1200~2000	45~60	450~750
⑤ ₄	灰绿色黏性土	36~45	2.0~4.0	65~80	2000~3500	45~65	800~1000
滨海 平原 区 ⑥	暗绿~草黄色 黏性土	22~26	2.0~3.0	60~80	1500~2500	50~60	750~1000
		26~30	2.5~3.5	80~100	2000~3500	60~80	1000~1200

续表 14.5.5

土层 编号		土层名称	埋藏 深度 (m)	静探比 贯入阻力 p_s	预制桩		灌注桩	
				(MPa)	f_s (kPa)	f_p (kPa)	f_s (kPa)	f_p (kPa)
湖沼平原 I-1 区	⑥ ₁	暗绿~草黄色黏性土	4~10	2.0~3.5	50~70	1500~2500	40~55	750~1000
	⑥ ₂	黄~灰色粉性土、粉砂	10~20	1.5~2.5	45~60	1200~2000	35~45	600~1000
	⑥ ₃	灰绿色黏性土	7~15	3.0~10.0	40~70	2000~4000	30~55	800~1500
	⑥ ₄	灰色黏性土	15~22	10.0~15.0	70~90	4000~6000	55~70	1500~2000
	⑥ ₄	灰绿、暗绿、草黄黏性土	12~25	0.9~1.8	40~60	800~1500	30~45	400~600
			20~30	1.8~4.0	60~80	1800~3000	45~65	900~1200
⑦ ₁		草黄~灰色粉性土、粉砂	30~45	5.0~11.0	70~100	4000~6000	55~75	1250~1700
⑦ ₂		灰色粉细砂	35~60	10.0~25.0	100~120	6000~8000	55~80	1700~2550
⑧ ₁		灰色黏性土	40~55	1.2~2.0	55~70	1000~2000	50~65	800~1250
⑧ ₂		灰色粉质黏土、粉砂互层	50~65	3.0~6.0	65~80	2500~4000	60~75	1250~1700
⑨		灰色砂土	60~100	10.0~25.0	110~120	8000~10000	70~90	2100~3000

- 注：1. 表中所列预制桩桩侧极限摩阻力和桩端极限端阻力主要适用于预制方桩；
预应力空心桩的桩侧极限摩阻力和桩端极限端阻力可参照取值，桩径大于
600mm 时桩端阻力可根据相关规范进行折减；
2. 表中所列灌注桩桩侧极限摩阻力和桩端极限端阻力适用于桩径不大于
850mm 的情况；
3. 对于桩身大部分位于淤泥质土中且桩端支承于第⑤层相对较软土层的预
制桩，单桩竖向承载力宜通过静载荷试验确定；当采用表列数据估算时，宜
取表列下限值。
4. 湖沼平原 I-1 区第⑥层土的埋深及性质与滨海平原区有明显差异，故桩侧
极限摩阻力和桩端极限端阻力分别列出；湖沼平原 I-2 区第⑥层侧极限摩
阻力和桩端极限端阻力取值可参考滨海平原区。

14.5.6 估算钢管桩的单桩竖向承载力设计值时，可按式
(14.5.6-1)进行计算：

$$R_d = \frac{\lambda_s U_p \sum f_{si} l_i}{\gamma_s} + \frac{\lambda_p f_p A_p}{\gamma_p} \quad (14.5.6-1)$$

式中 λ_s ——侧阻挤土效应系数,对于闭口钢管桩, $\lambda_s=1$;开口钢管桩 λ_s 宜按表 14.5.6 确定:

表 14.5.6 开口钢管桩侧阻挤土效应系数

$D_s(\text{mm})$	≤ 600	700	800	900	1000
λ_s	1.00	0.93	0.87	0.82	0.77

λ_p ——桩端闭塞效应系数,对于闭口钢管桩, $\lambda_p=1$;对于开口钢管桩宜按下式取值:

$$\text{当 } H_b/D_s < 5 \text{ 时, } \lambda_p = 0.16(H_b/D_s)\lambda_s \quad (14.5.6-2)$$

$$\text{当 } H_b/D_s \geq 5 \text{ 时, } \lambda_p = 0.8\lambda_s \quad (14.5.6-3)$$

式中 H_b ——桩端进入持力层深度(m);

D_s ——钢管桩外径(m);

其余符号意义同上。

14.5.7 桩端后注浆灌注桩单桩承载力应根据静载荷试验结果确定。当没有进行桩的静载荷试验时,可根据相应规范,并结合土层特性、注浆方法等条件综合确定。

14.5.8 单桩竖向抗拔承载力宜通过现场单桩竖向抗拔静载荷试验确定。当没有进行单桩竖向抗拔静载荷试验时,单桩竖向抗拔承载力设计值可按式(14.5.8)进行估算:

$$R_{td} = \frac{U_p}{\gamma_s} \sum \lambda_i f_{si} l_i + G_p \quad (14.5.8)$$

式中 U_p ——桩截面周长(m);

γ_s ——桩的抗拔承载力分项系数,可取 2.0;

f_{si} ——桩周第 i 层土的极限摩阻力标准值(kPa),按表 14.5.5 取值;

- l_i —— 桩周第 i 层土的厚度(m)；
- λ_i —— 桩周第 i 层土的抗拔承载力系数,按表 14.5.8 取值；
- G_p —— 单桩自重设计值(kN),自重和浮力作用分项系数取 1.0,地下水位以下应扣除浮力。

表 14.5.8 抗拔承载力系数 λ

土的类型	λ
砂土、砂质粉土	0.6~0.7
黏性土、黏质粉土	0.7~0.8

注:应根据土层的埋置深度、应力历史等综合确定。

14.5.9 单桩水平承载力宜根据静载荷试验结果确定。当没有进行静载荷试验时,可根据相关规范,并结合土层特性及桩顶约束等条件综合确定。

14.5.10 对于大面积填土工程,或位于欠固结土中的桩基,应考虑负摩阻力对桩基承载力的影响。

14.6 地基变形验算

14.6.1 详细勘察阶段,可根据工程性质及设计要求对建筑物的天然地基及桩基进行最终沉降量估算。

14.6.2 天然地基最终沉降量可采用分层总和法按式(14.6.2)计算:

$$s=\phi_s b p_0 \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i-\delta_{i-1}}{(E_{s,0.1\sim 0.2})_i} \tag{14.6.2}$$

式中 s —— 地基最终沉降量(mm)；

ϕ_s —— 沉降计算经验系数,应根据类似工程条件下沉降观

测资料及经验确定。在不具备条件时,可根据基底附加压力 p_0 及土层厚度加权压缩模量 \overline{E}_s 按表 14.6.2 确定; \overline{E}_s 为基础底面以下 1 倍基础外包宽度的深度范围内土层厚度加权压缩模量(MPa);

b —— 基础宽度(圆形基础时为直径)(m);

p_0 —— 按作用效应准永久组合计算时的基础底面附加压力(kPa);

i —— 自基础底面往下算的土层序数;

n —— 地基压缩层范围内的土层数;

δ —— 沉降系数,计算基础中心沉降量时,查附录 G 的表 G-1 或表 G-3;计算相邻矩形基础时,用角点法求代数和,查附表 G-2;

$E_{s,0.1\sim 0.2}$ —— 地基土在 0.1MPa~0.2MPa 压力作用时的压缩模量(MPa)。

表 14.6.2 天然地基沉降计算经验系数 ψ_s

\overline{E}_s (MPa) \ p_0 (kPa)	40	60	80	100
≤ 2.0	2.0	2.5	—	—
2.5	1.6	2.0	2.5	—
3.0	1.1	1.4	2.0	—
3.5	0.7	1.0	1.25	—
4.0	0.5	0.6	0.75	0.95
≥ 5.0	0.3	0.4	0.5	0.6

注:表中数值可以内插。

14.6.3 考虑土的应力历史计算沉降时,宜根据土层的固结状态

(正常固结土、超固结土、欠固结土)选用合适的计算方法,估算地基沉降量。

14.6.4 天然地基压缩层厚度自基础底面算起,算到附加压力等于土层自重压力的 10% 处。计算附加压力时,应考虑相邻基础的影响。

14.6.5 深基坑工程尚应考虑土体卸荷引起的基坑回弹对工程的不利影响。

14.6.6 桩基最终沉降量可按实体深基础方法估算,当具备条件时,可采用 Mindlin 应力解的单向压缩分层总和法估算。如有可靠经验时,也可按旁压试验、静力触探试验或标准贯入试验等原位测试试验方法估算。

14.6.7 为估算桩基沉降应提供土层分层压缩曲线,并根据不同建(构)筑物的要求提供相应的压缩模量 E_s 。对无法或难以采取原状土样的土层 E_s 可根据原位测试成果资料按表 14.6.7 确定。

表 14.6.7 土的压缩模量 E_s 与原位测试成果关系

原位测试方法	土 性	E_s * (MPa)	适用深度	适用范围值
静力触探试验	一般黏性土	$E_s = 3.3p_s + 3.2$ $E_s = 3.7q_c + 3.4$	15~70m	$0.8 \leq p_s \leq 5.0$ (MPa) $0.7 \leq q_c \leq 4.0$ (MPa)
	砂质粉土及粉细砂	$E_s = (3 \sim 4)p_s$ $E_s = (3.4 \sim 4.4)q_c$	20~80m	$3.0 \leq p_s \leq 25.0$ (MPa) $2.6 \leq q_c \leq 22.0$ (MPa)
标准贯入试验	砂质粉土及粉细砂	$E_s = (1 \sim 1.2)N$	<120m	$10 \leq N \leq 70$ (击/30cm)
	中、粗砂	$E_s = (1.5 \sim 2)N$		$10 \leq N \leq 70$ (击/30cm)

续表 14.6.7

原位测试方法	土性	E_s^* (MPa)	适用深度	适用范围值
旁压试验	一般黏性土	$E_s = (0.7 \sim 1) E_m$	$> 10\text{m}$	—
	粉性土	$E_s = (1.2 \sim 1.5) E_m$		
	粉细砂	$E_s = (2 \sim 2.5) E_m$		
	中、粗砂	$E_s = (3 \sim 4) E_m$		

注：1. E_s^* 是指地基土在自重压力至自重压力加附加压力（200kPa～300kPa）作用时的压缩模量；
2. p_s 、 q_c 单位为 MPa。

14.6.8 群桩按实体深基础法估算桩基最终沉降量时，其计算公式可采用式(14.6.8)：

$$s = \phi_e b p_0 \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{E_{si}} \tag{14.6.8}$$

式中 E_{si} —— 桩端平面下第 i 层土在自重压力至自重压力加附加压力作用时的压缩模量(MPa)；
 ϕ_e —— 桩基沉降估算经验系数；

其余符号意义同前
并符合下列条件：

- 1 将桩基承台、桩群与桩间土作为实体深基础，且不考虑沿桩身的应力扩散；
- 2 压缩层厚度自桩端平面算起，算至附加应力等于土的自重应力的 20%处，附加应力计算应考虑相邻基础的影响；
- 3 采用地基土在自重应力至自重应力加附加应力时的压缩模量；
- 4 沉降估算经验系数 ϕ_e 应根据类似工程条件下沉降观测资

料及经验确定。在不具备条件时,可采用表 14.6.8 数值。

表 14.6.8 桩基沉降估算经验系数 ψ_e

桩端入土深度(m)	<20	30	40	50	60
沉降估算经验系数 ψ_e	0.7	0.6	0.45	0.3	0.2

注:表内数值可内插。

14.6.9 桩基最终沉降量也可根据静力触探试验或标准贯入试验成果按式(14.6.9-1)~(14.6.9-3)进行估算。

$$s = \psi_s \cdot I \cdot \frac{p_0}{2} \cdot \frac{B}{3.3 p_s} \quad (14.6.9-1)$$

$$s = \psi_s \cdot I \cdot \frac{p_0}{2} \cdot \frac{B}{4 q_c} \quad (14.6.9-2)$$

$$s = \psi_s \cdot I \cdot \frac{p_0}{2} \cdot \frac{B}{1.1 N} \quad (14.6.9-3)$$

式中 s —— 桩基最终沉降量(mm);

p_0 —— 桩端全断面处有效附加应力(kPa);

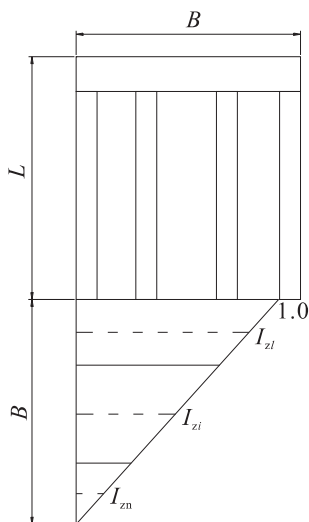
B —— 等效基础宽度(m), $B = \sqrt{A}$; A —— 基础面积(m²);

I —— 桩端入土深度修正系数,当无经验时,可取 $I = 1 - 0.5 p_{cz} / p_0$; 当 $I < 0.3$ 时,取 0.3; p_{cz} 为桩端全断面处土的自重压力(kPa);

ψ_s —— 桩基沉降估算经验系数,有条件时,应根据类似工程条件下沉降观测资料和经验确定。无相关经验时,当桩侧土有层厚 $H \geq 0.3B$ (等效基础宽度) 的硬塑状的黏性土或中密~密实砂土时, $\psi_s = 0.75 \sim 0.85$, 其余情况 $\psi_s = 1.0$;

$\overline{p_s}$ 、 $\overline{q_c}$ 、 \overline{N} —— 1 倍 B 范围内静探比贯入阻力(MPa)、锥尖阻力

(MPa)及标准贯入试验击数的等效值。比贯入阻力等效值计算方法如下图,锥尖阻力及标准贯入试验击数的等效值计算方法同比贯入阻力。



\bar{p}_s 计算方法

$$\bar{p}_s = \frac{\sum_{i=1}^n p_{si} \cdot I_{zi} \cdot h_i}{\frac{B}{2}} \quad (14.6.9-4)$$

p_{si} ——桩端以下第 i 层土的比贯入阻力(MPa)；

I_{zi} ——第 i 层土应力衰减系数,取该层土深度中点处与以桩端处为 1.0、桩端下一倍等效宽度的深度处为 0 的应力三角形交点值；

h_i ——桩端下第 i 层土厚度(m)。

15 岩土工程勘察成果文件

15.1 一般规定

15.1.1 岩土工程勘察成果文件应按不同勘察阶段进行编制,并应符合《岩土工程勘察文件编制深度规定》DGJ08—72 的要求。

15.1.2 岩土工程勘察成果文件所依据的原始资料应真实;提供的成果文件应数据可靠、结论正确、建议合理。

15.2 成果文件

15.2.1 成果文件应包括文字、图表和必要的附件。勘察成果文件的文字、术语、符号、计量单位,均应符合国家相关标准的规定。

15.2.2 文字报告应根据项目要求、工程特点、场地的工程地质与水文地质条件等具体情况,结合当地工程经验,经综合分析后加以编制,并应包括下列内容:

1 拟建工程性质、勘察目的、工作依据、勘察手段和完成工作量;

2 场地地形地貌、周边环境、地基土层构成及特性、土性参数及地基承载力、不良工程地质条件,地下水的埋藏条件、水位及其对混凝土、钢铁材料的腐蚀性,场地地震效应评价;

3 地基基础方案分析;

4 工程施工及运营对周边设施影响的分析;

5 结论与建议。

15.2.3 成果文件应包含下列图件:

1 勘探点平面布置图;

- 2 钻孔柱状图；
- 3 工程地质剖面图；
- 4 室内土(水)试验成果图表；
- 5 原位测试成果图表；
- 6 其他所需的图表,如工程地质分区图等。

15.2.4 工程需要时,经专项委托,可提供下列专题报告:

- 1 工程物探报告；
- 2 波速测试报告；
- 3 水文地质专项勘察报告；
- 4 周边环境专项调查报告；
- 5 污染土专项勘察与咨询报告；
- 6 专门岩土工程问题的技术咨询报告等。

15.2.5 对丙级工程的岩土工程勘察成果文件,文字内容和章节可适当简化,以图、表为主,但应提出明确的结论与建议。

附录 A 湖沼平原 I -1 区地基土层次名称表

地质年代		土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	Q ₄ ³	① ₁	填土	0	0.5~1.0	人工	松散	上部夹植物根茎,具孔隙,局部含砖石等杂质;下部以黏性土为主。明、暗滨区底部分布有浜底淤泥。	遍布
		① ₂	灰黑色泥炭质土	0.5~1.0	0.2~0.5	湖沼	软塑	含大量腐植物、有机质,有臭味、无层理。	局部分布
		② ₁	褐黄~灰黄色黏性土	0.5~1.5	0.5~1.5	滨海~河口	可塑~软塑	含氧化铁及铁锰质结核,局部夹有机质。属中等~高等压缩性土。俗称“硬壳层”,是良好的天然地基持力层。	遍布
		② ₂	灰黑色泥炭	2.0~3.0	0.3~0.6	河口~湖沼	软塑	以腐植物、有机质为主,有臭味。	局部分布
	Q ₄ ²	③ ₁	灰色淤泥质黏性土	2.0~3.5	1.0~12.0	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹少量薄层粉性土。属高等压缩性土,具流变和触变的特性。	局部缺失

续表 A

地质年代		土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	Q ₄ ²	③ ₂	灰色粉性土、 粉砂	6.0~10.0	1.5~10.0	滨海~浅海	松散~稍密	含云母、贝壳,夹薄层黏性土。属中等压缩性土,存在地震液化和流砂的可能性。	局部分布
		③ ₃	灰色黏性土	7.0~15.0	2.0~13.0	滨海~浅海	软塑	含云母、有机质,夹薄层粉性土。属高等压缩性土,具流变和触变的特性。	局部分布
晚更新世 Q ₃	Q ₃ ²	⑥ ₁	暗绿~草黄色黏性土	4.0~15.0	3.0~14.0	河口~湖沼	硬塑~可塑	含氧化铁条纹、腐植物、铁锰质结核。属超固结、中等压缩性土,是良好的天然地基和桩基持力层。	局部缺失,层面有起伏
		⑥ ₂	黄~灰色粉性土、粉砂	7.0~20.0	2.0~17.0	河口~湖沼	稍密~中密	含云母、氧化铁条纹,夹黏性土。属中等压缩性土,分布稳定时为良好的桩基持力层。	局部缺失
		⑥ ₃	灰色黏性土	13.0~20.0	1.0~10.0	河口~湖沼	软塑	含云母、腐植物,夹薄层粉砂。	局部缺失
		⑥ ₄	灰绿、暗绿、草黄色黏性土	20.0~25.0	2.0~20.0	河口~湖沼	硬塑~可塑	含铁锰氧化物、腐植物,夹粉性土。属超固结、中等压缩性土,分布稳定时为良好的桩基持力层。	局部受古河道切割缺失

续表 A

地质年代		土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
晚 更 新 世	Q ₃ ²	⑦ ₁	草黄色粉性土	25.0~29.0	1.0~5.0	河口~滨海	稍密~中密	含云母、氧化铁条纹,夹薄层黏性土及粉砂。属中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	局部受古河道切割缺失
		⑦ ₂	灰黄~灰色粉砂	30.0~40.0	3.0~20.0	河口~滨海	中密~密实	由长石、石英、云母等矿物颗粒组成,土质较均匀致密。属中等~低等压缩性土,是良好的桩基持力层。	局部受古河道切割缺失
		⑧ ₁	灰色黏性土	30.0~45.0	3.0~16.0	滨海~浅海	软塑~可塑	含云母、腐植物,夹薄层粉砂。属高等~中等压缩性土。	遍布
		⑧ ₂	灰色粉质黏土夹粉砂、或互层	45.0~55.0	3.0~20.0	滨海~浅海	可塑或中密	含云母、腐植物,具交错层理,黏性土与砂互层,呈“千层饼”状。局部夹少量钙质结核及半腐植物。属中等压缩性土,是较好的桩基持力层。	遍布
	Q ₃ ¹	⑨	青灰色粉、细砂	55.0~75.0	10.0~20.0	滨海~河口	密实	由长石、石英、云母等组成,夹薄层黏性土及粉性土。属中等~低等压缩性土,是良好的桩基持力层。	遍布

注:湖沼平原Ⅰ-2区地基土层序参照附录B“滨海平原地基土层名称表”。

附录 B 滨海平原地基土层次名称表

地质年代	土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	Q ₄ ³	① ₁ 填土	0	0.5~3.0	人工	松散	含碎石、石块、垃圾、植物根茎等。	遍布
		① ₂ 浜底淤泥	1.0~3.0	1.0~4.0	—	流塑	黑色淤泥、杂物、有臭味。	分布于明浜、暗浜(塘)区
		① ₃ 灰色粉性土 (俗称江滩土)	2.0~3.0	4.0~15.0	河漫滩	松散~稍密	含螺壳、贝壳碎屑,棕丝等杂质,以黏质粉土为主,局部夹较多淤泥质土,局部为砂质粉土。	黄浦江沿岸
		② ₁ 褐黄色黏性土	0.5~2.0	1.5~2.0	滨海~河口	可塑	含氧化铁锈斑及铁锰质结核。属中等压缩性土。俗称“硬壳层”,是良好的天然地基持力层。	遍布
		② ₂ 灰黄色黏性土	1.5~2.0	0.5~2.0	滨海~河口	软塑	含铁锰质斑点,夹灰色条纹,局部夹粉性土,属中等~高等压缩性土。	遍布
		② ₃ 灰色粉性土、粉砂	2.0~3.0	3.0~15.0	滨海~河口	松散~稍密	含云母,夹薄层黏性土,土质不均匀。属中等压缩性土,存在地震液化和流砂的可能性。	沿苏州河(主要位于苏州河以北)呈带状分布

续表 B

地质年代		土层 序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	Q ₄ ²	③ ₁ ③ ₃	灰色淤泥质 粉质黏土	3.0~7.0	5.0~10.0	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹薄层 状粉砂,局部为软塑状 粉质黏土。属高等压缩 性土,是天然地基的主 要软弱下卧层。	遍布
		③ ₂	灰色粉性土、 粉砂	4.0~5.0	1.0~5.0	滨海~浅海	松散~稍密	含云母,夹薄层黏性土, 土质不均匀。属中等压 缩性土,存在地震液化 和流砂的可能性。	局部分布, 呈“透镜体” 状
		④	灰色淤泥质 黏土	7.0~12.0	5.0~10.0	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹少量 薄层粉砂,局部夹贝壳 碎屑。属高等压缩性、 高灵敏度土,是天然地 基的主要软弱下卧层。	遍布
	Q ₄ ¹	⑤ ₁	褐灰色黏性 土	15.0~20.0	5.0~15.0	滨海、沼泽	软塑~可塑	含云母、有机质,夹泥、 钙质结核,半腐芦苇根 茎。土性自上而下逐渐 变好,属中等~高等压 缩性土。	遍布
		⑤ ₂	灰色粉性土、 粉砂	20.0~30.0	5.0~20.0	滨海、沼泽	稍密~中密 (局部密实)	含云母,夹薄层状黏性 土,具交错层理。属中等 压缩性土,分布稳定时, 是较好的桩基持力层。	古河道区域 分布

续表 B

地质年代		土层 序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	Q ₄ ¹	⑤ ₃	灰～褐灰色黏性土	25.0～32.0	9.0～20.0	溺谷	可塑	含云母、有机质,夹薄层粉砂,局部夹泥炭质土。属中等压缩性土,当暗绿色土层缺失或埋深较大时,可作为桩基持力层。	古河道区域分布
		⑤ ₄	灰绿色黏性土	35.0～46.0	1.0～3.0	溺谷	可塑～硬塑	含氧化铁、有机质。属中等压缩性土。	古河道区域分布
晚更新世 Q ₃	Q ₃ ²	⑥ ₁	暗绿色黏性土	15.0～30.0	2.0～5.0	河口～湖泽	可塑～硬塑	含氧化铁斑点,偶夹钙质结核。属超固结、中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	局部受古河道切割而缺失
		⑥ ₂	草黄色黏性土	30.0～32.0	1.0～2.0	河口～湖泽	可塑～硬塑	含氧化铁斑点,夹粉性土。属超固结、中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	
		⑦ ₁	草黄～灰色粉性土、粉砂	20.0～35.0	4.0～8.0	河口～滨海	中密～密实	含云母,夹薄层状黏性土。属中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较广,厚度变化大
		⑦ ₂	灰色粉细砂	35.0～40.0 (43.0～55.0)	6.0～30.0	河口～滨海	密实	由长石、石英、云母等矿物颗粒组成,土质较均匀致密。属中等～低等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较广,层位不稳定

续表 B

地质年代		土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
晚更新世 Q ₃	Q ₃ ²	⑧ ₁	灰色黏性土	30.0~50.0	10.0~20.0	滨海~浅海	软塑~可塑	含云母、腐植物,夹薄层粉砂。属轻度超固结、高等~中等压缩性土。	分布较广,局部缺失
		⑧ ₂	灰色粉质黏土、粉砂互层	50.0~60.0	5.0~20.0	滨海~浅海	可塑或中密	含云母,具交错层理,夹砂互层呈“千层饼”状。属中等压缩性土,是较好的桩基持力层。	分布较广,局部缺失
	Q ₃ ¹	⑨ ₁	青灰色粉细砂夹黏性土	60.0~77.0	5.0~8.0	滨海~河口	中密~密实	含云母,砂土颗粒自上而下变粗,层顶夹较多的薄层黏性土。属中等~低等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较稳定
		⑨ ₂	青灰色粉、细砂夹中、粗砂	70.0~81.0	5.0~10.0	滨海~河口	密实	含砾石,夹黏性土团块。属低等压缩性土。	分布较稳定
中更新世 Q ₂	Q ₂ ²	⑩	兰灰~褐灰色黏性土	86.0~101.0	4.0~10.0	河口~湖泽	硬塑	含钙质、铁锰质结核。属超固结、中等~低等压缩性土。	遍布
		⑪	青灰色粉细砂	88.0~101.0	10.0~30.0	河口~滨海	密实	含贝壳碎片。属低等压缩性土。	遍布
		⑫	绿灰色黏性土	110.0~120.0	8.0~12.0	湖泊	硬塑	含云母,夹粉砂。属超固结、中等~低等压缩性土。	遍布

注:第⑦层有括号者为古河道分布区的顶面埋深。

附录 C 河口、砂嘴、砂岛地基土层次名称表

地质年代		土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	Q ₄ ³	① ₁	填土	0	0.4~1.0	人工	松散	含碎石、石块、垃圾、植物根茎等。明、暗浜区底部分布有浜底淤泥。	遍布
		② ₁	褐黄色黏性土	0.4~1.0	0.8~1.2	滨海~河口	可塑	含氧化铁锈斑及铁锰质结核,夹较多薄层粉性土,局部相变为粉性土。属中等压缩性土,是良好的天然地基持力层。	遍布
		② ₂	灰黄色黏性土	1.5~2.0	1.0~2.0	滨海~河口	软塑	含铁锰质斑点、云母、粉砂等,局部夹淤泥质土。属高等压缩性土。	局部分布
		② ₃	灰色粉性土、粉砂	2.0~3.0	3.0~18.0	滨海~河口	松散~稍密	含云母,夹薄层黏性土,土质不均匀。属中等压缩性土,是良好的天然地基持力层或下卧层,但存在地震液化和流砂的可能性。	遍布
	Q ₄ ²	③	灰色淤泥质粉质黏土	6.0~7.0	1.0~3.0	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹薄层状粉砂。属高等压缩性土,是天然地基主要软弱下卧层。	与滨海平原交界地带分布

续表 C

地质年代		土层 序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	Q ₄ ²	④	灰色淤泥质黏土	9.0~15.0	3.0~10.0	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹少量薄层粉砂,局部夹贝壳碎屑。属高等压缩性、高灵敏度土,是天然地基主要软弱下卧层。	遍布
		⑤ ₁	褐灰色黏性土	15.0~20.0	5.0~20.0	滨海、沼泽	软塑~可塑	含云母、有机质,夹泥、钙质结核,半腐芦苇根茎。土性自上而下逐渐变好,属高等~中等压缩性土。	遍布
	Q ₄ ¹	⑤ ₂	灰色粉性土、粉砂	30.0~45.0	5.0~10.0	滨海、沼泽	稍密~中密	含云母,夹薄层状黏性土,具交错层理。属中等压缩性土,分布稳定时,是良好的桩基持力层。	局部分布
		⑤ ₃	灰~褐灰色黏性土	30.0~40.0	10.0~20.0	溺谷	软塑~可塑	含云母、有机质,夹薄层粉砂,局部夹泥炭质土。属高等~中等压缩性土,当暗绿色土层缺失或埋深较大时,可作为桩基持力层。	
		⑤ ₄	灰绿色黏性土	35.0~40.0	1.0~3.0	溺谷	可塑~硬塑	含氧化铁、有机质。属中压缩性土。	

续表 C

地质年代		土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
晚更新世 Q ₃	Q ₃ ²	⑥ ₁	暗绿色黏性土	20.0~30.0	1.5~4.0	河口~湖泽	可塑~硬塑	含氧化铁斑点,偶夹钙质结核。属超固结、中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	南汇嘴地区分布较广,崇明、长兴、横沙三岛均缺失。
		⑥ ₂	草黄色黏性土	30.0~32.0	1.0~2.0	河口~湖泽	可塑~硬塑	含氧化铁斑点,夹粉性土。属超固结、中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	
		⑦ ₁	草黄~灰色粉性土、粉砂	28.0~35.0	4.0~8.0	河口~滨海	中密~密实	含云母,夹薄层状黏性土。属中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较广,厚度变化大
		⑦ ₂	灰色粉细砂	35.0~40.0 (43.0~55.0)	6.0~30.0	河口~滨海	密实	由长石、石英、云母等矿物颗粒组成,土质较均匀致密。属中等~低等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较广,层位不稳定
		⑧ ₁	灰色黏性土	40.0~60.0	10.0~20.0	滨海~浅海	软塑~可塑	含云母、腐植物,夹薄层粉砂。属轻度超固结、高等~中等压缩性土。	分布较广,局部缺失
		⑧ ₂	灰色粉质黏土、粉砂互层	50.0~60.0	5.0~20.0	滨海~浅海	可塑或中密	含云母,具交错层理,夹砂互层呈“千层饼”状。属中等压缩性土,是较好的桩基持力层。	分布较广,局部缺失

续表 C

地质年代		土层 序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
晚 更 新 世 Q ₃	Q ₃ ¹	⑨ ₁	青灰色粉细砂夹黏性土	65.0~77.0	5.0~8.0	滨海~河口	中密~密实	含云母,砂土颗粒自上而下变粗,层顶夹较多的薄层黏性土。属中等~低等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较稳定
		⑨ ₂	青灰色粉、细砂夹中、粗砂	75.0~81.0	5.0~10.0	滨海~河口	密实	含砾石、夹黏性土团块。属低等压缩性土。	分布较稳定

注:第⑦层有括号者为古河道分布区的顶面埋深。

附录 D 潮坪地基土层次名称表

地质年代	土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q_4	Q_4^3	① ₁ 围海填土	0	0.5~6.5	人工	松散、流塑	以粉性土为主,局部夹较多淤泥质土,土质不均。	滩面围垦区分布
		① ₂ 灰褐色淤泥	0.5~6.5	0.5~2.0	—	流塑	原滩面淤泥,土质极为软弱。	局部分布
		① ₃ 黄~灰色粉性土、粉砂	1.0~8.0	1.0~5.0	潮坪	松散	局部夹较多黏性土,土质不均。系新近沉积土。	局部分布
		② ₃ 灰色粉性土、粉砂	2.0~10.0	3.0~15.0	滨海~河口	松散~稍密	含云母,夹薄层黏性土,土质不均匀。属中等压缩性土,是良好的天然地基持力层,但存在地震液化和流砂的可能性。	遍布
	Q_4^2	③ 灰色淤泥质粉质黏土	6.0~7.0	1.0~3.0	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹薄层粉砂。属高等压缩性土,是天然地基主要软弱下卧层。	局部分布
		④ 灰色淤泥质黏土	9.0~15.0	3.0~10.0	滨海~浅海	流塑	含云母、有机质,夹薄层粉砂,局部夹贝壳碎屑。属高等压缩性、高灵敏度土,是天然地基主要软弱下卧层。	遍布

续表 D

地质年代		土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
全新世 Q ₄	Q ₄ ¹	⑤ ₁	褐灰色黏性土	15.0~20.0	5.0~20.0	滨海、沼泽	软塑~可塑	含云母、有机质,夹泥、钙质结核,半腐芦苇根茎。土性自上而下逐渐变好,属高等~中等压缩性土。	遍布
		⑤ ₂	灰色粉性土、粉砂	30.0~45.0	5.0~10.0	滨海、沼泽	稍密~中密	含云母,夹薄层状黏性土,具交错层理。属中等压缩性土,分布稳定时,是良好的桩基持力层。	局部分布
		⑤ ₃	灰~褐灰色黏性土	30.0~40.0	10.0~20.0	溺谷	软塑~可塑	含云母、有机质,夹薄层粉砂,局部夹泥炭质土,属高等~中等压缩性土。当暗绿色土层缺失或埋深较大时,可作为桩基持力层。	
		⑤ ₄	灰绿色黏性土	35.0~40.0	1.0~3.0	溺谷	可塑~硬塑	含氧化铁、有机质。属中等压缩性土。	分布于古河道区域
晚更新世 Q ₃	Q ₃ ²	⑥ ₁	暗绿色黏性土	20.0~30.0	1.5~4.0	河口~湖泽	可塑~硬塑	含氧化铁斑点,偶夹钙质结核。属超固结、中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	南汇嘴地区分布较广,崇明、长兴、横沙三岛均缺失。
		⑥ ₂	草黄色黏性土	30.0~32.0	1.0~2.0	河口~湖泽	可塑~硬塑	含氧化铁斑点,夹粉性土。属超固结、中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	

续表 D

地质年代	土层序号	土层名称	顶面埋深 (m)	常见厚度 (m)	成因类型	状态或 密实度	包含物及工程特性	分布状况
晚更新世 Q ₃	Q ₃ ²	⑦ ₁ 草黄～灰色 粉性土、粉砂	28.0～35.0	4.0～8.0	河口～滨海	中密～密实	含云母,夹薄层状黏性土。属中等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较广,厚度变化大
		⑦ ₂ 灰色粉细砂	35.0～40.0 (43.0～55.0)	6.0～30.0	河口～滨海	密实	由长石、石英、云母等矿物颗粒组成,土质较均匀致密。属中等～低等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较广,层位不稳定
		⑧ ₁ 灰色黏性土	40.0～60.0	10.0～20.0	滨海～浅海	软塑～可塑	含云母、腐植物,夹薄层粉砂。属轻度超固结、高等～中等压缩性土。	分布较广,局部缺失
		⑧ ₂ 灰色粉质黏土、粉砂互层	50.0～60.0	10.0～20.0	滨海～浅海	可塑或中密	含云母,具交错层理,夹砂互层呈“千层饼”状。属中等压缩性土,是较好的桩基持力层。	分布较稳定
	Q ₃ ¹	⑨ ₁ 青灰色粉细砂夹黏性土	65.0～77.0	5.0～8.0	滨海～河口	中密～密实	砂粒自上而下变粗,层顶夹较多的薄层黏性土。属中等～低等压缩性土,是良好的桩基持力层。	分布较稳定
		⑨ ₂ 青灰色粉、细砂夹中、粗砂	75.0～81.0	5.0～10.0	滨海～河口	密实	含砾石、夹黏性土团块。属低等压缩性土。	分布较稳定

注:第⑦层有括号者为古河道分布区的顶面埋深。

附录 E 湖沼平原 I -1 区地基土层物理力学性质指标统计表

土层名称	土层 序号	数值 统计	含水量 w (%)	密度 ρ (g/cm ³)	比重 G	孔隙比 e	液限 w_L (%)	塑限 w_p	塑性 指数 I_p	压缩系数 $a_{0.1\sim 0.2}$ (MPa ⁻¹)	压缩模量 $E_{s0.1\sim 0.2}$ (MPa)	固结快剪		比贯入 阻力 p_s (MPa)
												c (kPa)	ϕ (°)	
褐黄～ 灰黄色 黏性土	② ₁	幅值	25.0～ 40.8	1.79～ 1.97	2.72～ 2.75	0.72～ 1.14	30.0～ 44.7	17.8～ 23.7	11.4～ 21.9	0.25～ 0.70	2.32～ 6.71	9.0～ 25.0	10.0～ 23.0	0.50～ 1.00
		变异 系数	0.103	0.020	0.003	0.094	0.088	0.061	0.146	0.257	0.241	0.244	0.239	—
灰色淤 泥质黏 性土	③ ₁	幅值	31.2～ 50.2	1.70～ 1.88	2.72～ 2.75	0.81～ 1.42	28.7～ 45.5	17.2～ 24.3	10.7～ 22.0	0.34～ 1.16	1.33～ 4.83	9.0～ 17.0	10.0～ 20.5	0.30～ 0.60
		变异 系数	0.109	0.025	0.003	0.112	0.095	0.069	0.153	0.249	0.230	0.139	0.214	—
灰色粉 性土、 粉砂	③ ₂	幅值	27.4～ 43.0	1.76～ 1.93	2.69～ 2.72	0.78～ 1.18	—	—	—	0.11～ 0.42	3.86～ 13.94	0.0～ 10.0	23.5～ 35.0	1.20～ 3.50
		变异 系数	0.106	0.022	0.003	0.097	—	—	—	0.316	0.282	0.480	0.074	—
灰色黏 性土	③ ₃	幅值	31.5～ 44.6	1.75～ 1.88	2.72～ 2.75	0.90～ 1.27	30.8～ 44.4	18.3～ 23.8	12.0～ 21.1	0.38～ 0.81	2.59～ 4.81	10.0～ 19.0	12.0～ 22.5	0.50～ 0.90
		变异 系数	0.083	0.018	0.004	0.082	0.092	0.063	0.151	0.188	0.166	0.144	0.164	—

续表 E

土层名称	土层 序号	数值 统计	含水量 w (%)	密度 ρ (g/cm ³)	比重 G	孔隙比 e	液限 w_L (%)	塑限 w_P	塑性 指数 I_P	压缩系数 $a_{0.1 \sim 0.2}$ (MPa ⁻¹)	压缩模量 $E_{s0.1 \sim 0.2}$ (MPa)	固结快剪		比贯入 阻力 p_s (MPa)
												c (kPa)	ϕ (°)	
暗绿～ 草黄色 黏性土	⑥ ₁	幅值	20.6～ 37.0	1.83～ 2.05	2.71～ 2.74	0.61～ 0.94	29.4～ 39.9	16.1～ 22.8	11.3～ 18.1	0.14～ 0.35	4.19～ 9.44	26.0～ 57.0	12.0～ 23.0	1.50～ 3.50
		变异 系数	0.086	0.018	0.001	0.080	0.066	0.079	0.076	0.179	0.150	0.098	0.116	—
黄～灰 色粉性 土、粉 砂	⑥ ₂	幅值	25.6～ 36.9	1.82～ 1.96	2.68～ 2.71	0.73～ 1.03	—	—	—	0.09～ 0.32	5.17～ 16.00	0.0～ 7.0	26.0～ 36.0	3.00～ 15.00
		变异 系数	0.076	0.016	0.003	0.072	—	—	—	0.256	0.227	0.853	0.065	—
灰色黏 性土	⑥ ₃	幅值	28.5～ 44.8	1.75～ 1.92	2.72～ 2.74	0.81～ 1.27	28.6～ 44.4	17.1～ 24.0	10.8～ 21.0	0.27～ 0.66	3.29～ 5.85	10.0～ 21.0	10.0～ 26.0	0.90～ 1.80
		变异 系数	0.090	0.020	0.003	0.088	0.095	0.071	0.140	0.198	0.148	0.151	0.228	—
灰绿、暗 绿、草黄 色黏性 土	⑥ ₄	幅值	20.2～ 31.4	1.89～ 2.05	2.72～ 2.74	0.60～ 0.89	28.8～ 40.7	16.1～ 23.0	11.7～ 18.7	0.17～ 0.33	4.96～ 9.60	36.0～ 57.0	12.5～ 24.0	1.80～ 4.00
		变异 系数	0.091	0.018	0.002	0.084	0.071	0.080	0.088	0.158	0.138	0.102	0.146	—
草黄色 粉性土	⑦ ₁	幅值	24.6～ 36.8	1.82～ 1.98	2.69～ 2.71	0.70～ 0.95	—	—	—	0.10～ 0.26	6.35～ 15.49	0.0～ 9.0	27.0～ 34.5	3.50～ 10.00
		变异 系数	0.087	0.018	0.003	0.079	—	—	—	0.203	0.199	0.350	0.057	—

续表 E

土层名称	土层 序号	数值 统计	含水量 w (%)	密度 ρ (g/cm ³)	比重 G	孔隙比 e	液限 w_L (%)	塑限 w_P	塑性 指数 I_P	压缩系数 $a_{0.1\sim 0.2}$ (MPa ⁻¹)	压缩模量 $E_{s0.1\sim 0.2}$ (MPa)	固结快剪		比贯入 阻力 p_s (MPa)
												c (kPa)	ϕ (°)	
灰黄～ 灰色粉 砂	⑦ ₂	幅值	24.8～ 35.4	1.81～ 1.97	2.68～ 2.70	0.70～ 0.92	—	—	—	0.10～ 0.22	7.72～ 16.17	0.0～ 7.0	28.5～ 35.0	8.00～ 20.00
		变异 系数	0.078	0.018	0.002	0.080	—	—	—	0.177	0.153	0.230	0.049	—
灰色黏 性土	⑧ ₁	幅值	26.6～ 41.4	1.79～ 1.94	2.72～ 2.74	0.77～ 1.16	29.1～ 43.7	17.2～ 23.6	10.9～ 21.0	0.18～ 0.56	3.15～ 8.03	13.0～ 26.0	11.5～ 26.0	1.20～ 2.50
		变异 系数	0.091	0.017	0.003	0.085	0.086	0.065	0.140	0.225	0.194	0.150	0.183	—
灰色粉 质黏土 夹粉砂、 或互层	⑧ ₂	幅值	21.3～ 37.0	1.82～ 2.01	2.70～ 2.74	0.63～ 1.04	27.1～ 39.5	15.8～ 22.5	10.4～ 17.9	0.10～ 0.44	3.16～ 12.78	7.0～ 33.0	18.5～ 28.0	3.50～ 8.00
		变异 系数	0.121	0.023	0.003	0.109	0.080	0.080	0.119	0.305	0.282	0.322	0.124	—
青灰色 粉、细 砂	⑨	幅值	19.9～ 35.8	1.81～ 2.06	2.68～ 2.71	0.56～ 1.02	—	—	—	0.06～ 0.23	6.54～ 20.65	0.0～ 4.0	28.0～ 36.0	8.00～ 20.00
		变异 系数	0.123	0.029	0.004	0.125	—	—	—	0.302	0.248	0.100	0.065	—

注：1. 本次统计共收集 60 多项具有代表性工程的勘察报告及土工数据，共计土试样约 20000 个；

2. 统计时对异常数据作了取舍，取平均值±2 倍均方差范围的数值进行统计。

附录 F 滨海平原地基土层物理力学性质指标统计表

土层名称	土层序号	数值统计	含水量 w (%)	密度 ρ (g/cm ³)	比重 G	孔隙比 e	液限 w_L (%)	塑限 w_P (%)	塑性指数 I_P	压缩系数 $\alpha_{0.1-0.2}$ (MPa ⁻¹)	压缩模量 $E_{s0.1-0.2}$ (MPa)	固结快剪		三轴 UU		三轴 CU				无侧限抗压强度 q_u (kPa)	高压固结试验		波速试验	
												c (kPa)	ϕ (°)	c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_{cu} (kPa)	ϕ_{cu} (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)		c_c	c_s	v_p (m/s)	v_s (m/s)
褐黄~灰色 黄色黏性土	② ₁ ② ₂	幅值	25.4~ 40.5	1.79~ 1.98	2.72~ 2.75	0.73~ 1.14	30.1~ 43.8	17.6~ 24.1	11.5~ 21.0	0.20~ 0.65	3.00~ 7.22	8.5~ 28.5	12.7~ 26.2	32.0~ 80.0	0	7.0~ 28.0	13.5~ 30.0	0~ 7.0	25.5~ 35.5	48~ 89	0.166~ 0.403	0.017~ 0.081	300~ 1290	84~ 117
		变异系数	0.094	0.022	0.001	0.086	0.086	0.069	0.145	0.251	0.274	0.278	0.190	0.270	—	—	—	—	—	0.239	0.300	0.350	0.373	0.092
灰色 粉性土、 粉砂	② ₃	幅值	36.0~ 43.0	1.76~ 1.93	2.69~ 2.72	0.75~ 1.17	—	—	—	0.09~ 0.57	3.50~ 12.50	0~ 13.0	23.5~ 35.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		变异系数	0.124	0.025	0.003	0.114	—	—	—	0.439	0.315	0.420	0.126	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
灰色 淤泥 质粉 质黏土	③ ₁ ③ ₃	幅值	36.0~ 49.7	1.71~ 1.86	2.72~ 2.74	1.00~ 1.36	29.6~ 40.1	17.8~ 23.0	10.3~ 17.0	0.30~ 1.03	2.20~ 5.97	8.5~ 14.2	12.1~ 28.0	21.0~ 40.0	0	5.0~ 17.0	11.5~ 26.5	0~ 6.0	25.5~ 36.5	31~ 66	0.169~ 0.472	0.024~ 0.070	708~ 1449	84~ 142
		变异系数	0.110	0.022	0.001	0.104	0.066	0.060	0.145	0.290	0.292	0.240	0.250	0.18	—	—	—	—	—	0.186	0.266	0.336	0.176	0.126
灰色 淤泥 质黏土	④	幅值	40.0~ 59.6	1.64~ 1.79	2.73~ 2.76	1.12~ 1.67	34.4~ 50.2	19.0~ 26.0	17.0~ 25.1	0.55~ 1.65	1.32~ 3.58	11.5~ 15.7	8.5~ 16.9	18.0~ 44.0	0	7.0~ 18.0	11.0~ 18.5	0~ 9.0	21.5~ 30.5	42~ 77	0.429~ 0.628	0.041~ 0.109	874~ 1481	100~ 166
		变异系数	0.080	0.018	0.001	0.075	0.078	0.067	0.112	0.196	0.179	0.037	0.162	—	—	—	—	—	—	0.152	0.107	0.263	0.121	0.114
褐灰 色黏 性土	⑤ ₁	幅值	29.8~ 42.5	1.75~ 1.90	2.72~ 2.74	0.85~ 1.22	28.3~ 42.9	17.3~ 23.8	10.2~ 20.0	0.28~ 0.71	3.00~ 6.77	11.5~ 20.0	12.7~ 27.4	35.0~ 94.0	0	7.0~ 27.0	11.0~ 32.5	0~ 8.0	24.0~ 37.5	50~ 135	0.239~ 0.436	0.020~ 0.093	656~ 1570	112~ 256
		变异系数	0.082	0.019	0.003	0.079	0.096	0.073	0.152	0.214	0.200	0.223	0.217	0.24	—	—	—	—	—	0.256	0.208	0.400	0.233	0.185

续表 F

[illegible]

续表 F

[illegible]

续表 F

土层名称	土层序号	数值统计	含水量 w (%)	密度 ρ (g/cm^3)	比重 G	孔隙比 e	液限 w_L (%)	塑限 w_P (%)	塑性指数 I_P	压缩系数 ^{$d_{0.1 \sim 0.2}$} (MPa^{-1})	压缩模量 ^{$E_{s0.1 \sim 0.2}$} (MPa)	固结快剪		三轴 UU		三轴 CU				无侧限抗压强度 q_u (kPa)	高压固结试验		波速试验	
												c (kPa)	ϕ ($^\circ$)	c_u (kPa)	ϕ_u ($^\circ$)	c_{cu} (kPa)	ϕ_{cu} ($^\circ$)	c' (kPa)	ϕ' ($^\circ$)		c_c	c_s	v_p (m/s)	v_s (m/s)
兰灰~褐色黏性土	⑩	幅值	21.1~30.0	1.90~2.08	2.71~2.74	0.61~0.85	28.3~38.8	17.1~22.5	10.9~16.3	0.12~0.25	7.11~12.96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.22~0.27	0.049~0.066	1739~1785	383~600
		变异系数	0.101	0.025	0.003	0.094	0.086	0.072	0.124	0.207	0.204	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.012	0.163
青灰色粉细砂	⑪	幅值	21.1~29.7	1.91~2.06	2.68~2.71	0.60~0.81	—	—	—	0.08~0.17	11.02~19.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1666~1818	454~666
		变异系数	0.093	0.018	0.003	0.086	—	—	—	0.223	0.203	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.020	0.121
绿灰色黏性土	⑫	幅值	19.8~30.0	1.90~2.10	2.69~2.75	0.55~0.86	25.8~44.6	15.0~25.0	10.4~20.9	0.10~0.28	7.50~14.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1666~1739	395~625
		变异系数	0.109	0.025	0.006	0.108	0.153	0.137	0.123	0.272	0.239	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.017	0.117

注:1. 本次统计工作共收集 100 多项具有代表性工程的地质勘察报告,共计土试样约 42000 个;
2. 统计时按分层作了频率直方图,通过分析对异常数据作了取舍,取平均值 ± 2 倍均方差范围的数值

附录 G 沉降系数表

表 G-1 矩形基础中心沉降系数 δ_1

$\frac{2z}{b}$	L/b											
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	10.0	条形
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.2	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.4	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198
0.6	0.290	0.292	0.292	0.294	0.294	0.294	0.294	0.294	0.294	0.294	0.294	0.294
0.8	0.374	0.378	0.382	0.382	0.384	0.384	0.384	0.386	0.386	0.386	0.386	0.386
1.0	0.450	0.458	0.462	0.464	0.466	0.468	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470
1.2	0.516	0.526	0.534	0.538	0.542	0.544	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548
1.4	0.536	0.588	0.598	0.606	0.610	0.614	0.620	0.622	0.622	0.622	0.622	0.622
1.6	0.620	0.642	0.656	0.664	0.672	0.676	0.684	0.686	0.688	0.688	0.688	0.688
1.8	0.662	0.688	0.706	0.718	0.726	0.732	0.744	0.748	0.750	0.750	0.750	0.750
2.0	0.700	0.728	0.750	0.764	0.774	0.782	0.800	0.804	0.806	0.806	0.807	0.808
2.2	0.730	0.764	0.788	0.806	0.818	0.828	0.850	0.856	0.858	0.860	0.860	0.860
2.4	0.756	0.796	0.822	0.844	0.858	0.870	0.896	0.904	0.908	0.908	0.910	0.910
2.6	0.782	0.822	0.854	0.876	0.894	0.906	0.938	0.948	0.952	0.954	0.956	0.956
2.8	0.802	0.848	0.882	0.906	0.926	0.940	0.978	0.990	0.994	0.996	0.998	1.000
3.0	0.822	0.870	0.906	0.934	0.954	0.972	1.016	1.028	1.034	1.038	1.040	1.040
3.2	0.838	0.890	0.928	0.958	0.982	1.000	1.048	1.064	1.072	1.074	1.078	1.078
3.4	0.854	0.906	0.948	0.980	1.006	1.026	1.078	1.098	1.106	1.110	1.114	1.114
3.6	0.868	0.924	0.966	1.000	1.026	1.048	1.108	1.130	1.140	1.144	1.148	1.150
3.8	0.880	0.938	0.982	1.018	1.048	1.070	1.134	1.160	1.170	1.176	1.182	1.182
4.0	0.892	0.950	0.998	1.036	1.066	1.090	1.160	1.188	1.200	1.206	1.212	1.214
4.2	0.902	0.964	1.012	1.050	1.082	1.108	1.182	1.214	1.228	1.234	1.242	1.244
4.4	0.912	0.974	1.024	1.066	1.098	1.126	1.204	1.238	1.254	1.262	1.270	1.272
4.6	0.932	0.984	1.036	1.078	1.112	1.140	1.226	1.262	1.278	1.288	1.298	1.300
4.8	0.928	0.994	1.048	1.090	1.126	1.156	1.244	1.284	1.302	1.312	1.324	1.326
5.0	0.936	1.002	1.058	1.102	1.138	1.168	1.262	1.304	1.324	1.336	1.348	1.352
6.0	0.966	1.040	1.100	1.148	1.190	1.226	1.338	1.394	1.422	1.438	1.460	1.466
7.0	0.988	1.066	1.130	1.184	1.228	1.268	1.396	1.462	1.500	1.522	1.554	1.562
8.0	1.004	1.086	1.152	1.210	1.258	1.300	1.440	1.518	1.564	1.592	1.632	1.646
9.0	1.018	1.100	1.170	1.230	1.280	1.324	1.476	1.562	1.616	1.648	1.702	1.720
10.0	1.028	1.114	1.186	1.246	1.300	1.344	1.506	1.600	1.658	1.696	1.762	1.788
12.0	1.044	1.132	1.208	1.272	1.328	1.376	1.552	1.658	1.728	1.774	1.860	1.904
14.0	1.056	1.146	1.224	1.290	1.348	1.398	1.584	1.700	1.778	1.832	1.940	2.002
16.0	1.064	1.156	1.236	1.304	1.364	1.416	1.608	1.732	1.818	1.876	2.004	2.086
18.0	1.070	1.166	1.244	1.314	1.374	1.428	1.628	1.758	1.848	1.912	2.056	2.162
20.0	1.076	1.172	1.252	1.322	1.384	1.440	1.644	1.778	1.874	1.942	2.100	2.228
25.0	1.086	1.184	1.266	1.338	1.402	1.458	1.672	1.816	1.920	1.998	2.182	2.372
30.0	1.092	1.192	1.274	1.348	1.414	1.472	1.692	1.842	1.952	2.034	2.240	2.488
35.0	1.096	1.198	1.280	1.356	1.422	1.480	1.706	1.860	1.974	2.062	2.284	2.586
40.0	1.100	1.202	1.286	1.360	1.428	1.488	1.716	1.874	1.992	2.082	2.316	2.672

注：L——基础长度(m)；b——基础宽度(m)；z——计算点离基础底面竖向距离(m)。

表 G-2 矩形基础角点沉降系数 δ_2

$\frac{z}{b}$	L/b											条形
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	10.0	
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.2	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.4	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099
0.6	0.145	0.146	0.146	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147	0.147
0.8	0.187	0.189	0.191	0.191	0.192	0.192	0.192	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193
1.0	0.225	0.229	0.231	0.232	0.233	0.234	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235
1.2	0.258	0.263	0.267	0.269	0.271	0.272	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274	0.274
1.4	0.268	0.294	0.299	0.303	0.305	0.307	0.310	0.311	0.311	0.311	0.311	0.311
1.6	0.310	0.321	0.328	0.332	0.336	0.338	0.342	0.343	0.344	0.344	0.344	0.344
1.8	0.331	0.344	0.353	0.359	0.363	0.366	0.372	0.374	0.375	0.375	0.375	0.375
2.0	0.350	0.364	0.375	0.382	0.387	0.391	0.400	0.402	0.403	0.403	0.404	0.404
2.2	0.365	0.382	0.394	0.403	0.409	0.414	0.425	0.428	0.429	0.430	0.430	0.430
2.4	0.378	0.398	0.411	0.422	0.429	0.435	0.448	0.452	0.454	0.454	0.455	0.455
2.6	0.391	0.411	0.427	0.438	0.447	0.453	0.469	0.474	0.476	0.477	0.478	0.478
2.8	0.401	0.424	0.441	0.453	0.463	0.470	0.489	0.495	0.497	0.498	0.499	0.500
3.0	0.411	0.435	0.453	0.467	0.477	0.486	0.508	0.514	0.517	0.519	0.520	0.520
3.2	0.419	0.445	0.464	0.479	0.491	0.500	0.524	0.532	0.536	0.537	0.539	0.539
3.4	0.427	0.453	0.474	0.490	0.503	0.513	0.539	0.549	0.553	0.555	0.557	0.557
3.6	0.434	0.462	0.483	0.500	0.513	0.524	0.554	0.565	0.570	0.572	0.574	0.575
3.8	0.440	0.469	0.491	0.509	0.524	0.535	0.567	0.580	0.585	0.588	0.591	0.591
4.0	0.446	0.475	0.499	0.518	0.533	0.545	0.580	0.594	0.600	0.603	0.606	0.607
4.2	0.451	0.482	0.506	0.525	0.541	0.554	0.591	0.607	0.614	0.617	0.621	0.622
4.4	0.456	0.487	0.512	0.533	0.549	0.563	0.602	0.619	0.627	0.631	0.635	0.636
4.6	0.466	0.492	0.518	0.539	0.556	0.570	0.613	0.631	0.639	0.644	0.649	0.650
4.8	0.464	0.497	0.524	0.545	0.563	0.578	0.622	0.642	0.651	0.656	0.662	0.663
5.0	0.468	0.501	0.529	0.551	0.569	0.584	0.631	0.652	0.662	0.668	0.674	0.676
6.0	0.483	0.520	0.550	0.574	0.595	0.613	0.669	0.697	0.711	0.719	0.730	0.733
7.0	0.494	0.533	0.565	0.592	0.614	0.634	0.698	0.731	0.750	0.761	0.777	0.781
8.0	0.502	0.543	0.576	0.605	0.629	0.650	0.720	0.759	0.782	0.796	0.816	0.823
9.0	0.509	0.550	0.585	0.615	0.640	0.662	0.738	0.781	0.808	0.824	0.851	0.860
10.0	0.514	0.557	0.593	0.623	0.650	0.672	0.753	0.800	0.829	0.848	0.881	0.894
12.0	0.522	0.566	0.604	0.636	0.664	0.688	0.776	0.829	0.864	0.887	0.930	0.952
14.0	0.528	0.573	0.612	0.645	0.674	0.699	0.792	0.850	0.889	0.916	0.970	1.001
16.0	0.532	0.578	0.618	0.652	0.682	0.708	0.804	0.866	0.909	0.938	1.002	1.043
18.0	0.535	0.583	0.622	0.657	0.687	0.714	0.814	0.879	0.924	0.956	1.028	1.081
20.0	0.538	0.586	0.626	0.661	0.692	0.720	0.822	0.889	0.937	0.971	1.050	1.114
25.0	0.543	0.592	0.633	0.669	0.701	0.729	0.836	0.908	0.960	0.999	1.091	1.186
30.0	0.546	0.596	0.637	0.674	0.707	0.736	0.846	0.921	0.976	1.017	1.120	1.244
35.0	0.548	0.599	0.640	0.678	0.711	0.740	0.853	0.930	0.987	1.031	1.142	1.293
40.0	0.550	0.601	0.643	0.680	0.714	0.744	0.858	0.937	0.996	1.041	1.158	1.336

注:L——基础长度(m);b——基础宽度(m);z——计算点离基础底面竖向距离(m)。

表 G-3 圆形基础中心应力系数 α_3 和沉降系数 δ_3

$\frac{2z}{D}$	α_3	δ_3
0.0	1.000	0.000
0.2	0.998	0.100
0.4	0.949	0.197
0.6	0.864	0.287
0.8	0.756	0.368
1.0	0.646	0.438
1.2	0.547	0.498
1.4	0.461	0.548
1.6	0.390	0.591
1.8	0.332	0.627
2.0	0.284	0.658
2.2	0.246	0.684
2.4	0.213	0.707
2.6	0.187	0.727
2.8	0.165	0.745
3.0	0.146	0.761
3.2	0.130	0.774
3.4	0.117	0.787
3.6	0.106	0.798
3.8	0.096	0.808
4.0	0.087	0.817
4.2	0.079	0.825
4.4	0.073	0.833
4.6	0.067	0.840
4.8	0.062	0.846
5.0	0.057	0.852
6.0	0.040	0.877
7.0	0.030	0.894
8.0	0.023	0.907
9.0	0.018	0.918
10.0	0.015	0.926
12.0	0.010	0.939
14.0	0.008	0.948
16.0	0.006	0.955
18.0	0.005	0.960
20.0	0.004	0.964

注：D——圆形基础直径(m)；z——计算点离基础底面竖向距离(m)。

附录 H 井壁摩阻力 f_k 表

土 层 类 别	井壁摩阻力 f_k (kPa)
流塑状态的黏性土	10~15
软塑及可塑状态的黏性土	12~25
粉砂和粉性土	15~25
泥浆套	3~5

注:1. 井壁外侧为阶梯式且采用灌砂助沉时,灌砂段的摩阻力可取 7kPa~10kPa;
2. 气幕减阻时,可按表中摩阻力乘 0.5~0.7 系数。

附录 J 地基土基床系数及比例系数表

表 J—1 水平向基床系数 k_H

地 基 土 分 类	k_H (kN/m ³)
流塑的黏性土	3000~15000
软塑的黏性土和松散的粉性土	15000~30000
可塑的黏性土和稍密~中密粉性土	30000~150000
硬塑的黏性土和密实的粉性土	150000 以上
松散的砂土	3000~15000
稍密的砂土	15000~30000
中密的砂土	30000~100000
密实的砂土	100000 以上

表 J—2 竖向基床系数 k_v



地 基 土 分 类	k_v (kN/m ³)
流塑的黏性土	5000~10000
软塑的黏性土和松散的粉性土	10000~20000
可塑的黏性土和稍密~中密粉性土	20000~40000
硬塑的黏性土和密实的粉性土	40000~100000
松散的砂土(不含新填砂)	10000~15000
稍密的砂土	15000~20000
中密的砂土	20000~25000
密实的砂土	25000~40000

表 J-3 比例系数 m

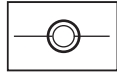
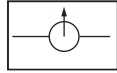
地 基 土 分 类	m (kN/m ⁴)
流塑的黏性土	1000~2000
软塑的黏性土、松散的粉性土和砂土	2000~4000
可塑的黏性土、稍密~中密粉性土和砂土	4000~6000
硬塑的黏性土、密实的粉性土、砂土	6000~10000

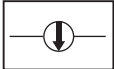
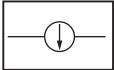

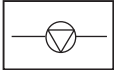
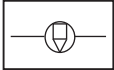
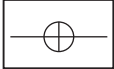

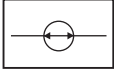
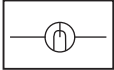
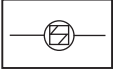
附录 K 图 例

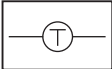

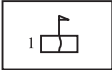

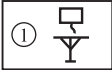
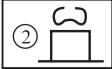

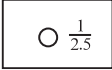


一般图例







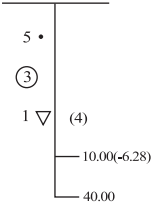
图 例	名 称	说 明
	拟建建筑物	线粗 1.2mm
	已建建筑物	线粗 0.3mm

勘探测试图例


图 例	名 称	说 明
	孔号 孔口高程 孔深 稳定水位高程	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm (小钻孔直径 2.5mm)
	取土样钻孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	控制性孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	抽水试验孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	注水试验孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm

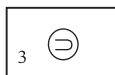
	标准贯入试验孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	轻型动力触探孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	动力触探孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	静力触探试验孔(单桥)	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	静力触探试验孔(双桥)	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	十字板剪切试验孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	波速测试孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	旁压试验孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	扁铲侧胀试验孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	电测井点	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm

	地微震测试孔	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	地下水长期观测孔及编号	符号左侧数字为点的编号
	应力应变观测孔及编号	符号左侧数字为点的编号
	载荷试验点及编号	高 7.0mm, 宽 6.0mm, 编号圈直径 3mm
	振动载荷试验点及编号	高 7.0mm, 宽 6.0mm, 编号圈直径 3mm
	块体强迫振动试验点及编号	高 7.0mm, 宽 6.0mm
	桩试验点及编号	高 10.0mm
	简易钻孔 $\frac{\text{编号}}{\text{孔深}}$	直径 2.5mm, 线粗 0.3mm
	井斜测量点及编号	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm
	井径测试点及编号	直径 4.0mm, 线粗 0.3mm

	钻孔	孔柱粗 1mm~1.5mm
	探井(槽)	槽宽 3.0mm
	静力触探试验孔(单桥)	孔柱粗 0.5mm, 曲线粗 0.2mm
	静力触探试验孔(双桥)	孔柱粗 0.5mm, 曲线粗 0.2mm
	动力触探孔	孔柱粗 0.5mm
	简易钻孔 (铲孔、轻便钻、钎探)	孔柱粗 0.5mm
	取土编号 层号 标贯编号(击数) 分层深度(标高) 终孔深度	直径 2mm 边长 2mm

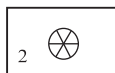
工程物探图例

图 例	名 称	说 明
	电测深点及编号	直径 4mm



磁探点及编号


直径 4mm

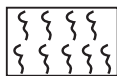


地震爆炸点及编号

直径 4mm

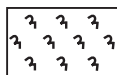
土类图例

图 例	名 称	说 明
	杂填土	线粗 0.3mm, 右斜 45°角
	素填土	线粗 0.3mm, 斜线 45°角
	冲填土(吹填土)	线粗 0.3mm
	耕土	“  ”高 4mm
	淤泥	波纹长度为 3mm~4mm
	淤泥质黏土	线粗 0.3mm, 右斜 45°角
	淤泥质粉质黏土	线粗 0.3mm, 右斜 45°角



泥炭

高 4.0mm



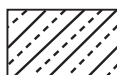
有机质土

高 4.0mm



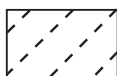
黏土

线粗 0.3mm, 右斜 45°角



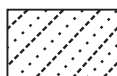
粉质黏土

线粗 0.3mm, 右斜 45°角



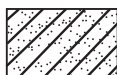
黏质粉土

线粗 0.3mm, 右斜 45°角



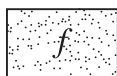
砂质粉土

线粗 0.3mm, 右斜 45°角

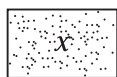


黏土夹砂

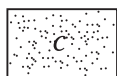
线粗 0.3mm, 右斜 45°角



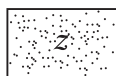
粉砂



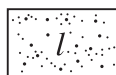
细砂



粗砂



中砂



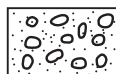
砾砂

小圆圈直径小于 0.8mm



角砾

边长 1.5mm, 图中黑三角作不规则排列



圆砾

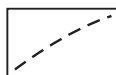
长轴 2mm~2.5mm

分区界限及其他图例

图 例

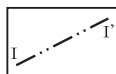
名 称

说 明



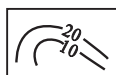
区界限

线粗 0.9mm



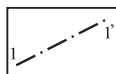
工程地质剖面线及编号

线粗 0.6mm

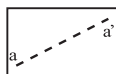


等值线

线粗 0.3mm



螺纹钻孔剖面及编号

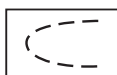


河床断面及编号



明浜

线粗 0.3mm



暗浜

线粗 0.3mm



稳定水位

“▽”边长 2.0mm

附录 L 本规范用词说明

L. 0. 1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词,说明如下:

1 表示很严格,非这样做不可的用词:

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用词:

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用词:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

L. 0. 2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的规定”。非必须按指定的标准、规范或其他规定执行时,写法为“可参照……”。

上海市工程建设规范

岩土工程勘察规范

DGJ08-37-2012

条文说明

2012 上海

目 次

1	总 则	(1)
3	工程地质条件	(3)
3.1	地形地貌	(3)
3.2	地基土名称	(8)
3.3	地基土性质	(9)
3.4	各类地基土层分布图	(12)
4	勘察阶段、等级、勘察纲要	(14)
4.1	勘察阶段	(14)
4.2	勘察等级	(15)
4.3	勘察纲要	(16)
5	建筑工程勘察	(18)
5.1	一般规定	(18)
5.2	天然地基	(20)
5.3	桩 基	(21)
5.4	沉降控制复合桩基	(22)
5.5	基坑工程	(22)
5.7	既有建筑物的加层或加固	(24)
6	市政工程勘察	(25)
6.1	一般规定	(25)
6.2	给排水工程	(26)

6.3	道路工程	(28)
6.4	桥涵工程	(29)
6.5	管道工程	(31)
6.6	隧道工程与轨道交通工程	(32)
6.7	堤岸工程	(34)
6.8	大面积堆土工程	(36)
6.9	废弃物处理工程	(37)
6.10	污染土处置工程	(38)
7	港口及水利工程勘察	(41)
7.1	一般规定	(41)
7.2	港口工程	(42)
7.3	水闸工程	(43)
8	场地和地基的地震效应	(46)
8.1	一般规定	(46)
8.2	场 地	(48)
8.3	地基液化判别	(51)
8.4	场地地震反应分析	(54)
9	工程地质调查与勘探	(56)
9.1	一般规定	(56)
9.2	工程地质调查	(56)
9.3	周边环境调查	(57)
9.4	勘探点定位与高程测量	(58)

9.5	钻 探	(59)
9.6	取 样	(60)
9.7	工程物探	(61)
10	原位测试	(62)
10.1	一般规定	(62)
10.2	静力触探试验	(63)
10.4	轻型动力触探试验	(67)
10.5	十字板剪切试验	(67)
10.6	载荷试验	(67)
10.7	旁压试验	(69)
10.8	扁铲侧胀试验	(70)
10.9	波速测试	(73)
10.10	场地微振动测试	(75)
10.11	土壤热响应试验	(79)
10.12	钻孔简易降水头注水试验	(80)
10.13	钻孔简易抽水试验	(84)
11	室内土工试验	(89)
11.1	一般规定	(89)
11.2	试样制备	(90)
11.3	土的物理性试验	(90)
11.4	土的力学性试验	(91)
11.5	土的热物性试验	(94)

11.6	土的动力性试验	(97)
12	地下水	(99)
12.1	一般规定	(99)
12.2	水文地质参数的确定	(103)
12.3	地下水评价	(103)
13	现场检验与监测	(107)
13.1	一般规定	(107)
13.2	现场检验	(109)
13.3	现场监测	(109)
14	岩土工程分析评价	(115)
14.1	一般规定	(115)
14.2	分析评价的基本要求	(115)
14.3	地基土参数统计	(115)
14.4	天然地基承载力确定	(116)
14.5	桩基承载力确定	(121)
14.6	地基变形验算	(124)
15	岩土工程勘察成果文件	(132)
15.1	一般规定	(132)
15.2	成果文件	(132)

CONTENTS

1	General principles	(1)
3	Engineering geological condition	(3)
3.1	Topography and landform	(3)
3.2	Subsoil	(8)
3.3	Properties of subsoil	(9)
3.4	Geological maps	(12)
4	Investigation phase, grade, program	(14)
4.1	Investigation phase	(14)
4.2	Investigation grade	(15)
4.3	Investigation program	(16)
5	Building engineering investigation	(18)
5.1	General regulations	(18)
5.2	Natural foundation	(20)
5.3	Pile foundation	(21)
5.4	Composite pile foundation under settlement controlling	(22)
5.5	Foundation pit engineering	(22)
5.7	Storey-adding or reinforcement of existing building	(24)
6	Municipal engineering investigation	(25)
6.1	General regulations	(25)
6.2	Water supply and drainage works	(26)

6.3	Road engineering	(28)
6.4	Bridge and culvert engineering	(29)
6.5	Pipeline engineering	(31)
6.6	Tunnel engineering and urban rail traffic engineering	(32)
6.7	Embankment engineering	(34)
6.8	Large area earth filling engineering	(36)
6.9	Solid waste treatment and disposal engineering	(37)
6.10	Contaminated soil disposal engineering	(38)
7	Harbor and irrigation works investigation	(41)
7.1	General regulations	(41)
7.2	Harbor engineering	(42)
7.3	Floodgate engineering	(43)
8	Seismic effect of site and subsoil	(46)
8.1	General regulations	(46)
8.2	Site	(48)
8.3	Subsoil liquefaction evaluation	(51)
8.4	Seismic response analysis of site	(54)
9	Engineering geological investigation and exploration	(56)
9.1	General regulations	(56)
9.2	Engineering geological investigation	(56)
9.3	Surrounding investigation	(57)
9.4	Exploratory point locating and elevation surveying	(58)
9.5	Boring	(59)

9.6	Sampling	(60)
9.7	Engineering physical prospecting	(61)
10	In-situ tests	(62)
10.1	General regulations	(62)
10.2	Cone penetration test	(63)
10.4	Light dynamic probing test	(67)
10.5	Vane shear test	(67)
10.6	Loading test	(67)
10.7	Pressuremeter test	(69)
10.8	Flat dilatometer test	(70)
10.9	Wave velocity test	(73)
10.10	Site pulsation vibration test	(75)
10.11	Soil thermal response test	(79)
10.12	Simply equipped water injection test in borehole by dropping head	(80)
10.13	Simply equipped water pumping test in borehole	(84)
11	Laboratory tests	(89)
11.1	General regulations	(89)
11.2	Specimen preparation	(90)
11.3	Physical tests	(90)
11.4	Mechanical tests	(91)
11.5	Soil thermal property tests	(94)
11.6	Soil dynamic tests	(97)
12	Groundwater	(99)

12.1	General regulations	(99)
12.2	Hydro-geological parameter determination	(103)
12.3	Groundwater evaluation	(103)
13	In-situ inspection and monitoring	(107)
13.1	General regulations	(107)
13.2	In-situ inspection	(109)
13.3	In-situ monitoring	(109)
14	Geotechnical engineering analysis and evaluation ...	(115)
14.1	General regulations	(115)
14.2	Basic requirements of analysis and evaluation	(115)
14.3	Subsoil parameter statistics	(115)
14.4	Subsoil bearing capacity determination	(116)
14.5	Pile bearing capacity determination	(121)
14.6	Foundation settlement estimation	(124)
15	Geotechnical investigation deliverables	(132)
15.1	General regulations	(132)
15.2	Deliverables	(132)

1 总 则

1.0.1 上海市《岩土工程勘察规范》DBJ08—37—94 是 1994 年编制的全国第一本地方性岩土工程勘察规范,从法规角度规定了岩土工程的业务范围、地位、作用及技术标准。2002 年完成了第一次修订,本次是第二次修订。

上海市《岩土工程勘察规范》DGJ08—37—2002(以下简称“原规范”)实施以来,对保证勘察工作质量、促进岩土工程技术进步起到了应有的作用。本次修订基本保持原规范的总体框架,作局部调整。补充了近年来发展的新技术和积累的新经验;改正和删除了某些不适当、不确切的条款;按住房和城乡建设部《工程建设标准编写规定》修改了体例;并与相关技术标准、规范进行了协调。

1.0.2 因上海市建设交通委的管辖范围已从原来的建筑工程、市政工程扩大到港口和水利工程领域,根据市建筑建材业市场管理总站的总体考虑,要求本次修订后规范的适用范围相应扩大。同时上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 适用范围也调整为建筑、市政、港口和水利工程,故本次修订将规范的适用范围扩大到建筑工程、市政工程、地下工程、港口工程及水利工程。需要说明的是,建筑、市政、港口及水利工程均涉及地下工程的内容,本次修订未将地下工程单独成章。

考虑原规范适用范围提及的地质灾害评估以及地基处理、地基基础施工是属于某类建设工程的具体工作内容,故删除。

1.0.3 先勘察,后设计,再施工,是国务院《建设工程勘察设计管理条例》(国务院令第 293 号)规定的工程建设必须遵循的程序。

1.0.4 勘察纲要是勘察工作实施的指导文件,本条强调了编制勘察纲要的重要性、必要性和针对性。考虑原规范条文“无勘察纲要不得实施勘察作业”属于管理性文件的表述,不宜写到技术标准中,故删除。实际工程中应严格做到先编制勘察纲要,后实施勘察作业。

1.0.5 本条强调了了解当地建筑经验的重要性;考虑原位测试方法可客观、准确、快速地获取土层参数,故倡导积极运用原位测试方法。勘察成果文件是设计与施工的重要依据,本次修订强调提供资料的可靠性,严禁弄虚作假。勘察报告除应客观反映场地的工程地质条件外;尚应结合工程性质,对设计与施工可能涉及的岩土工程问题进行针对性评价,并提出结论与建议。

3 工程地质条件

3.1 地形地貌

3.1.1 本条对上海地区的地理位置及地基土成因、地形进行概述。据“上海市地图集”记载,上海地区陆地形成和演变可分几个阶段,距今约 6500~5000 年,在今嘉定、外冈至漕泾一带以东,形成了一道条带状的滨岸贝壳砂堤,俗称“冈身”。“冈身”形成时,其西面的淀泖地区是大片湖泊,随古太湖逐渐淤浅而形成泻湖沼泽平原,地势较低,是上海低洼地的主要分布区域。“冈身”以东陆地,是公元一至三世纪以后由长江南岸边滩不断加速淤涨形成。八至十世纪时,海岸已在月浦、北蔡、周浦、下沙至奉城一线,形成了下沙捍海塘。公元十至十三世纪(宋代),岸线逐渐东移,南宋孝宗乾道八年(1172 年)筑起了里护塘,海岸线已位于今老宝山城和川沙、南汇县城。然后逐渐向西南转折至大团、奉城、柘林、金山卫一线。此后,上海东部海岸的成陆速度逐渐减慢,人们不断修筑塘堤,围海造田。清雍正十一年间(1733 年)里护塘东侧备塘加固,称为钦公塘。二十世纪初的圩塘,经整修加固成人民塘。这些历史演变、城市沿革,是上海成陆年代的佐证(附宋、明、清时期的上海地区图,见图 3.1.1-1~3.1.1-3)。

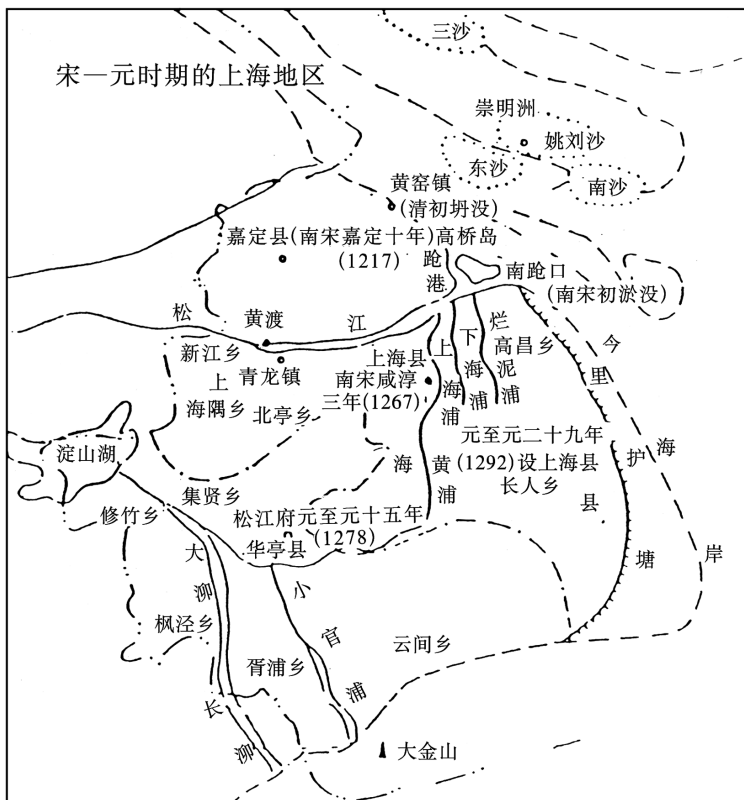


图 3.1.1-1 宋一元时期的上海地区图

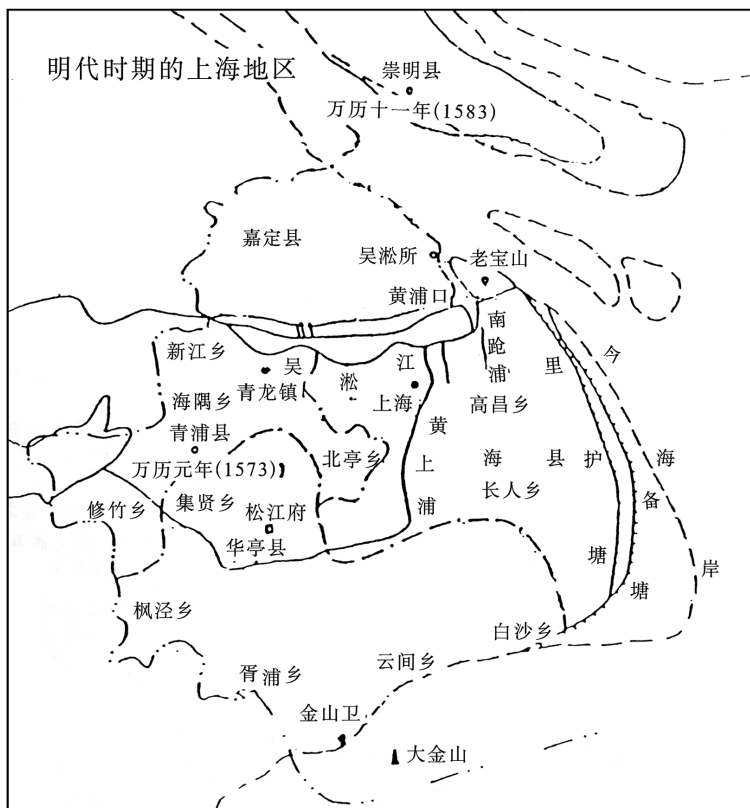


图 3.1.1-2 明代时期的上海地区图

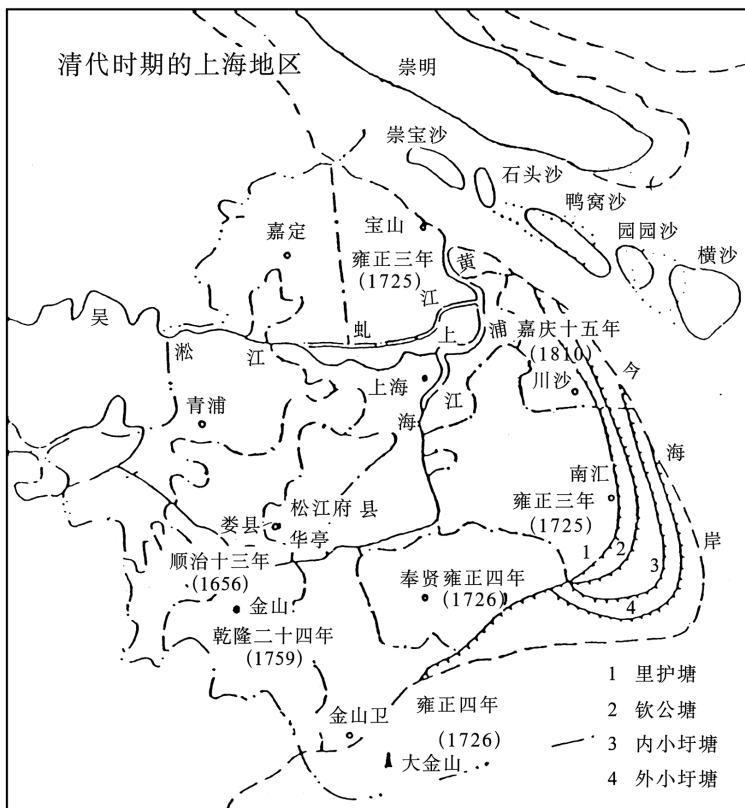


图 3.1.1—3 清代时期的上海地区图

3.1.2 上海地区工程建设一般采用吴淞高程系统,从本市测绘行政主管部门定期发布的高程基准点引测,使用时需注明成果发布时间。

3.1.3 上海市《岩土工程勘察规范》1994 版及 2002 版中涉及四大地貌类型,主要包括湖沼平原、滨海平原、河口砂嘴砂岛和潮坪。本次修订对地貌类型以及湖沼平原与滨海平原的界线作局

部调整如下：

(1)增加了剥蚀残丘地貌类型

考虑目前已有多项工程建设涉及到上海西部剥蚀残丘,故本次修订增加了“剥蚀残丘”地貌类型。剥蚀残丘地貌指松江、金山境内的北竿山、佘山、凤凰山、辰山、天马山、钟家山、横山、小昆山、秦皇山、查山、大金山等。根据上海市地质图,将上海地区的剥蚀残丘标注在附图 A“上海市地貌类型图”上。

(2)恢复以“冈身”作为湖沼平原与滨海平原的地貌分界线

1994 版与 2002 版的上海市《岩土工程勘察规范》,湖沼平原与滨海平原的地貌界线划分原则是按地表下 15m 深度范围内有无浅部暗绿色硬土层分布,改变了按“冈身”划分地貌界线的原则。

众所周知,贝壳沙堤(俗称“冈身”)是滨海后滨带滩脊的标志,滩脊面后侧即指示海岸线所在。“冈身带”形成于距今约 6500~5000 年,呈北北西-南南东走向,北起嘉定,外冈等地,向南延伸到金山漕泾、奉贤柘林,宽约 2km~8km 不等、断续延长约 70km。考虑地貌类型的划分首先应根据地貌特征,同一地貌类型内的地层差异可进一步划分为亚区,因此本次规范修订恢复以“冈身”作为湖沼平原与滨海平原的地貌分界线。

按“冈身”作为湖沼平原与滨海平原的地貌分界线后,由于湖沼平原区的东南部如松江的洞泾、金山的漕泾等地区暗绿色硬土层顶埋深大于 15m 且浅部地层分布更接近于滨海平原,故根据深度 15m 以浅有无暗绿色硬土层将湖沼平原区划分为两个亚区: I-1 区和 I-2 区。I-1 区位于湖沼平原西部,在 30m 深度范围内分布两层硬土层或第一硬土层埋藏较浅(小于 15m); I-2 区位于湖沼平原东南部,其地层分布特征接近于滨海平原。I-1 区和

I-2 区的分界线根据上海市已有的地质资料及本次规范修订配套课题《上海泻湖沼泽平原区工程地质条件研究报告》综合确定。

(3)本次规范修订增加了港口和水利工程内容,所涉及的项目大多是近岸工程,一般位于潮坪地貌类型区,对处于海域的三角洲前缘及前三角洲地貌,本次规范修订仍不涉及。

因此上海境内地貌类型主要涉及湖沼平原、滨海平原、河口砂嘴砂岛、潮坪和剥蚀残丘五大类。

3.2 地基土名称

3.2.1~3.2.2 土层的定名与划分应根据具体工程的地基土情况经综合分析后确定:当土性比较均一时,宜按土试成果定名;当土性差异较大时,宜综合野外编录和原位测试成果定名。对第⑤₁层和第⑧层土定名时,应予以谨慎考虑,部分区段第⑤₁层以黏土夹薄层粉砂形式出现,土试成果可能定名为淤泥质粉质黏土,但当 $P_s > 1.0 \text{MPa}$ 时,土层定名可不冠以“淤泥质”;第⑧层为正常固结土至轻度超固结土,一般不冠以“淤泥质”。

由于码头、桥梁等水工构筑物的建设经常涉及新近沉积的表部淤泥,故本次修订增加淤泥的定名标准。行业标准《港口岩土工程勘察规范》JTS 133—1中淤泥性土的分类包括淤泥质土、淤泥和流泥,详见本规范第7.1节条文说明。本条根据上海地区实际情况,未涉及“流泥”,当天然含水量大于液限且天然孔隙比大于或等于1.5时均划分为淤泥。当港口工程勘察有明确要求时,可按《港口岩土工程勘察规范》JTS 133—1规定进行分类与定名。

3.3 地基土性质

3.3.1 上海地区除少数剥蚀残丘有岩石露头外,覆盖了巨厚的第四系松散沉积物,以天马山和秦皇山凸起为脊顶,分别向西南和东北倾伏,西南的枫泾凹陷最大基岩埋深达 280m,东北的崇明凹陷最大基岩埋深达 480m,市区基岩埋深一般为 200m~300m。需要说明的是,上海市区宜山路、钦州路附近基岩埋深仅 60m~70m,分布范围约 $2\text{km}^2 \sim 3\text{km}^2$ 。

3.3.2 根据《上海市第四纪地层与沉积环境》与《上海市三维城市地质调查》研究成果,湖沼平原 I-1 区分布的浅部暗绿色、褐黄色硬土层(原规范编号④₁、④₂)和灰黄、灰色粉性土、粉砂层(原规范编号④₃)地质年代属 Q₃,距今约 1.1~1.7 万年,故本次修订将其地层序号相应调整为⑥层。同时根据《上海泻湖沼泽平原区工程地质条件研究报告》,湖沼平原与滨海平原交界区域,硬土层埋深由西往东逐渐变深,局部区域硬土层是连续的。故本次规范修订将湖沼平原区的第⑥层土,按其土性划分为 4 个亚层,各亚层土名与原规范的对应关系见表 3.3.2。第⑦层及其以下土层的序号不变。

**表 3.3.2 湖沼平原 I-1 区第⑥层地质年代及土层
序号与原规范对比表**

土 层 名 称	地质年代及土层序号调整			
	原规范(2002 版)		本次修订	
暗绿～草黄色黏性土(第一硬土层)	④ ₁ 、④ ₂	Q ₄	⑥ ₁	Q ₃
黄～灰色粉性土、砂土	④ ₃		⑥ ₂	
灰色黏性土	⑤		⑥ ₃	
灰绿、暗绿、草黄色黏性土(第二硬土层)	⑥	Q ₃	⑥ ₄	

根据上述原则,本次对附录 A“湖沼平原 I-1 区地基土的层次表”作了相应调整,并增加了湖沼平原 I-1 区的物理力学指标表(详见附录 E)。勘察期间应关注 I-1 区土层的分布特征:

(1)湖沼平原区表层分布的有机质土或泥炭质土,具有分布不连续、厚度薄、埋藏深度不一等特点,勘察时应注意查明其分布特征及其性质;

(2)第⑥层各亚层具有分布不连续性、土性不均等特点,局部区域缺失第一硬土层或缺失第二硬土层,第⑥₂层粉性土、砂土在不同区域土性和厚度变化大;

(3)除局部地区第⑦层粉土、粉砂层厚度大、状态佳外,大部分区域该层厚度不大,甚至局部区域缺失。勘察时应注意其工程特性的查明和评价。

I-1 区和 I-2 区交界带上,宜根据具体的地层分布特征确定地貌亚单元。

3.3.3

2 第①₃层江滩土距今年代较近,土质不均,含螺壳、贝壳碎

屑,棕丝等杂质,以黏质粉土为主,局部夹较多淤泥质土,部分地区为砂质粉土。主要分布于黄浦江两岸及沙岛、浅滩、江底表部,结构性较差,易受扰动,需要注意与第②₃层的区别。局部区域江滩土的底界深度可达20m以上。

4 第③层土中一般夹有薄层粉性土或粉砂,当达到一定厚度时,宜划分亚层;第④层土下部受沉积环境控制,局部地段分布灰色粉性土或粉砂层,勘察时宜根据情况细分亚层。

5 第⑤₂层灰色粉性土或粉砂,土质不均,局部夹较多黏性土,在市区南部分布范围较广,在市中心及北部地区呈零星状分布,层顶标高一般为-15m~-20m,厚度变化很大,其分布范围详见附图C。

7 局部地区第⑧层土的中部或下部夹有厚度约2m~3m的灰绿~暗绿色硬土层,此土层为早大理冰期沉积标志。

3.3.4 河口、砂嘴、砂岛浅部地基土以粉性土、粉砂为主,易产生液化和流砂现象。因随长江不断冲淤形成,具有明显的沉积韵律,不同深度其间夹黏性土薄层程度不同,勘察时应加强使用原位测试手段,宜根据土性和夹黏性土情况细分亚层。勘察时应正确评价其工程特性。

3.3.5 潮坪地带受潮流的作用,浅部分布有新近沉积的粉性土。勘察时应加强使用原位测试手段,正确评价其工程特性。

3.3.6 上海境内剥蚀残丘坡度均较平缓,山体浑圆。基岩的岩性主要为火山岩类,有中性、中酸性、酸性熔岩及火山碎屑岩。熔岩主要为安山岩、英安岩、流纹岩,碎屑岩主要为熔结凝灰岩和凝灰岩。基岩浅埋区域,浅部土层与周边湖沼平原地层基本一致,但可见残积土覆盖于基岩之上,残积土主要为砾质黏土或含砾黏土。

本节条文说明增加“第四纪地质时代符号对比表”，表中分别列出了本规范采用的地质时代符号和国际通用地质时代符号，以方便国际间学术交流。

表 3.3.6 第四纪地质时代符号对比表

本规范采用的地质时代符号		国际通用地质时代符号	
全新世 Q_4	Q_4^3	全新世 Q_h	Q_{h3}
	Q_4^2		Q_{h2}
	Q_4^1		Q_{h1}
晚更新世 Q_3	Q_3^2	晚更新世 Q_{p3}	Q_{p3}^2
	Q_3^1		Q_{p3}^1
中更新世 Q_2	Q_2^2	中更新世 Q_{p2}	Q_{p2}^2
	Q_2^1		Q_{p2}^1
早更新世 Q_1	Q_1^3	早更新世 Q_{p1}	Q_{p1}^3
	Q_1^2		Q_{p1}^2
	Q_1^1		Q_{p1}^1

3.4 各类地基土层分布图

3.4.1 原规范提供的《上海市区浅层粉性土及砂土分布图》、《上海市区第⑥层(暗绿色硬土层)分布图》、《上海市区第⑦层(粉性土、砂土层)分布图》对勘察方案编制、工程建设可行性研究及初步设计具有重要工程意义。本次附图修订内容包括：

- (1)编图范围由原中心城区扩大到上海外环线(S20)；
- (2)充分利用了本市 2002 年以来完成的勘察资料；

(3)根据城市建设与发展的需要,增加了《上海市区第⑤₂层粉性土、砂土层分布图》、《上海市区第⑧层黏性土层分布图》、《上海市区第⑨层砂土层分布图》。

4 勘察阶段、等级、勘察纲要

4.1 勘察阶段

4.1.1 本规范适用范围包括建筑工程、市政工程、港口及水利工程,各类勘察规范对勘察阶段的划分或名称有所不同,列表如下:

表 4.1.1 不同规范勘察阶段划分对比

规 范 名 称	勘 察 阶 段 划 分			
岩土工程勘察规范 (DGJ08-37-2002)	可行性研究	初步勘察	详细勘察	施工勘察
港口岩土工程勘察规范 (JTS 133-1-2010)	可行性 研究阶段	初步设计阶段	施工图 设计阶段	施工期勘察
堤防工程地质勘察规程 (SL 188-2005)	规划阶段	可行性 研究阶段	初步设计阶段	施工地质

废弃物处理工程因涉及环境保护问题,有时需要在可行性研究阶段之前进行选址勘察。

4.1.2 建设项目的地质灾害评估属于专项评估的内容,不属于常规岩土工程勘察的范畴,故本次修订将原规范条文提及的“评估地质灾害程度”删除。

4.1.3 原规范初步勘察的工程范围仅包括大型工业、超高层建筑、建设面积 20 万平方米以上的建设项目。本次修订考虑一般大型市政、港口与水利工程需要进行初步勘察,故初步勘察的工程范围作相应调整。

4.1.4 详细勘察是工程勘察四个阶段中必须进行的勘察阶段。对工程规模小或拟建建(构)筑物平面位置已确定的项目,可简化

勘察阶段,直接进行详细勘察。

4.1.5 施工勘察是针对施工阶段需要解决的具体问题,由建设单位委托进行的勘察。本条规定了应进行施工勘察的几种情况。考虑因设计变更需补充的勘察资料,属于详细勘察阶段的范畴,故原规范 4.1.5 条第 1 款取消。

4.1.6 专项勘察指不同于常规的岩土工程勘察,需要建设单位专项委托,如地下管线、障碍物及环境的专项调查,专项水文地质勘察等。

4.2 勘察等级

4.2.1 对于建(构)筑物的等级划分,主要考虑工程重要性、规模大小以及由于岩土工程问题造成破坏或影响正常使用的后果。由于涉及各行各业,很难做出全面具体的划分标准,表 4.2.1 仅列出主要建(构)筑物类型。本次修订表 4.2.1 主要调整包括:

(1)考虑目前公共建筑项目类型多且数量不少,同时本规范适用范围已扩大,故工程类型中增加了公共建筑、码头、垃圾处理场及堤防工程;

(2)考虑基坑工程勘察经验逐步积累,二级与三级安全等级基坑的建筑物等级进行了调整;

(3)水厂统一调整为给排水工程,与第 6 章保持一致。

需要说明的是,根据船坞设计规范,大于等于 50000t 级船坞工程的等级为一级;5000t~50000t 级船坞工程的等级为二级;小于等于 5000t 级船坞工程的等级为三级。考虑上海地区船坞工程一般涉及基坑开挖,其涉及的岩土工程问题同基坑工程,故表 4.2.1 未列入船坞工程,船坞工程的等级可根据其基坑开挖深度确定。

4.2.2 上海为软土地区,属特殊性土,建筑场地地基复杂程度仅分为复杂场地和中等复杂场地两类。本条根据上海地区的实际情况列出判定为复杂场地的几种情况。

2 考虑原规范“存在可液化土层”判定为复杂场地,对部分轻微液化场地不太合适,本次修订调整为液化等级为中等及以上的场地。

4 考虑国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001(2009版)地下水(或土)对建筑材料的腐蚀性评价,将原先的“无腐蚀”改为“微腐蚀”,原款地下水(或土)对混凝土具有腐蚀性判定为复杂场地的表述显然不合适,故调整为地下水(或土)对混凝土具弱及以上腐蚀性。

5 当建设场地存在对工程建设有影响的(微)承压水时,判定为复杂场地是新增条款。主要考虑深基坑开挖时,应对(微)承压水分布特征(含水层顶板埋深、水位及变化等)进行查明,避免引发水土突涌的险情。

6 考虑邻岸及近岸工程场地的稳定性、地下水与地表水的水力联系等问题较为特殊,故增加本条款。

4.2.3 当建(构)筑物等级为二级、场地为复杂场地时,根据原规范表 4.2.3 判定,勘察项目等级为甲~乙级,且条文说明也未作具体界定,具体执行时难以把握。本次修订将此类情况调整为甲级。

4.3 勘察纲要

4.3.1 考虑上海地区基岩露头少,绝大多数工程涉及土基,本规范各章对岩土工程的勘察要求仅适用于土基。对岩基地区的岩土工程勘察工作量的确定,可参照国家标准《岩土工程勘察规范》

GB 50021 执行。

4.3.2 本次修订强调勘察工作量应由勘察单位确定,是考虑岩土工程师熟悉场地工程地质条件与地区勘察经验,并承担勘察工作量布置不合理的法定责任。

4.3.3 本条文按详勘要求列出所需搜集的资料,其他勘察阶段编制纲要的资料依据可有增减。

2 在原规范中强调必要时尚需有地下管线图,本次调整为必要时宜搜集周边环境资料。周边环境资料除地下管线外,尚包括邻近的建(构)筑物、道路、河流、堆土等情况。

3 勘察任务委托书中,宜强调搜集建(构)筑物性质(荷重、基础形式等),以使得详勘工作量的布置具有针对性。

5 建筑工程勘察

5.1 一般规定

5.1.1 本条规定了建筑工程勘察的适用范围。原规范第 5.1.1 条涉及本章适用范围及勘察工作内容的规定,本次修订为保持各章编写风格一致,将适用范围与勘察要求分开阐述。

5.1.2 本条是建筑工程勘察的总体要求,强调应根据不同勘察阶段、工程性质、地基土的特点确定勘察工作量。变形控制严格的建(构)筑物或有其他特殊工艺和使用要求的工业厂房,应根据具体的设计要求开展勘察工作。

5.1.3 本规范所指的勘探孔不包括小螺旋孔。根据上海软土地基的特点和勘察经验,鉴别孔不宜采用。轻型动力触探可评价填土的均匀性,确定填土承载力,故规定工程需要时,也可采用轻型动力触探孔进行浅层勘探。

静力触探和标准贯入等原位测试不但能有效鉴别土性、划分土层,而且能获得土层力学性质参数,故在勘探孔数量较多的情况下,可提高原位测试孔的比例,最高可达 2/3。需要说明的是,勘察过程中发现局部范围基础持力层分布不稳定,为查明地层起伏而增补的原位测试孔,不属于此规定的范畴。

当场地内存在粉性土或砂土时,宜选择部分钻孔进行标准贯入试验。用于液化判别的测试孔,其测试要求应符合第 8 章的相关要求。

5.1.4 本条是新增条款,为了与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 协调一致。详细勘察阶段每一主要土层取土或原位测

试数据不少于 6 组是最低要求,大型工程勘探孔数量较多时,取土与原位测试的数量应根据具体情况适当增加。详勘阶段每一主要土层的 6 组原状土试样、或 6 组原位测试数据(如标准贯入试验)、或 3 个静力触探孔测试数据(分层 p_s 值或 q_c 、 f_s 值),至少满足其中之一,不同测试方法的数量不可相加。实际工程中除了关注取土与原位测试数据的数量外,还需注意土性指标的代表性。

天然地基、桩基及沉降复合桩基的主要土层指基础持力层、软弱下卧层、主要压缩层(厚度大于 5m 的土层)。基坑工程的主要土层指基坑开挖 2 倍深度范围内对基坑稳定性有重要影响的土层,一般的薄层或夹层不作为主要土层。

5.1.7 详细勘察阶段对宽度小于或等于 20m 的建(构)筑群,可采用“之”字形布置勘探孔,主要考虑上海地区地层分布相对稳定的缘故。目前板式建筑的宽度大多为 15m 左右,采用“之”形布置勘探孔,可节省勘察工作量。遇到地层变化大时,应按要求加密勘探孔。

5.1.8 对建筑工程而言,专项勘察一般涉及深大基坑的专门水文地质勘察与周边环境专项调查。当水文地质条件复杂且影响降水设计与施工方案选择时,可委托开展专项水文地质勘察,宜根据基坑规模与深度、场地水文地质条件等,布置适量的水文地质勘探孔、现场抽(注)试验孔与观测孔等,查明场地相关含水层的分布、水位及变化、与地表水的水力联系、土层渗透系数、单井/群井抽水量等,为降水设计与施工提供所需水文地质参数。当深大基坑的周边环境复杂,符合本规范第 9.3.3 条情况时,应委托专业单位进行专项环境调查。

5.2 天然地基

5.2.3 单项工程指只有一栋建筑物。对占地面积小于等于 400m^2 的单栋建筑,勘探孔数量可减少至 2 个。

建(构)筑物不需要验算地基变形及进行场地液化判别时,勘察工作的重点是查明浅部主要受力层的分布特性,因此可利用附近的勘探资料,仅布置小螺旋孔即可。勘察成果报告中应提供所收集并利用的勘探资料。

5.2.5 本次修订增加当遇暗浜等不良地质条件时,应查明其分布范围及断面形态,主要考虑天然地基勘察如果仅控制暗浜的边界,未查明暗浜的最大深度,易造成地基处理方案选择不合理。另外需要注意的是,许多明浜边界发生变化,局部填埋后变成暗浜,勘察时应重视明浜岸线边界的变化。

5.2.6 天然地基持力层和软弱下卧层的剪切试验指标、各主要土层的压缩试验指标,是确定天然地基承载力,估算地基沉降量的依据。考虑部分三级工程规模小,取土数量少,主要土层的各类试验数据数量有限,故条文仅规定了一、二级工程试验数据的数量要求。

5.2.7 根据工程经验,当填土填筑时间长(自重固结已完成或基本完成)且厚度大于 2m 时,填土作为轻型建筑物天然地基持力层的可能性存在,故本条规定应当评价其作天然地基持力层的可能性。考虑填土具有状态松散、土质不均等特点,室内试验指标可能失真,故规定宜采用原位测试手段进行勘察。遇到填筑时间长的厚层填土,不仔细查明其均匀性与强度,轻率否定其作为轻型建筑物的基础持力层,直接建议采用桩基或地基处理,易造成不必要的浪费。

5.3 桩 基

5.3.4 控制性孔深度应按变形计算深度控制,压缩层厚度自桩端算起,算至附加应力等于土自重应力的 20% 处。由于勘察时桩基方案未最终确定,故确定孔深时应留有余地。

5.3.7 因地下障碍物分布范围未调查清楚,会影响桩基的顺利施工。杂填土中的大块石,对小截面预制桩的沉桩影响大;遇厚层杂填土时,钻孔灌注桩的孔壁易坍塌,影响桩身质量。因此桩基勘察时强调地下障碍物与厚层杂填土的调查。

需要说明的是,桩基工程的浅层勘察与天然地基有显著区别,前者主要针对影响桩基沉(成)施工的地下障碍物和厚层杂填土,勘察方法以调查为主,在调查基础上进行针对性探摸,因此勘探手段与勘探点间距应根据具体工程情况确定,规范不宜作硬性规定。

5.3.8 根据上海地区经验,进行桩基沉降估算时,黏性土的室内试验值较为可靠,粉性土与砂土由于在取样、运输、制备试样时受到扰动,室内试验值不能完全反映真实情况,提倡采用原位测试数据换算压缩模量的方法。故本条仅对压缩层范围内的黏性土规定试验指标的数量。

5.3.9 静力触探与标准贯入的测试成果,对选择桩基持力层、确定桩基设计参数、判断沉桩可行性具有重要的作用,故规定应布置一定数量的静力触探试验孔,在粉性土和砂土中应进行标准贯入试验。当施工条件限制,无法进行静力触探试验时,则须加强标准贯入试验。当重大工程或有特殊要求的工程,需要采用旁压试验或波速试验成果估算桩基设计参数时,宜进行相关原位测试。

5.4 沉降控制复合桩基

5.4.1 沉降控制复合桩基是上海地区多层住宅经常采用的一种基础形式,桩与承台下的地基土共同承担外荷载。对浅基础承台,需要按照天然地基的要求进行勘察,对桩基勘察的要求,与常规桩基有一定差异,故单列一节进行阐述。

5.4.2 沉降控制复合桩基的桩端通常进入第⑤层黏性土或第⑥层表部即可,属摩擦桩,故勘探孔间距定为 30m~45m,介于天然地基与桩基之间。当建筑物范围内涉及大面积明(暗)浜或厚层填土时,宜按常规桩基勘察布置勘探工作量,以满足不同基础方案比选的要求。

5.4.3 大多数沉降控制复合桩基的多层住宅沉降计算实例表明:桩端下压缩层厚度为 10m 左右,故控制性勘探孔深度定为桩端下 10m~15m,体型较小的 5 层及 5 层以下住宅宜取小值,体型较大的 5 层或 6 层至 7 层住宅宜取大值。对 8 层及 8 层以上住宅或特殊情况采用沉降复合桩基时,宜按地基变形计算要求确定孔深。

5.5 基坑工程

5.5.1 基坑工程勘察是为基坑支护设计和施工方案确定提供地质依据。上海地区开挖深度小于等于 3m 的基坑,一般采用放坡开挖或简单支护,故本节所规定的勘察要求适用于基坑开挖深度大于 3m 的基坑。

5.5.2 上海市工程建设规范《基坑工程技术规范》DG/TJ08—61—2010 第 3 章规定,根据基坑开挖深度等因素,将基坑工程安全等级划分为三级;同时根据基坑周边环境的重要性程度及其与基

坑的距离,将基坑工程的环境保护等级划分为三级。

考虑大多数情况下勘察任务委托书中对基坑工程的保护等级不明确,勘察工作量确定时对周边环境的保护对象,特别是保护对象与基坑的距离关系尚不完全清楚,有些周边环境专项调查也是在勘察之后进行,因此勘察阶段工作量确定时,主要考虑基坑工程的安全等级,未考虑环境保护等级的因素。

本条所规定的勘探孔间距是指沿基坑周边布置的勘探孔间距。大面积基坑内部也需要布置勘探孔时,孔距宜按基础类型确定。

5.5.3 随着大规模地下空间的开发利用,基坑开挖的深度越来越大,由于深部土层力学指标明显好于上部软土,特别是 2.5 倍基坑开挖深度范围内遇第⑨层密实砂土层的深基坑,其基坑围护结构的插入比明显小于浅基坑,一般情况下,2 倍的基坑开挖深度可满足围护结构稳定性验算要求,故本条规定在此类情况下的勘探孔深可适当减浅。

5.5.4 基坑周边如果存在暗浜、厚层填土等,既影响基坑围护结构的施工质量,又易引发基坑的局部坍塌,因此基坑周边的浅层勘探十分重要,故本条规定沿基坑周边布置螺纹孔。基坑范围内一般可不布置螺纹孔,仅当存在对基坑安全有影响的暗浜时,要求布置螺纹孔。由于障碍物的存在导致无法完成浅层勘探的情况经常发生,本条规定遇此类情况时应提出施工勘察建议。

5.5.7 有关潜水与承压水的水位量测、地下水与地表水的水力联系调查要求在本规范第 12.2 节“水文地质参数”有详细规定,为避免条文内容重复,对原规范内容进行调整。

5.5.9 上海地区地基土层状结构明显,室内试验获取的渗透系数往往不能反映实际情况。对安全等级为一级、二级基坑,宜采

用现场注水或抽水试验测定；对安全等级为三级的基坑工程，如未进行现场试验，则可按表 5.5.9 中数值选用。表中提供的范围值是根据大量现场试验获得的经验值，可根据土性特点在范围值内选取。

5.7 既有建筑物的加层或加固

5.7.1 本条强调当已有的勘察资料不能满足既有建筑物的加层或改造工程设计要求时，应根据规范 and 设计要求布置勘探工作量。采用的勘探手段应根据勘察目的、地基土特点以及场地施工条件综合确定。

5.7.2 在建筑物的附加荷载作用下，地基土强度会有一定增长，如果勘探孔未紧邻建筑物布置，则勘察成果不能真实反映地基土的强度增长情况。

6 市政工程勘察

6.1 一般规定

6.1.1 根据上海城市建设的需要,本节修订增加了大面积堆土工程和污染土处置工程的岩土工程勘察内容。

6.1.4 各类市政工程采用的地基基础形式、施工工法差异大,孔深不仅要满足不同地基基础设计的要求,尚需考虑不同施工工法对勘探孔深度要求的差异。因此,本条强调勘探孔深度确定需要同时满足地基基础设计及施工工法的要求。

6.1.5 道路工程、轨道交通工程、高架道路、堤岸工程等大型线状工程,其横向宽度不大,但纵向延伸很长,通常跨越不同的工程地质单元,为确保土试样的代表性及土性指标的可靠性,故规定在同一工程地质单元中各主要土层原状土试样或原位测试数据不宜少于6个。

6.1.7 当盾构隧道及顶管等地下工程施工影响范围内存在可生储气地层时,如果不事先查明浅层天然气分布特征,未采取有效的预防措施,则易引发工程事故,造成人员伤亡。因此本条规定应调查浅层天然气的分布与特性。上海地区与工程建设密切相关的天然气主要分布于全新世土层中,为与深层天然气区分,习惯上称为“浅层天然气”。

6.1.9 目前市政工程中,下列情况可能需要进行专项调查或专项勘察工作:

- (1)施工区域地下设施、障碍物专项调查;
- (2)隧道工程、轨道交通工程、深大基坑工程周边环境专项调

查(环境条件复杂时);

(3)轨道交通工程地下车站(深大基坑)专门水文地质勘察(水文地质条件复杂区);

(4)盾构或顶管工程浅层天然气专项调查(浅层天然气发育区);

(5)隧道与轨道交通工程冻结法专项试验;

(6)岸带变迁、河流冲淤及流速专项调查(穿越河流的盾构或桥梁工程);

(7)既有道路、桥梁、堤岸加固或改扩建前的使用现状及病害调查;

(8)污染场地的专项勘察(污染严重且需进行处置与修复的工程)等。

6.2 给排水工程

6.2.1 给排水工程主要包括管道、水处理构筑物、泵站(由泵房、管道及附属设施组成)、建筑物(指厂区、泵站中的建筑物)及取排水构筑物(由取水头部或排放口及管道组成)。本节是针对厂区水处理构筑物、泵房以及取水头部(排放口)等主要构筑物的勘察要求。

6.2.2 给排水工程等级,按照《工程设计资质标准》(2007年修订本)附件3—17市政行业建筑项目设计规模划分为大、中、小三种类型。

6.2.3 初勘阶段一般设计最终方案尚未确定,因此初步勘察勘探孔孔深应根据拟建建(构)筑物性质及场地工程地质条件、可能采用的基础形式、施工工法等综合确定,以满足设计方案比选的要求为原则。

对于中小型给排水工程,由于其规模相对较小,尤其伸入江心的取排水构筑物勘探工作量不大,水域部分还需要动用船只进行勘探,可将初勘与详勘工作合并进行。

6.2.4

2 取水头部(排放口)有可能布设在岸边或者伸入江中,勘探孔布置应根据其工程规模、特点以及采用的基础形式综合确定。

6.2.5

1 目前厂区水处理构筑物的规模越来越大,砌置深度也增大,其结构形式也有不同,包括开挖埋深式、叠合式的结构(此类构筑物是两种功能的水处理构筑物叠合在一起,一部分埋在地下,一部分在地面以上)。上海地区潜水水位较高,对于开挖埋深式结构的水处理构筑物,承受往复荷载,排空时存在抗浮问题,充满水时则要考虑抗压荷载;对于叠合式结构的水处理构筑物,此类构筑物需要进行抗浮验算,当验算结果表明排空时不需要考虑抗浮问题时,则主要考虑抗压荷载的影响,否则也需要考虑承受往复荷载即排空时存在的抗浮问题,充满水时则要考虑抗压荷载。另外,此类构筑物由于建筑面积大,需要考虑不均匀沉降的影响。

2 取水头部(排放口),此类构筑物虽竖向荷载不大,但应注意布设在岸边或伸向江中的取水头部,承受一定的水平荷载,地基稳定性要求较高,在孔深确定时应综合考虑工程特点和采用的基础形式、施工工法等因素。

3 由于目前泵房的建设规模越来越大,基坑的开挖深度越来越深,根据工程经验围护体的插入深度通常为基坑开挖深度的1倍左右,因而确定勘探孔的测试深度为2.5倍的基坑开挖深度

一般可以满足设计的要求。当在基坑开挖影响深度范围内遇到密实的第⑨层砂土时,可参考本规范第 5.5.3 条规定,勘探孔的深度可适当减浅。

考虑部分泵房上部可能会与主体建筑共建或基础可能采用桩基等形式,因此规定勘探孔深度的确定要同时满足不同基础类型及施工工法对孔深的要求。

6.3 道路工程

6.3.1 填土高度超过 2.5m 为高填土道路,其余属于一般道路。高速公路的岩土工程勘察可参照高填土道路执行。

6.3.3 考虑目前上海地区在建的高填土道路其填土高度一般小于等于 3.0m(桥梁接坡段除外),正常沉积区域勘探孔进入第⑥层硬土层时,孔深可满足路基变形的验算要求,古河道区域孔深可适当加大。湖沼平原 I -1 区第一硬土层埋藏相对浅,勘探孔深度宜根据地层分布情况确定。对桥梁接坡段位置,一般宜利用桥梁勘探孔。

6.3.4

3 道路为线状工程,采用建筑工程的不良地质条件调查和探摸方法,勘探工作量偏大。宜采用搜集资料、现场踏勘等方法初步调查沿线是否存在暗浜、厚层填土等不良地质条件,并在不良地质条件可能分布的区段有针对性地布置小螺旋钻孔进行探查。对于厚填土地区,涉及挖填方量较大,布置静力触探等原位测试孔可查明填土的性质,以判断填土是否可利用。

6.3.5

1 原规范一般道路勘探孔深度为地面以下 4m~5m,考虑变化区间值较小,设置区间值意义不大;同时由于现状重车超载现

象严重,影响深度增加,故本次修订统一至地面以下 5m。

6.3.6

2 根据上海软土地区高填土道路的设计经验,当填土高度小于等于 3.0m 时,路基一般处于稳定状态,设计重点关注路基的压缩性指标及固结速率。当填土高度大于 3.0m 时,可能涉及路基稳定性问题,此时宜对饱和软黏性土进行现场十字板剪切试验或室内三轴不固结不排水压缩试验等,以提供路基稳定性验算的指标。

6.3.7 原有道路的拓宽加固工程,其勘察方法、分析评价内容与新建道路工程有所不同。要注重收集前期勘探和设计资料,现场踏勘了解目前道路的使用情况等。工程需要时,勘察报告宜分析路基沉降、路基开裂的原因,提出新旧路基衔接处不均匀沉降控制的建议等。

6.4 桥涵工程

6.4.1 原规范本节适用范围中包括地下通道,考虑地下通道一般采用明挖法施工,其勘察要求宜参照第 5 章基坑工程执行,故本条适用范围删除了地下通道。

6.4.2 本次修订根据行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTGD 60—2004 调整了桥梁涵洞分类表。原规范规定“宽度大于等于 30m 的桥梁,可在桥涵分类的基础上提高一类”,考虑此概念不明确,因桥梁宽度的增加,会导致勘探孔数量的增加,而桥涵分类提高一类,则可能导致勘探孔深度的增加,故条文修订时取消原规范的相关表述。

当根据“多孔跨径总长”与“单孔跨径”确定的桥涵类型不一致时,考虑桥梁桩基持力层的选择等与单孔跨径相关性大,宜按

单孔跨径确定的桥涵分类确定勘探工作量。

6.4.4 根据类似工程经验,特大桥和大桥桩基持力层选择⑨层的可能性较大,且表 6.4.2“桥梁涵洞分类表”中特大桥单孔跨径由原来的 100m 提高至 150m,原规范规定“特大桥和大桥控制性勘探孔深度分别不宜小于 70m 和 55m”,孔深明显偏浅,本次调整为特大桥和大桥控制性勘探孔分别不宜小于 90m 和 70m。

6.4.5

1 表 6.4.5—1 中特大桥和大桥的勘探孔数量适用于按单孔跨径进行桥涵分类的情况。桥宽小于 15m 的特大桥和大桥(如轨道交通高架段等),其桥梁宽度和桩基承台宽度较小,故规定主要墩台的勘探孔数量可适当减少。

2 “墩”是指联系梁与梁之间的支撑体,其下部由 1 个或 2 个以上承台组成。勘察时宜根据承台尺寸、数量及平面位置布置勘探孔。

表 6.4.5—2 注 1:勘察期间桥梁的承台尺寸一般尚未确定,桥梁宽度可作为布置勘探孔的参考依据。考虑桥梁宽度一般大于承台外边线宽度,原规范以桥宽 30m 为界确定勘探孔的布置原则易导致勘探工作量的增加。本次修订将桥梁宽度 30m 调整至 35m,规定在桥梁宽度大于 35m 宜每墩布孔。

表 6.4.5—2 注 2:立交匝道交汇处承台数量较多,分布不规则,若按承台布孔,往往勘探孔数量偏多,高于主线勘探孔布置密度,且勘探孔平面布置显得很零乱。本次修订规定勘探孔布置时,以场地控制为主,兼顾承台位置,孔距按桩基工程要求。

表 6.4.5—2 注 3:当桥梁宽度越来越大,尤其是在主线和上下匝道共线处或立交交汇处,一个墩台可由 2 个以上承台组成,承台数量较多时,宜按承台外边线距离为依据,确定合适的勘探

孔数量。

6.4.7 本条是新增条款。根据行业标准《公路桥梁抗震设计细则》JTG/TB 02—01—2008 要求,大桥、特大桥宜进行波速试验。根据上海类似工程经验,认为对结构复杂、单孔跨径大于等于 100m 的大桥和特大桥宜布置波速试验或共振柱试验较合适。

6.5 管道工程

6.5.1 综合管沟(亦称共同沟)是将各类公用类管线集中容纳于一体并留有供检修人员行走通道的箱涵或隧道结构。综合管沟在现代城市建设中应用越来越多,故本次修订将综合管沟纳入管道勘察范围。

6.5.2 管道的分类仍然为四类,本次修订内容主要包括:综合管沟一般采用现浇或预制钢筋混凝土箱涵,开槽埋设,故将综合管沟纳入Ⅰ类管道。近年来定向钻进施工在工程中大量运用,考虑其施工工法的特点,将定向钻进施工管道和顶管施工管道合并为Ⅱ类;Ⅳ类架空管道一般采用桩基础,类似于中、小桥,故勘探工作量可参照本章第 6.4 节中、小桥执行。

6.5.3 Ⅱ类管道勘探孔平面布置原则与Ⅲ类隧道工程一致,即不宜布置在管道顶进(或钻进)范围内;取水头部和排放口的管道应根据具体的基础形式布置勘探孔。

6.5.4 根据目前管道工程勘察的经验,中小型管道一般直接进行详细勘察,大型管道工程可能进行初步勘察与详细勘察,故本次修订增加了管道工程初勘阶段的勘探孔间距要求。

6.5.5 本条是不同类型管道工程详勘阶段的勘探孔间距规定。

1 本次修订对Ⅰ类开槽埋设的管道,取消原规范中“小型浅埋”和“大型深埋”的划分,主要考虑管道工程一般较长,且管道埋

深变化较大,勘察阶段设计方案往往不确定,宜统一按深埋管道考虑,勘探孔间距确定为 100m~200m。综合管沟截面尺寸一般较大,埋深一般在 5m~6m 左右,多采用现浇钢筋混凝土结构,或采用预制箱涵拼接,设计施工难度较常规开槽埋管大,对地质勘察要求较高,故规定勘探孔宜按 50m~100m 间距布置。

2 顶管井(包括工作井和接收井)平面尺寸不同,需要布置的勘探孔数量不同。本条规定当边长或直径大于等于 10m 的顶管井,勘探孔的数量不宜少于 2 个是基本要求。当边长或直径小于 10m 的顶管井,可布置 1 个勘探孔。

6.5.6 勘探孔深度

1 I 类管道埋深往往深浅不一,宜按一般地段最大埋深考虑。当管道埋深较浅时,勘探孔深度不宜小于管道底以下 3m。特殊地段(如倒虹管)的勘探孔宜适当加深。

2 近年来,上海地区采用顶管施工的管道最大直径已达 4m。考虑大直径顶管施工对管道周边土体影响较大,参考盾构隧道勘察要求,勘探孔深度按钻至管道底 1.5 倍管径确定,且不小于 5m。

3 管道应避免置于可液化土层中,当管道处于可能产生流砂或震动液化土层时,孔深宜适当加深或予以钻穿,主要是考虑对可液化土层进行处理或采用桩基等抗震措施的需要。

6.6 隧道工程与轨道交通工程

6.6.1 本节内容除涉及隧道工程外,还包括轨道交通工程的区间隧道及地下车站等,原规范“隧道工程”的名称与本节实际涵盖的范围有出入,故本次修订对节的名称进行了调整。

6.6.2

1 可行性研究勘察应尽可能利用工程沿线已有勘察资料,但距离拟建线路很远的勘探孔利用价值不大,本次修订对可利用资料的范围作出了限定。

2 考虑可行性勘察成果应能宏观反映沿线地层的基本特点,本次强调在每一地貌单元或工程地质单元不应少于 1 个勘探孔。

6.6.3 考虑初步设计的线路存在调整的可能性,为尽量避免勘察期间施工的钻孔侵入隧道结构边线内,与原规范相比,初勘阶段的孔位在隧道边线外侧布置的范围适当放宽。

孔深的确定原则基本沿用原规范要求。随着盾构直径越来越大,按照隧道直径控制的孔深可能进入⑨层以下,导致勘探孔深度偏深,遇此类情况下可与设计协商,在满足设计要求的前提下孔深可适当减浅。

盾构法双圆隧道孔深可参考单圆隧道规定执行,断面基本接近方形的矩形隧道可按隧道宽度等同圆形隧道直径考虑,其他形状的盾构法隧道孔深布置宜与设计协商后确定。

6.6.4

2 考虑上、下行隧道内净距和上、下行隧道外边线总宽度的因素确定勘探孔布置,是为了有效限定采用轴线投影法的范围。

6.6.5

3 规定在车站端头部位、工作井盾构进出洞端宜选取 2 个钻孔在隧道开挖面的上下 2m 范围内连续取土,目的是详细查明土层性质,特别是含水砂层分布、软硬地层的交界面等,以防止引起开挖面坍塌、涌水、盾构进出洞偏离线路方向等现象发生。

4 地下车站的浅层勘察十分重要,但许多位于城市中心的车站,小螺旋孔难以实施,本条规定可采用螺旋孔、浅层物探或搜

集历史河流资料等综合勘探方法探明暗浜的分布。

6.6.6 沉管法隧道施工成槽浚挖范围内勘察工作量布置可根据工艺及水下边坡要求确定。

6.6.7 明开挖的区间隧道、地铁出入口通道,为狭长型基坑工程,勘探工作量的布置原则参照基坑工程。考虑上海地层分布总体较稳定,当隧道总宽度小于等于 20m 时,按照轨道交通工程的勘察经验,可采用“之”字型布孔,孔距 20m~35m 是指轴线投影距;当隧道总宽度大于 20m 时,宜沿基坑两侧边线分别布置勘探孔,孔距不宜大于 35m,是指实际孔距。

6.6.8 穿越河床的隧道工程,设计需要了解河床的断面形态,根据前期河床的变化规律及未来水动力条件的改变,预测设计使用周期内河床的冲淤变化,以合理确定隧道的砌置标高,确保最小覆盖层厚度满足规范要求。采用沉管法进行隧道施工时,水流的速度、河床底部冲淤情况与隧道适宜采用的基础形式、施工措施及后期沉降控制密切相关。上述资料获取是常规勘察无法完成的,通常建设单位委托专业单位进行专项调查。

6.6.9

5 考虑到车站的电气接地设计需要,本次修订增加了相关土层电阻率测试的要求;

7 采用冻结法施工,相关土层的热物理指标是冻结加固设计与施工的重要依据。由于冻土试验的特殊性,当需要提供各工况下的冻土强度指标时,宜根据具体工艺要求进行专项工作。

6.7 堤岸工程

6.7.1 本节堤岸工程包括市政工程范畴的堤岸及水利工程范畴的堤防。考虑水利工程堤防涉及的岩土工程问题(堤岸稳定性、

抗渗性及地基变形控制等)与市政工程堤岸类似,勘探工作量的布置原则也基本一致,因此将水利工程堤防勘察的相关内容纳入本节。

6.7.4

1 横断面布置原则是参照《堤防工程地质勘察规程》SL 188—2005、《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 等综合确定。条文中表 6.7.4—1 是详勘阶段不同类型的堤岸勘探孔的间距要求,表下面的注译“当长距离的堤岸位于空旷区域,且环境保护要求不高时,勘探孔间距可适当放宽”,是考虑水利工程的堤防总长度很大,且大部分位于环境条件简单的空旷区域(如农田),勘探孔的间距适当放宽符合水利行业堤防的勘察经验。

2 当存在粉(砂)性土层或软土层较厚时,孔深应适当加深以满足渗流与稳定分析的要求。

6.7.5 当位于黏性土地基,排水条件差且施工周期短时,宜提供三轴不固结不排水剪强度;当施工周期长或采取了排水措施时,宜提供三轴固结不排水剪切强度。

水利工程中的堤防工程,当位于排水条件差的黏性土地基时,可根据设计要求同时提供直剪快剪指标。

6.7.6 本次修订对表 6.7.6 堤岸基础底面与地基土之间的摩擦系数 f 经验值,根据上海市《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 及地区经验进行了调整。

6.7.7 本条为新增内容。为满足堤岸地基的渗透稳定分析,应提供 d_{60}/d_{10} 及 d_{70} 等指标。

6.8 大面积堆土工程

6.8.1 随着城市建设发展的需要,大面积的堆土工程如大型景观绿地、公园等项目逐步增多,上海地区是典型的软土地基,大面积堆土涉及地基及边坡的稳定性、地基变形及环境保护问题,目前国家标准、行业标准及地方规范中缺乏对大面积堆土工程勘察的具体规定,本次修订新增该内容。

本节所指的大面积堆土工程勘察是指场地将要进行建设的大面积堆土工程,不包括在已经进行大面积填土的场地进行各类工程建设的勘察,如在近江或近海岸的地势低洼区域,进行了大面积吹填,在吹填区建造工业厂房时,其勘察要求应执行本规范第5章的相关规定。

本条所指的大面积堆土工程,为堆土高度在2.5m以上,且堆土占地面积大于等于 10000m^2 的情况。对堆土占地面积小于 10000m^2 的工程,可根据具体情况参考本节执行。

6.8.2 本条规定了勘察前宜搜集的资料,大面积堆土工程的填土厚度、堆土的坡度通常有一定的变化,厚度的变化易引起地基不均匀沉降,坡度的陡缓与边坡的稳定性有关;搜集堆土的范围、高度及场地已有的工程地质资料,是确定勘探工作量的依据。堆土高度大且坡度陡时,易引发过大的沉降及边坡失稳,在其影响范围内的建筑物或地下管线等会受到不利影响,因此,应重视周边环境资料的搜集。

6.8.3 大面积堆土工程的岩土工程勘察主要提供地基土的强度、地基渗透性及变形参数,评价在既定的堆土情况下地基与边坡是否稳定、地基排水条件如何、预测地基沉降量,判断是否需要进行地基处理或设置挡土结构。

6.8.4 根据类似堆土工程的变形观测资料及相关研究成果,大面积堆土的平面影响范围与堆土高度密切相关,且在外围 2~3 倍的堆土高度范围内影响较为显著,因此规定勘察的平面范围宜扩展到堆土区外围 2~3 倍堆土高度。

6.8.5 条文中表 6.8.5 勘探孔的深度是根据不同堆土高度的荷载条件、滨海平原地貌类型的正常地层组合,并参考类似工程的变形实测资料综合确定的。当位于古河道切割区(分布厚度较大的软土层)或湖沼平原 I-1 区浅部分布硬土层或中密以上的粉性土或砂土层时,勘探孔深度宜根据具体的地层条件确定。

6.9 废弃物处理工程

6.9.1 核废料填埋场具有特殊性,本节不包括核废料的勘察。垃圾焚烧厂的勘察,与一般的建(构)筑物勘察类似,为避免重复,本节也未包括该项勘察内容。需要说明的是垃圾焚烧厂勘察需重点控制厂房、垃圾池、管道的差异变形,防止渗沥液对地基和建筑材料的不利影响,以及对地下水可能造成的污染。

6.9.3

2 为了确保废弃物处理工程建设及营运期的安全,避免发生渗漏,需要正确评价地基土的强度、变形、渗透特征。上海属于软土地区,地基土的强度低、压缩系数大,应避免由于地基强度不足发生地基整体失稳、差异变形过大引发的污染渗漏等;地基土渗透性指标是防渗设计的重要依据。

3 稳定性评价包括场地整体稳定、坝基稳定性、堆体边坡及自然边坡的稳定性。

6.9.4~6.9.5 考虑废弃物处理工程一旦发生跨塌等事故,对周围生态环境特别下游水源地影响极大,因此选址工作十分慎重,

有时会进行单独的选址阶段勘察,对拟选的几个场址进行比较,提出推荐场址的建议。

6.9.8

3 废弃物处理工程的场地勘察,可能涉及已经受到污染的场地,因此规定其勘察工作量尚应满足第 6.10 节的相关要求。

6.9.9 本条是针对大型废弃物处置工程(如大型生活垃圾填埋场等)开展专项勘察与专题研究的工作要求,常规勘察不包括此项内容。专项勘察与专题研究,由建设单位根据工程需要进行专项委托。

6.10 污染土处置工程

6.10.1 随着生态城市建设的需要,污染土处置前的调查与评价工作显得十分重要,本次修订新增本节内容。

工业生产废水废渣污染,指因生产或储存中废水、废渣和油脂的泄漏,造成地下水和土中酸碱度的改变,重金属、油脂及其他有害物质含量增加,导致基础严重腐蚀,地基土的强度急剧降低或产生过大变形,影响建(构)筑物的安全及正常使用,或对人体健康和生态环境造成严重影响。

垃圾填埋场渗滤液的污染,指因许多生活垃圾未能进行卫生填埋或卫生填埋不达标,生活垃圾的渗滤液污染土体和地下水,改变了原状土和地下水的性质,对周围环境也造成不良影响。

核污染主要是核废料污染,因其具有特殊性,故本节不包括核污染勘察。实际工程中如遇核污染问题时,应建议进行专题研究。

因人类活动所致的地基土污染一般在地表下一定深度范围内分布,部分地区地下潜水位高,地基土和地下水同时污染。因

此在具体工程勘察时,污染土和地下水的调查应同步进行。

6.10.2 考虑污染土勘察前搜集资料工作十分重要,本条规定了勘察前宜搜集的资料。

1 污染源位置及紧邻区域一般是地基土污染相对严重的地方;污染史、污染物成分与污染土性质及后期处理方法密切相关;污染途径与污染土分布范围与后期的处置措施有关。

2 搜集污染场地已有建(构)筑物受影响的程度,如了解工业酸液污染场地导致地基承载力降低,厂房混凝土结构疏松,墙体开裂倾斜等,是勘察方案制定、后期污染土处置、建(构)筑物加固方法确定的重要依据。

4 污染物质的迁移,与地基土渗透性与地下水密切相关,因此需要搜集场地或附近已有的工程地质与水文地质资料。

5 周边环境现状指了解周边区域是否有其他污染源,或者周边环境目前是否受到本场地污染源的影响。另外需要了解周边是否有地表水体,特别是水源保护地的分布。

6.10.3 本条是污染土勘察的基本内容。查明污染土的分布规律,是后期污染土处置的依据。评价污染对土的工程特性指标的影响程度,可参照国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001(2009年版)第6.10.12条规定执行。评价污染土(水)对建筑材料的腐蚀性可参照本规范第12章相关规定执行。

6.10.4 由于污染土空间分布一般具有不均匀、污染程度变化大的特点,因此污染土地勘察宜分阶段进行。初步勘察阶段是初步判定场地地基土和地下水是否受污染、污染的大致范围、污染的程度。详细勘察阶段是在前阶段勘察的基础上,经与委托方、设计方交流,并结合可能采用的基础方案与处理措施进行针对性的勘察。

6.10.6 考虑污染土的处置与修复难度大、费用高,查明污染土的空间分布规律十分重要。因此本条规定了详勘阶段确定污染土与非污染土边界的勘探孔间距,确定污染土与非污染土界线时其取土试样的间距均不宜过大。

6.10.7 为了查明污染物在地下不同深度的分布情况,需要采取不同深度的地下水试样。本条规定在同一钻孔中采取不同深度的地下水样时,需要采取严格的隔离措施,是避免采取混合水样。

6.10.8

1 污染土和水对环境影响评价应结合工程具体要求进行,无明确要求时可按国家环境质量标准《土壤环境质量标准》GB 15618、《地下水质量标准》GB/T 14848 和《地表水环境质量标准》GB 3838 进行。

3 目前工程界处置污染土的方法有:隔离法、挖除换垫法、酸碱中和法,水稀释减低污染程度以及采用抗腐蚀的建筑材料等,总体要求是快速处理、成本控制、确保安全。需要注意的是污染土在外运处置时要防止二次污染的发生。环境修复国外工程案例较多,修复方法包括物理方法(换土、过滤、隔离、电处理等)、化学方法(酸碱中和、氧化还原、加热分解等)和生物方法(微生物、植物),其中部分简单修复方法与目前我国工程界处置方法类同。生物修复历时较长,修复费用较高。仅从环境角度考虑修复方法时,不关注土体结构是否破坏,强度是否降低等岩土工程问题。

需要说明的是,当场地或附近污染源仍继续存在时,需要提出控制措施的建议。

7 港口及水利工程勘察

7.1 一般规定

7.1.1 鉴于本规范适用范围已扩大至港口工程与水利工程,故新增本章内容。港口工程与水利工程岩土工程勘察除了应符合本章规定外,尚需符合相关国家与行业标准。

水利工程堤岸勘察与市政工程堤岸勘察要求基本相同,已将相关内容纳入第 6.7 节。

7.1.2 港口工程勘察时,常涉及新近沉积的表部淤泥,本规范第 3.2.2 条规定“天然含水量大于液限且天然孔隙比大于或等于 1.5 的新近沉积黏性土应定名为淤泥”。而行业标准《港口岩土工程勘察规范》JTS 133—1 中淤泥性土的分类与本规范 3.2.2 条不同(见下表 7.1.2),工程需要时可按行业标准进行土层定名。

表 7.1.2 淤泥性土的分类

土的名称 指 标	淤泥质土	淤泥	流泥
孔隙比 e	$1.0 \leq e < 1.5$	$1.5 \leq e \leq 2.4$	$e > 2.4$
含水率 $w(\%)$	$36 < w \leq 55$	$55 < w \leq 85$	$w > 85$

注:淤泥质土可根据塑性指数进一步划分为淤泥质黏土($I_P > 17$)和淤泥质粉质黏土($10 < I_P \leq 17$)。

本条所指的附着力指标一般应用在航道疏浚工程中。

7.1.3 由于适用于水域的静力触探试验设备甚少,现场试验难度大,且费用很高,目前港口和水利工程水域区的原位测试主要以标准贯入试验为主,故规定水域部分原位测试孔可以标准贯入

试验孔为主。

7.2 港口工程

7.2.1 上海地区港口工程主要以苏州河、黄浦江、长江沿岸的码头工程和修造船厂的船坞、船台和滑道为主。

7.2.2 《港口建设工程项目可行性研究编制办法》要求可行性研究阶段的主体工程应达到初步设计阶段的深度,因此本条规定勘探工作量的布置应结合主体建(构)筑物的初步位置。考虑可行性研究阶段具体设计方案未确定,故规定勘探孔宜以控制性勘探孔为主。

7.2.3 一般港池和锚地的水域面积较大,初步勘察阶段采用常规的钻探方法较难查明区域内的工程地质条件,常采用地震映像探测、水底地层剖面探测等方法结合钻探进行勘察。

勘探孔的孔深与拟建建(构)筑物的基础形式、荷载要求等有关,考虑初步勘察阶段拟建物的平面布置、荷载情况等尚未最终确定,设计方案有调整的可能性,故勘探孔的深度宜留有余地,以满足设计方案比选的要求。

7.2.4

2 稳定性验算横断面间距的确定主要参考了行业标准《航道工程地质勘察规范》JTS 133—3—2010 中护岸工程地质勘察的有关内容,实际工作中可根据拟建区地层分布的复杂程度与工程的重要程度选取大值或小值。

3 综合考虑行业标准《港口岩土工程勘察规范》JTS 133—1—2010 中第 5.3.3 条中“控制性勘探点的数量应为勘探点总数的 $1/6 \sim 1/3$ ”,结合上海地区类似工程的勘察经验,对港口工程采用桩基时,规定控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的 $1/4$ 。

7.2.5 本条规定了港口工程有关室内特殊试验与原位测试的要求。对稳定性验算应提供满足设计要求的不同工况条件下的强度指标。

7.3 水闸工程

7.3.1 水闸工程包括水闸、泵站以及涵闸等。

7.3.2 根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL 252,拦河水闸工程的等别按过闸流量划分,灌溉、排水泵站的等别按装机流量和装机功率划分,详见表 7.3.2—1 和表 7.3.2—2:

表 7.3.2—1 拦河水闸工程分等指标

工程等别	工程规模	过闸流量(m ³ /s)
I	大(1)型	≥5000
II	大(2)型	5000~1000
III	中型	1000~100
IV	小(1)型	100~20
V	小(2)型	<20

表 7.3.2—2 灌溉、排水泵站分等指标

工程等别	工程规模	装机流量(m^3/s)	装机功率(10^4kW)
I	大(1)型	≥ 200	≥ 3
II	大(2)型	$200 \sim 50$	$3 \sim 1$
III	中型	$50 \sim 10$	$1 \sim 0.1$
IV	小(1)型	$10 \sim 2$	$0.1 \sim 0.01$
V	小(2)型	< 2	< 0.01

注:1. 装机流量、装机功率系指包括备用机组在内的单站指标;

2. 当泵站按分等指标分属两个不同等别时,按高的等别确定;

3. 由多级或多座泵站联合组成的泵站系统工程,可按其系统的指标确定。

7.3.4 水闸翼(导)墙为导水或挡土构筑物,通常采用悬臂或扶壁结构,侧向土(水)压力大,对地基条件要求较高。对于软土地基上的水闸,为满足翼(导)墙地基抗滑稳定和抗倾覆稳定要求,一般需采用桩基础或采取其他地基加固措施。因此,勘察时对翼(导)墙应予以重视。

7.3.5 根据水闸工程建设经验,当水闸地基浅部存在较厚的不液化粉性土或粉砂时,可采用天然地基,但需进行防渗处理,控制性勘探孔深度宜进入第⑥层硬土层(第⑥层硬土层缺失时宜进入第⑤₃层黏性土);当水闸地基土为液化土层或软土时,一般采用桩基础或采取其他地基加固措施,控制性孔深度宜进入第⑦层粉性土、砂土或中压缩性土层一定深度。

7.3.6 在总应力法地基的稳定分析中,水利行业规范要求根据地基土的排水条件选取相应的抗剪强度指标。对于排水条件差的黏性土地基,宜采用直剪快剪指标(或三轴 UU、原位十字板剪

切指标);对于上下层透水性较好或者采取了排水措施的薄层黏性土地基,宜采用直剪固结快剪指标(或三轴 CU 指标);对于透水性良好的砂土地基,可采用直剪慢剪指标(或三轴 CD 指标)。就上海地区地质条件来说,建于软黏土地基上的水闸宜采用直剪快剪指标(或三轴 UU、原位十字板剪切指标),其他地基条件可采用直剪固结快剪指标。

8 场地和地基的地震效应

8.1 一般规定

8.1.1 国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 附录 A(我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组)以及《中国地震动参数区划图》GB 18306 是上海市《建筑抗震设计规程》DGJ08-9 确定地震动参数的依据。本市的地震动参数区划研究成果,经国家地震安全性评价委员会审批颁发后,方可作为本市的抗震设防依据。

国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 附录 A 仅提供抗震设防区各县级及县级以上城镇的中心地区抗震设计所采用的抗震设防烈度。如上海金山与崇明抗震设防烈度为 6 度,指县级所在地。不是县级所在地工程的抗震设防烈度,需要根据具体的工程位置查阅《中国地震动参数区划图》确定。

上海地区除少数剥蚀残丘有基岩露头外,覆盖了巨厚的松散沉积物。需要说明的是,上海市《建筑抗震设计规程》DGJ08-9 规定,Ⅲ类场地的多遇地震特征周期为 0.65 秒,Ⅳ类场地的多遇地震特征周期为 0.9 秒,比国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010 分别延长了 0.2 秒和 0.25 秒,罕遇地震的地震影响系数平台值为 0.45,比国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010 的 0.5 小了 0.05。

8.1.2 国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008 第 3.0.2 条规定,建筑工程应分为以下四个抗震设防类别:

(1)特殊设防类:指使用上有特殊设施,涉及国家公共安全的

重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害等特别重大灾害后果,需要进行特殊设防的建筑。简称甲类;

(2)重点设防类:指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的生命线相关建筑,以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后果,需要提高设防标准的建筑。简称乙类;

(3)标准设防类:指大量的除 1、2、4 款以外按标准要求进行设防的建筑。简称丙类;

(4)适度设防类:指使用上人员稀少且震损不致产生次生灾害,允许在一定条件下适度降低要求的建筑。简称丁类。

8.1.3 上海地区在 7 度设防烈度时,第③、④层淤泥质软土是否需要考虑软土震陷问题,本次修订根据相关国家标准、上海地区初步研究成果分析如下:

(1)国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 在第 4.3.11 条文规定了饱和黏性土在 8 度和 9 度时的震陷判别方法,未涉及 7 度区软土震陷问题,但在第 4.3.11 条文说明中阐述:认为 7 度区软土震陷缺少研究及相关实测资料,是未知的空白。在 7 度区是否会产生大于 5cm 的震陷是判断是否需要考虑软土震陷的条件,并初步认为对 7 度区 $f_{ak} < 70\text{kPa}$ 时还是应该考虑震陷的可能性。上海地区第③、④层淤泥质土 f_{ak} 一般小于 70kPa,关键是看该类土层在 7 度设防烈度条件下的震陷量是否大于 5cm。

(2)国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021—2001(2009 年版)第 5.7.11 条规定,抗震设防烈度等于或大于 7 度的厚层软土分布区,宜判别软土震陷的可能性和估算震陷量。其条文说明给出了软土震陷判别标准,7 度区当承载力特征值 $f_a > 80\text{kPa}$ 、等效剪切波速 $> 90\text{m/s}$ 时,可不考虑软土震陷的影响。按此条规定,上海地区除新近沉积的土层或松散的填土外,一般土层的等

效剪切波速均大于 90m/s ,可不考虑软土的震陷。

(3)上海地区软土震陷的问题,相关研究成果甚少。根据同济大学的初步研究成果,上海软土在 7 度地震作用下,震陷量一般小于 5.0cm 。根据工程经验,小于 5cm 的震陷量对一般房屋不致引起明显破坏,可不考虑软土震陷的影响。

综合分析认为,7 度设防烈度下,上海地区第③、④层淤泥质软土一般可不考虑软土震陷问题。对新近沉积的淤泥等,应建议采取工程措施进行处理,避免软土震陷造成不利影响。对于近距离穿越的隧道工程或其他对变形控制极为严格的工程,软土震陷影响评价宜专题研究。

对于抗震设防的工程,岩土工程勘察报告一般仅需提供关于场地地震稳定性、场地类别及地基液化的评价,无需提供土的动力参数,因为上海市《建筑抗震设计规程》DGJ08—9 已经有了关于场地分类的规定和相应的设计反应谱,但规范提供的设计反应谱只对振型分解法有用。采用时程法分析时,设计人员需要进行下列分析:1)进行结构与土层整体反应分析;2)进行自由场反应分析,以自由场的输出作为结构物的基底输入,进行结构物的反应分析。为了完成上述分析工作,受建设单位委托,岩土工程勘察报告尚应根据设计要求提供土层剖面、有关动力参数和场地覆盖层厚度。

8.2 场 地

8.2.1 确定场地类别的目的是为结构抗震计算选择相适应的地震影响系数。场地类别是按照场地覆盖层厚度和土层等效剪切波速来划分的,覆盖层厚度是指基岩(或剪切波速大于 500m/s 的坚硬土层)以上相对软弱土层的厚度。当覆盖层厚度大于 80m ,

且地表下 20m 深度范围内场地的等效剪切波速小于 150m/s,地基土类型属软弱土,按国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 的规定,属于Ⅳ类场地。

根据上海市区域地质资料可知,除松江西北部余山、天马山等为基岩露头以外,绝大部分地区基岩埋藏深度约 200m~400m,即使以剪切波速大于 500m/s 作为假想基岩,覆盖层厚度也多数超过 160m,远大于规定界限 80m;除湖沼平原 I-1 区、第②₃ 层较厚地区外,上海地区地表下 20m 深度范围内场地的等效剪切波速一般小于 150m/s 界限,应划归Ⅳ类场地。

湖沼平原 I-1 区较为普遍分布浅层第⑥₁ 硬土层、第⑥₂ 粉土或砂土层,20m 深度范围内场地等效剪切波速大于 150m/s 的可能性大;另外滨海平原区的场地中,当浅层第②₃ 层厚度大、状态呈稍密~中密时,其等效剪切波速也可能大于 150m/s;按国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 规定,上述两种情况均可判定为Ⅲ类场地。本次修订仅规定湖沼平原 I-1 区按波速判定场地类别,对于第②₃ 层分布较厚的地区,由于地层情况复杂,尚需进一步开展相关研究,目前仍按Ⅳ类场地考虑。

港口、水利工程执行的是行业标准《水运工程抗震设计规范》JTJ 225—98、《水工建筑物抗震设计规范》SL 203—97,上述规范在场地类别划分时,场地覆盖层厚度的取值与现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的取值略有不同,但只影响到Ⅰ~Ⅲ类场地的分类,而不影响Ⅳ类场地的划分。

8.2.2

1 对湖沼平原 I-1 区每个建设场地波速测试孔的数量要求,是考虑上海地区地层分布相对稳定的因素。当建设场地地层分布不稳定且涉及不同工程地质单元时,波速测试孔数量宜适当

增加。

2 考虑丁类建筑及丙类建筑中层数不超过 10 层、高度不超过 24m 的建(构)筑物,抗震设计要求相对较低,可根据土层名称、埋深、性状等,按条文中表 8.2.2 确定土层的剪切波速。

条文中表 8.2.2 是根据上海湖沼平原 I-1 区及苏州东部同属湖沼平原地貌类型共计 13 个工程场地、65 个孔剪切波速实测资料,进行分层统计后汇总而成。

湖沼平原 I-1 区波速测试的资料应注意积累,为以后规范修订提供充分依据。

8.2.3 国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 条文中抗震地段划分包括抗震有利、不利和危险地段三种情况,2010 版修订时考虑有些地段,既不属于有利地段,也不属于不利地段,而属于一般地段,故将一般地段纳入条文,即按四类地段进行划分。本次规范修订时,抗震地段的划分与国家标准《建筑抗震设计规范》2010 版协调一致。上海地区主要的不利地段为:临岸场地、液化场地、大面积暗浜、大面积新近堆积的场地等,其他地段虽然属于软土地区,但由于不需要考虑 7 度条件下软土震陷问题,可作为一般场地。

按照国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 4.1.9 条的条文说明,场地地段的划分,是在选择建筑场地的勘察阶段进行的,即在可行性研究阶段进行。而上海地区大部分中小型工程直接进行一次性详细勘察,对此类情况可在详勘报告中进行现场地地段的划分。

8.3 地基液化判别

8.3.1 国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 4.3.4 条规定,地基液化判别深度为地面以下 20m 范围,仅对不进行天然地基及基础抗震承载力验算的建筑,地基液化判别深度为地面以下 15m 范围。上海市《地基基础设计规范》(2010 版)修订时,已将液化判别深度统一确定为地面以下 20m 范围。综合考虑上海地区天然地基主要受力层范围内一般有软黏性土分布,国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 4.2.1 条界定的可不进行天然地基与基础承载力验算的情况甚少;同时勘察阶段液化判别是针对整个建设场地而言。因此,本规范将地基液化判别深度统一为 20m,与上海市《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 保持一致。

8.3.2 关于 6 度区的液化判别问题,国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 4.3.1 条规定,对饱和的砂土和粉土,6 度时,一般情况下可不进行液化判别,但对液化沉陷敏感的乙类建筑可按 7 度的要求进行判别,且条文说明指出,6 度区的甲类建筑液化问题需要专门研究。

8.3.3 在原规范 6 条初判条件中,去掉了第 4 条初判条件:“在粉性土中,黏质粉土占 60% 以上”。主要考虑到具体工程液化判别时,标贯试验间距均匀性对结果有一定影响,实际执行有一定困难。

8.3.5 建设规模大或地层变化大时,液化判别孔可适当增加,并宜均布于建设场地。

8.3.7 国家标准《建筑抗震设计规范》2010 版修订时,根据相关研究结果对液化判别公式进行了调整。为了与国家标准《建筑抗

震设计规范》GB 50011—2010 协调,本次修订引用该规范的液化判别公式。

为了分析评价国家标准《建筑抗震设计规范》2010 版与 2001 版液化判别计算公式对液化结果的影响,本次结合上海地区 14 个工程场地进行试算。试算结果表明:1)按国家标准《建筑抗震设计规范》(2010 版)液化判别公式计算得到的液化指数较 2001 版的计算结果小,降幅一般在 10% 以内,但液化指数本身很小的算例,降幅则相对大;2)地基的液化等级保持一致。

表 8.3.7 地基液化判别计算对比表

序号	地 点	起止深度		液化指数与液化等级				液化指数 变化率
		(m)		GB 50011—2001		GB 50011—2010		
1	临港	1.1	13.6	1.90	轻微	1.43	轻微	—25%
2	浦江镇	17.2	20.0	0.00	不液化	0.00	不液化	0%
3	浦东新区上川路	8.0	13.0	5.87	轻微	5.55	轻微	—5%
4	嘉定江桥	3.2	12.5	11.18	中等	10.82	中等	—3%
5	鞍山新村	2.3	14.0	4.77	轻微	4.38	轻微	—8%
6	金沙江路	5.0	10.5	1.01	轻微	0.97	轻微	—4%
7	安亭汽车城	1.1	20.0	22.58	严重	19.10	严重	—15%
8	金山化学工业区	1.5	5.3	0.00	不液化	0.00	不液化	0%
9	金山枫泾	8.6	12.5	4.99	轻微	4.93	轻微	—1%
10	嘉定外冈	11.9	17.0	1.08	轻微	0.60	轻微	—44%
11	漕泾化工区	2.5	10.3	0.00	不液化	0.00	不液化	0%
12	逸仙路、汶水路	2.9	13.5	21.19	严重	21.35	严重	1%

续表 8.3.7

序 号	地 点	起止深度		液化指数与液化等级				液化 指数 变化率
		(m)		GB 50011—2001		GB 50011—2010		
13	崇明东滩	2.5	18.1	0.00	不液化	0.00	不液化	0%
14	青浦工业园区	6.8	20.0	0.78	轻微	0.45	轻微	—42%

注:变化率是指按国家标准《建筑抗震设计规范》2010 版规范计算得的液化指数相对于按该规范 2001 版计算得到的液化指数的变化率。

需要说明,按照国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 第 4.3.4 条规定,黏粒含量百分率 ρ_c 取值方法是小于 3 或为砂土时,应采用 3。考虑上海地区浅部砂土一般夹薄层黏性土,黏粒含量百分率 ρ_c 大多在 3~6 之间,根据相关研究与震害调查表明,黏土颗粒对液化有阻滞作用。因此,本规范黏粒含量百分率 ρ_c 取值方法与上海市《建筑抗震设计规程》DGJ08—9—2003、《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 保持一致,即小于 3 时取 3, ρ_c 大于 3 时按实际值计算。

当采用标准贯入试验判别发现异常点时,宜分析其原因,特别应注意标贯留样的代表性。

8.3.8 上海市《地基基础设计规范》(2010 版)修订时,认为采用静力触探试验方法判别液化在 15m~20m 深度范围内可直接按实际深度 d_s 计算临界值,而不必规定 d_s 为 15m~20m 时, d_s 统一取 15m。本规范修订与该规范协调,本条公式(8.3.8—1)和(8.3.8—2)中的 d_s 采用静力触探试验点深度。

由于目前采用静力触探试验判别液化,试验段的黏粒含量大多是利用邻近钻孔相应深度的土试成果,当判别点的 p_s 或锥尖阻力 q_c 明显偏小时,有可能是局部夹黏性土所致,但如果相邻孔

提供的黏粒含量百分率 ρ_c 很小,则液化指数会显著增大,容易导致地基的液化等级失真。总体而言,上海地区地层分布相对稳定,但饱和砂土或粉性土局部夹黏性土的情况很普遍,相邻孔夹黏性土的深度与厚度可能不完全一致。因此,为了避免由于引用邻近钻孔黏粒含量不当造成液化判别结论错误的情况发生,本次修订规定对砂质粉土或砂土层中比贯入阻力 p_s 或锥尖阻力 q_c 明显减小的夹层,宜在旁侧采取土试样进行验证。

8.4 场地地震反应分析

8.4.1 时程分析法系通过自由场地震反应分析,给出一组各概率水准的地震动时程,作为结构地震反应分析的输入。对于特别不规则的建筑、甲类建筑和超限高层建筑,重大的市政、港口和水利工程,按相关规范规定需要进行时程分析。

8.4.2 上海市的建筑场地,除远郊低丘地区少数基岩露头或浅埋处外,多数基岩埋深在 200m~400m 之间。国家标准《工程场地地震安全性评价》GB 17741—2005 规定,进行场地地震安全性评价时,勘探孔深度不应小于 100m。目前上海地区进行地震安全性评价的工程,要求波速孔测试深度不应小于 100m,波速测试孔的数量不少于 2 个;100m 以下的土层结构及动力参数,一般参照邻近或区域深孔资料。因此,对需要进行场地地震反应分析工程,本条规定勘探孔深度不应小于 100m,波速测试孔不应少于 2 个。对规模大且涉及不同地质单元时,波速测试孔数量宜适当增加。

8.4.3 土的室内动力试验应遵循国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定。

8.4.4 考虑上海地区地形较为平坦,地层分布相对稳定,且层面

大多呈水平状,适宜采用一维等效线性化模型。

地震背景是指震源机制、震级、震中距等。地震波具有不可重复性,但具有相似的地震背景和相同的场地类别时,地震波的特性会比较相近。国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 规定,进行动力时程分析时,选用不少于 2 组实际的地震记录。

要使场地反应分析计算结果的可靠性大,在场地地震反应计算时,应利用多条时程作为计算基底入射波时程。本条规定了合成时程曲线时,应给出不少于 9 条相互独立的基岩地震动时程。

9 工程地质调查与勘探

9.1 一般规定

9.1.1 上海属于太湖湖沼积平原和长江三角洲冲积平原,绝大部分区域地貌简单,地势平坦,故各类工程可综合运用工程地质调查代替工程地质测绘。当涉及剥蚀残丘地貌类型时,可根据工程实际情况,开展必要的工程地质测绘工作。

工程地质调查通常是在开展现场勘探工作之前进行,但有些调查内容贯穿勘察工作的全过程。工程地质调查工作做得充分与否,直接关系到岩土工程勘察工作的质量。

9.1.2 随着工程建设周边环境越来越复杂,环境破坏带来的危害日益加大,人们对环境保护意识在逐渐加强。因此,本条规定在对建设场地进行工程地质调查的同时,尚应重视对场地周边环境的调查。

9.1.3 上海属软土地区,勘探方法的选取应考虑软土的特点。

9.1.4 随着以人为本、环境保护的要求提高,本条强调选取勘探方法时,应关注对人身安全与环境的保护问题。

9.2 工程地质调查

9.2.1 工程地质调查范围应大于建筑场地的范围,并以解决实际问题为原则。工程地质调查的平面范围,原则上覆盖周边环境调查。考虑目前地下空间开发对周边环境调查的详细程度逐步提高,且不同的环境条件,周边环境调查的要求也不同,故本次修订将周边环境调查的要求单独列出。

9.2.2 工程地质调查内容除收集有关工程地质、水文地质与环境地质等资料外,还应结合工程需要重点调查岩土工程的有关经验和教训。

现场踏勘是在搜集研究已有资料的基础上进行,应主要了解建筑场地的地理交通、地形地貌、河流(浜、塘)分布与变化等,并对周围环境、现场勘探施工条件等进行勘查,作好施工前期准备工作。

考虑本次修订规范适用范围已覆盖港口与水利工程,故增加第7款要求。

9.3 周边环境调查

9.3.1 本条规定了建设单位在委托勘察时应向勘察单位提供的资料。

9.3.2 本条指对周边环境的一般调查要求,其调查重点是:a)收集建设单位提供的周边环境资料;b)通过现场巡视,重点查看建设场地周边的道路、河流、堆载状况及邻近工程建设现状等,并在报告中进行必要的阐述,并提供预防措施等。周边环境的一般调查,以现场踏勘为主,原则上不需要实施勘探工作量、工程测绘与物探等工作。

本条强调周边河流与堆土的调查,主要考虑其对场地与地基的稳定性可能产生不良影响;邻近工程的施工情况如预制桩的沉桩施工、基坑开挖与降水等,可能会对场地的建设与运行带来不利影响。

9.3.3 对周边环境特别复杂、环境保护有特殊要求的工程项目,建设单位应委托专业单位进行专项调查,并提供专项报告。如上海市轨道交通工程对环境保护有特殊要求,上海市人大常委会

2002 年颁布、2006 年修订的“上海市轨道交通管理条例”，对轨道交通安全保护区范围作出如下规定：

(1)地下车站与隧道外边线外侧五十米内；

(2)地面车站和高架车站以及线路轨道外边线外侧三十米内；

(3)出入口、通风亭、变电站等建筑物、构筑物外边线外侧十米内。

对于在轨道交通安全保护区内进行建造或拆除建(构)筑物；从事打桩、挖掘、地下顶进、爆破、架设、降水、地基加固等施工作业；以及其他大面积增加或减少荷载的活动的，其作业方案应当征得市运输管理处同意，并采取相应的安全防护措施。

目前上海市轨道交通工程勘察前期，建设单位均委托专业单位进行周边环境的专项调查，调查内容包括建设场地及邻近区域的地下管线、地下设施、建(构)筑物的基础分布等。

9.4 勘探点定位与高程测量

9.4.1 勘探点的定位准确与否将直接影响勘察工作的质量。因勘探定位不准而引起的工程质量事故时有发生，并造成不同程度的经济损失、工期延误等，故必须重视和认真做好这项工作。

随着测绘技术的不断发展，测量新技术、新方法不断出现，对勘探点的定位和标高测量除采用常规的测量手段外，倡导借助卫星定位或其他新技术和新方法。需要注意的是，采用新技术和新方法，须经过必要的验证，确保其合理可行。

9.4.2 水域孔位确定后，应立即抛锚、下套管，并确保钻探平台的稳定。在水深流急情况下应设水下浪风绳，以减少潮汐、风浪等不利因素的影响。

9.4.3 勘探点的孔口高程一般应依据市设水准点或市设水准点引测的高程点进行引测。如条件限制采用假定高程时,应由建设方提供及认可,并留有记录。

9.4.4 水域勘探孔孔口高程是根据水面高程、水深来确定的,因此水面高程和水深测量应同时进行,水深测量仪应事先校正。

9.5 钻 探

9.5.1 钻探机具与操作方法应与工程要求、土层性质相适应。上海地区地基土主要为黏性土、粉性土、砂土三大类。根据不同土性的钻探要求与实际效果,规定在黏性土层中可采用螺纹提土器回转钻进,以便连续采集土样进行鉴别与描述;对粉性土和砂土,考虑上海地区地下水位高,用螺纹提土器难以带上土样,且易埋钻,故规定应采用泥浆钻进;当工程有要求时,需要详细了解土性变化时,可采用岩芯管全芯钻进。

9.5.3 探查暗浜填土不宜采用小麻花钻的原因是其口径太小、钻头结构上存在缺陷,带出土样少,易发生分层界线模糊、分层不准确的情况。本条规定在浅层勘探中宜使用小螺纹提土器,以确保准确查明填土、暗浜分布深度与持力层厚度等。

对少数场地因杂填土厚度大,小螺纹钻无法实施且必须查明浅层杂填土分布时,可采用挖机配合进行浅层探槽。

9.5.4 钻探孔孔径应满足土试项目对不扰动土试样尺寸的要求。常规的土样尺寸为 $\Phi 89\text{mm}$ 和 $\Phi 108\text{mm}$,使用与孔径相适应的钻具(如护壁套管、提土器等),一般直径不大于 146mm 。

9.5.5 钻探工作应严格执行钻探安全操作规程的有关规定,确保钻探质量和人身安全。

3 对粉性土和砂土,应采用膨润土制浆护壁,其目的是使孔

壁稳定和控制孔底沉渣,以便顺利钻进、采取土样及保证标贯试验质量。

5 钻探孔在开孔前通过调整“中心”,保持钻孔垂直度或孔斜较小,能够满足工程勘察分层精度要求,故在实际工作中一般不测斜,仅在跨孔波速测试等有特殊要求时,钻孔需进行测斜。

9.5.6 野外钻探记录是极为重要的第一性资料,因此需要由经过专门培训、具有一定专业知识和实际经验、责任心强的人员担任。记录内容应规范化、标准化,在专用的记录表中编录。

9.5.7 大气降水、邻近地表水的补给与排泄,以及邻近工程地下水的抽灌活动,都可能造成地下水位埋深有较大的变化。因此当水位埋深有较大变化时应观察周围环境变化并查找原因。

9.5.8 勘探完成后,规定及时对场地进行清理,是考虑环境保护和避免人身伤害。深基坑工程涉及承压含水层时,如钻孔未按要求回填,易引发水土突涌;盾构隧道施工范围内涉及承压含水层时,如果钻孔未事先按要求回填,易发生透水事件;堤岸工程通常具有防汛及防渗功能,是城市生命线工程,如钻孔未按要求回填,会损坏其防参与防汛功能。因此,本条规定在相关工程中需要严格进行钻孔的回填工作。一般情况下,应采用黏土球作为填料封孔,当承压水可能会对工程安全产生重大影响时应采用水泥注浆进行封孔。

9.5.9 在潮汐区域,水位变化很大,故规定进行多次定时水位观测,才能正确计算钻进深度。

9.6 取 样

9.6.1 上海地区浅部多为软塑~流塑状态的黏性土,具有高灵敏性,取土器及取土方法选用不当,对土样扰动明显。

9.6.3 对不同的土层,应针对其特点采用不同类型的取土器具,才能减少对土样的扰动。试验资料表明:薄壁取土器所取试样的质量好于厚壁取土器,尤其在淤泥质土中,力学指标存在着明显差异。因此,本规范规定了各种取土器具适用的土层及土样质量等级,供参照使用。

9.7 工程物探

9.7.1 根据目前工程物探技术的现状,结合上海地区城市建设中岩土工程勘察方面的要求,指出了可采用工程物探手段解决的问题。第2款所指的地下管线包括给水、排水、燃气、工业和电力、电信等各类管道和电缆等。

9.7.2 工程物探方法具有方法简便、工作效率高、成本低的优点,但同时具有受干扰大,受分辨率和精度限制的特点,因此采用该方法时应具备相应的条件。

9.7.3 工程物探方法和仪器应根据其基本原理、特点、适用范围等加以选择,并应事先进行试验,以确定该种方法和仪器的有效性、精度和有关参数。

9.7.4 由于目前工程物探方法技术还处于研究、发展阶段,加之探测对象和环境等方面的复杂性,使物探成果判释难度较大,因此应尽量采用多种物探方法进行综合探测与判释。宜在充分搜集和分析已有资料的基础上,采用实地调查与仪器探查相结合的方法,同时应配合系统的质量检查及一定数量的挖孔或钻孔验证。

10 原位测试

10.1 一般规定

10.1.1 原位测试是在土体基本不扰动的原位状态下,以一定的手段、方法测定土体的物理、力学特性参数的试验技术。原位测试能更直接、客观、准确地获取工程设计和施工所需的有关参数。

考虑上海地区使用地源热泵的建设项目增多,土壤的温度及热物性参数(换热率、导热系数)是地源热泵系统设计的重要依据,而目前颁布的国家、行业技术标准与规范中,对相关现场测试缺乏具体要求,因此,本次修订增加了“土壤热响应试验”内容。

随着地下空间开发规模的扩大,地下水对工程影响越来越大,获取较为准确的土层渗透系数十分重要,故本次修订增加了“钻孔简易降水头注水试验”、“钻孔简易抽水试验”内容。

原位测试方法及适用土类详见表 10.1.1。

表 10.1.1 原位测试方法及土类适用性

土 类 原位测试方法	砂土	粉性土	黏性土	淤泥质土	素填土	备 注
静力触探(单、双桥)	★	★	★	★	★	CPT
孔压静探	★	★	★	★	△	CPTU
标准贯入	★	★	△	△	△	SPT
轻型动探(N10)	△	△	△	△	★	DPT
十字板剪切试验	×	×	△	★	△	VST

续表 10.1.1

土 类 原 位 测 试 方 法	砂 土	粉 性 土	黏 性 土	淤 泥 质 土	素 填 土	备 注
平板载荷试验	★	★	★	★	★	PLT
螺旋板载荷试验	★	★	★	△	×	SPLT
旁压试验	★	★	★	△	×	PMT
扁铲侧胀试验	△	★	★	★	△	DMT
波速试验	△	△	△	△	×	WVT
土壤热响应试验	★	★	★	★	△	
钻孔简易降水头注水试验	★	★	★	★	×	
钻孔简易抽水试验	★	★	△	△	×	

注：“★”——适用；“△”——基本适用；“×”——不适用。

10.1.2 各种原位测试方法的测试规程、技术标准是操作安全性、数据可靠性及成果质量的基本保证,故应严格执行。

10.1.3 对量测设备应定期检验,对探头、传输电缆和记录仪应作为系统进行定期标定。

10.1.5 原位测试成果往往具有区域、土类的局限,所以要综合地区经验评价土层特性。

10.2 静力触探试验

10.2.2 单桥、双桥探头是国内常用的静力触探探头,上海市目前使用单桥探头居多,应提倡使用双桥探头。国际上不少国家已较广泛采用多功能探头,上海也有勘察单位在工程中成功使用多功能探头。国内部分院校引进的现代多功能 CPTU 系统,由钻探车、静力触探系统两部分组成,配备有四功能 5t、10t、20t 数字式

探头,具有常规 CPT、孔压、地震波和电阻率功能模块,采用 E4FCS 实时数据采集系统,配置 CONEPLOT 及 CLEANUP 数据处理软件。数字式探头内传感器后配有电子放大调节元件,清除测试时电缆阻力的影响;另配有温度读数仪,用来校准微波稳定状态下的温度变化,保证测试精度。

国外集成化探头可测试计算端阻、侧阻、倾斜、孔隙水压、地温、剪切波速、电阻率、水位、pH 值、数字图像等多种参数。

表 10.2.2 CPT 新型传感器一览表

传 感 器 名 称	测 量 参 数
侧压力传感器(Lateral Stress)	侧向应力
静探旁压仪(Cone Pressuremeter)	应力、应变,确定模量
地震波传感器(Vibro CPT)	波速 v_p 、 v_s
电阻率传感器(RCPT)	电阻率
热传感器	热传导率
放射性传感器	重度、含水量
激光荧光器传感器(LIF)	荧光强度
可视化静力触探(VisCPT)	图像、能量、波谱
(动态)伽马射线传感器(GCPT)	γ 射线强度
大直径触探头	多参数功能,应用于砾石层
球形触探头	多参数功能,应用于海底极软弱土层

10.2.3 根据工程特殊要求可进行多功能静力触探试验,地震波孔压静力触探(SCPTU)可用于确定土动力特性,进行场地地震危险性分析;电阻率孔压静力触探(RCPTU)可用于确定土电学特

性,对受污染场地土做出评价;可视化静力触探(VisCPT)可直观地提供地层图像。

10.2.5

4 根据上海地区经验,当静力触探贯入暗绿色硬土层后,易发生静探孔偏斜及断杆事故。实际工程中,因孔斜使土层界线及贯入阻力发生偏差,影响土层埋深的判断,特别是桩基持力层层顶埋深不准确的事件较多,对工程不利影响很大,因此,强调应采取导管护壁或附加量测探头偏斜角装置。

6 部分工程需要在水域进行静力触探试验,但经验尚不多,本条修订提出了实施水上静探的基本要求。

10.2.6

1 根据需要,双桥孔压静力触探试验还可提供 $q_t \sim h$ 曲线、 $f_t \sim h$ 曲线、 $B_q \sim h$ 曲线。

$$q_t = q_c + u_2(1-a) \quad (10.2.6-1)$$

$$f_t = f_s \frac{(u_2 A_{sb} - u_3 A_{st})}{A_s} \quad (10.2.6-2)$$

$$B_q = \frac{u_t - u_0}{q_t - \sigma_{v0}} \quad (10.2.6-3)$$

式中 q_t ——真锥头阻力(经孔压修正)(kPa);

q_c ——实测的锥尖阻力(kPa);

u_2 ——在锥肩位置量测的孔隙水压力(kPa);

u_3 ——在套筒尾部位置量测的孔隙水压力(kPa);

a ——有效面积比, $a = \frac{A_a}{A_c}$, A_a 、 A_c 分别为顶柱和锥底的横截面积。

f_t ——真侧壁摩阻力(经孔压修正)(kPa);

f_s ——实测的侧壁摩阻力(kPa);

A_s —— 摩擦套筒的表面积；
 A_{st} 、 A_{sb} —— 分别为套筒顶部和底部的横截面积；
 B_q —— 静探孔压系数；
 u_t —— 孔压消散过程时刻 t 的孔隙水压力(kPa)；
 u_0 —— 试验深度处静水压力(kPa)；
 σ_{v0} —— 试验深度处总上覆压力(kPa)；
 h —— 深度(m)。

O 形环是密封用的。

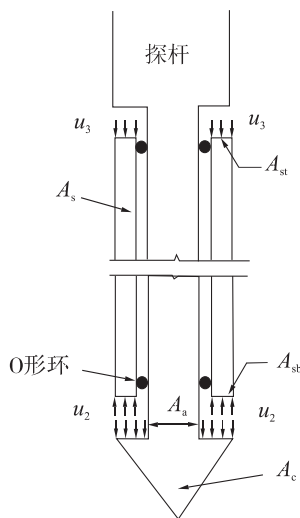


图 10.2.6 双桥孔压探头构造示意图

2 地震波静力触探可绘制剪切波波速 $\nu_s \sim$ 深度 h 曲线, 计算出小应变剪切模量 G_0 和侧限模量 M_0 , 绘制应力-应变~强度曲线。电阻率静力触探可绘制电阻率~深度曲线, 反映不同深度电阻率与土性之间的关系, 可用于圈定被污染土的范围和评价地基处理效果。可视化静力触探可提供地层连续图像。

10.4 轻型动力触探试验

10.4.4 常见不能反映真实土性的异常值为软硬地层界面附近,即超前滞后影响范围内的值。

10.5 十字板剪切试验

10.5.2

4 十字板剪切试验常常是检验软土地基加固效果的必要测定手段。

10.5.3

1 本条主要是上海地区的经验,也参照了国外的有关规定。直径 75mm 的探头,翼板厚度为 3mm,适用于夹有薄层粉砂的软土层,相应的面积比为 14%。

4 对于非均质土的试验间距,不能机械地按 1m~2m 间距布置。对夹有薄层粉砂的软土层进行剪切试验时,得到的抗剪强度值往往偏高或失真,所以宜根据静探曲线反映的土层情况,选择合适的深度进行试验。

10.6 载荷试验

10.6.1 一般来说,载荷试验的成果数据确定地基承载力较为可靠,但应注意上海地区地基土多层体系的特点以及试验的边界条件与实际基础尺寸的差异。

10.6.3 平板载荷试验确定天然地基承载力时,一定要考虑软弱下卧层的影响,尽量模拟基础实际受力范围,所以承压板尺寸不能太小,需要与实际基础宽度相匹配的尺寸。

10.6.6 上海市《地基基础设计规范》2010 版修订时,天然地基极

限承载力试验采用慢速维持荷载法,试验的终止条件基本为按累计沉降量已大于荷载板宽度的 10%或在某级荷载作用下荷载板的累计沉降已达到压板宽度的 7%以上且沉降已达到稳定标准来进行控制,天然地基极限承载力的判定取 $s/b=0.07$ 所对应的荷载。因此本规范与上海市《地基基础设计规范》DGJ08-11-2010 协调,将原规范中相对沉降 s/B (黏性土可取 0.06,粉性土和砂土取 0.05),统一改为相对沉降 $s/B=0.07$ 所对应的荷载为天然地基极限承载力。

10.6.9 测定标准基床反力系数时,平板载荷试验采用 $0.305\text{m} \times 0.305\text{m}$ 承压板,如果尺寸不一致则应换算。

10.6.10 对螺旋板施加恒定载荷后,以等时间间隔 Δt 测读压板的沉降 $s_0, s_1, s_2, \dots, s_{i-1}, s_i$ 。假设圆形压板位于无限的均质弹性体内,在板上施加均布荷载,由加荷引起的孔隙水压力为三维消散。条文中采用 Biot 固结理论公式,式中 β 按图 10.6.10 取值。

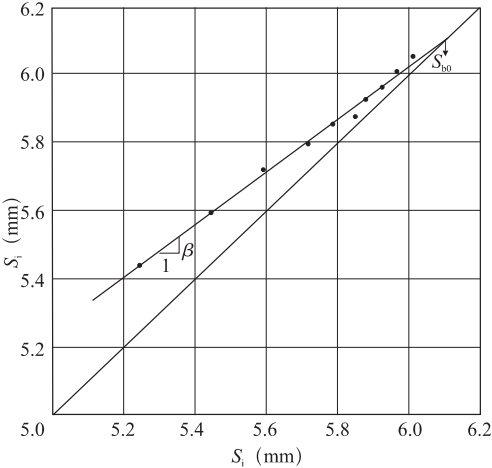


图 10.6.10 $s_i \sim s_{i-1}$ 图解法

10.6.11 假设承压板为刚性板,土层未扰动。当板与土完全光滑时,式(10.6.11)中系数取 0.75,完全粘结时,系数取 0.59,实际上板与土为部分粘结,故一般可取平均值 0.67。

10.7 旁压试验

10.7.1 上海地区旁压试验主要以预钻式为主。对于浅层软黏性土(第⑤层及其以上土层),也可采用自钻式,试验效果较预钻式好。由于压入式对土体的扰动大,而上海地区浅层土大多属高灵敏度土,所以试验结果不理想,一般不采用。

10.7.2 旁压试验成果在国外工程设计中已广泛应用,近二十年来,国内的应用也逐步推广。在上海地区,部分重大工程和轨道交通项目的勘察布置了旁压试验,试验深度已突破 100m,在评定地基土承载力和深层土体压缩模量上有其独到之处。

10.7.3

2 预钻式旁压试验钻孔孔径应略大于旁压器外径。当采用自钻式旁压试验,应先通过试钻,以便对回转速率、冲洗液压力和流量、切削器离底口的距离、贯入速率等技术参数确定最佳的匹配,保证对周围土体的扰动最小。

3 旁压试验加荷等级一般根据土的临塑压力和极限压力确定,不同土类的加荷等级可按下表选用:

表 10.7.3 旁压试验加荷等级表

土 的 特 征	加荷等级(kPa)
流塑状态的黏性土	≤ 15
软塑的黏性土、松散的粉性土、砂土	15~25
可塑的黏性土、稍密的粉性土、砂土	25~50
硬塑的黏性土、中密砂质粉土、砂土	50~100
密实砂土	≥ 100

4 一般而言,为测求土的强度参数常用“快速法”,每级压力维持 1min 或 2min;测求土的变形参数宜采用“慢速法”。

10.7.5 条文中式(10.7.5-4)为 R. J. Mair(1987)公式,条文中式(10.7.5-5)为 Me'nard(1970)公式。

10.8 扁铲侧胀试验

10.8.2 应注意本节中各种公式和经验具有地区性,应用时尚需与其他测试或试验指标综合分析和验证。

根据上海地区相关研究成果,扁铲侧胀试验成果应用经验如下:

(1)土类划分

由于上海土层的沉积环境,土颗粒均匀性较差,故根据土类指数 I_D 划分土类的界限值在上海不明显。

(2)静止侧压力系数

$$K_0=0.34K_D^n \tag{10.8.2-1}$$

式中 n 根据土类及状态、土类指数 I_D 按表 10.8.2-1 取值

表 10.8.2—1 系数 n

土类及状态	I_D	n
流塑黏性土	<0.40	0.55
软~可塑黏性土	$0.40\sim0.60$	0.47
硬~可塑黏性土	$0.60\sim0.90$	0.25
粉性土、粉砂	>0.90	0.22

(3)土的不排水抗剪强度

$$c_u = (-0.06I_D^2 + 0.42I_D + 0.19) \cdot \sigma'_{v0} \cdot (0.47K_D)^{1.14} \tag{10.8.2-2}$$

式中 σ'_{v0} —— 上覆有效应力(kPa)。

(4)压缩模量

Marchetti(1980)公式

$$E_s = R_m \cdot E_D \tag{10.8.2-3}$$

式中 R_m 根据土类指数 I_D 按表 10.8.2-2 取值

表 10.8.2-2 R_m 系数

I_D	R_m
≤ 0.6	$0.14 + 2.36\lg K_D$
$0.6\sim3.0$	$R_{m0} + (2.5 - R_{m0})\lg K_D$ 其中 $R_{m0} = 0.14 + 0.15(I_D - 0.6)$
$3.0\sim10.0$	$0.5 + 2\lg K_D$
>10	$0.32 + 2.18\lg K_D$

注：若 $R_m < 0.85$ 时, $R_m = 0.85$ 。

(5)判别地基土的液化：

$$K_{\text{Dcr}} = K_{\text{D0}} \left[0.8 - 0.04(d_s - d_w) + \frac{d_s - d_w}{1.2 + 0.9(d_s - d_w)} \right] \sqrt{\frac{3}{14 - 4I_{\text{D}}}} \quad (10.8.2-4)$$

式中 K_{D0} ——液化临界水平应力指数基准值,在 7 度地震烈度时可取 2.5;

K_{Dcr} ——液化临界水平应力指数;

d_s ——实测水平应力指数所代表的深度(m)

d_w ——地下水位深度(m),采用常年地下水位埋深平均值。

当土类指数 I_{D} 小于 1.0 时,为不液化土;当 $I_{\text{D}} > 2.7$ 时, I_{D} 取 2.7。

对可液化土层,应按下式计算可液化土层的液化强度比 F_{le} :

$$F_{\text{le}} = \frac{K_{\text{D}}}{K_{\text{Dcr}}} \quad (10.8.2-5)$$

式中符合意义同前。

液化指数的计算方法与标贯试验计算液化的方法相同,但在计算中应注意剔除个别不合理的数据。

(6)侧向基床反力系数 K_{h}

$$K_{\text{h}} = \triangle p / \triangle s \quad (10.8.2-6)$$

考虑膜片中心位移量 1.1mm 及平均位移量为 2/3 中心位移量,得出扁铲侧向基床反力系数基准值 K_{h0}

$$K_{\text{h0}} = 1364 \triangle p \quad (10.8.2-7)$$

考虑多种因素的影响侧向基床反力系数 K_{h} 为:

$$K_{\text{h}} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 K_{\text{h0}} \quad (10.8.2-8)$$

式中 λ_1 ——尺寸修正系数;

$$\text{当 } D \leq 0.6 \text{ m 时} \quad \lambda_1 = 3/50D \quad (10.8.2-9)$$

$$\text{当 } D > 0.6\text{m 时} \quad \lambda_1 = 0.1(0.6/D)^\beta \quad (10.8.2-10)$$

式中 D —— 宽度或直径(m)

β —— 与 I_D 有关的变化因子:

$$\text{当 } I_D \leq 2 \text{ 时} \quad \beta = 1/(I_D + 1) \quad (10.8.2-11)$$

$$\text{当 } I_D > 2 \text{ 时} \quad \beta = 1/3 \quad (10.8.2-12)$$

λ_2 —— 基础形状及刚柔性修正系数,按表 10.8.2-3 取值;

表 10.8.2-3 基础形状及刚柔性修正系数 λ_2

		圆形	方形	矩 形					
长宽比		—	—	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0
λ_2	柔性	1.0	0.89	0.74	0.65	0.56	0.50	0.46	0.38
	刚性	1.08	0.97	0.79	0.70	0.59	0.53	0.49	0.40

λ_3 —— 加荷速率修正系数。

$$\text{当 } I_D \leq 3 \text{ 时} \quad \lambda_3 = (3I_D + 3)/(2I_D + 6) \quad (10.8.2-13)$$

$$\text{当 } I_D > 3 \text{ 时} \quad \lambda_3 = 1 \quad (10.8.2-14)$$

10.9 波速测试

10.9.1 在单孔法或跨孔法试验中正确区分压缩波及剪切波是关键。一旦波速出现异常,需再次分析和测试。一些数字式仪器的应用,宜了解其判据设置的条件和依据,避免盲目使用造成错误,同时应保留每次激发波形曲线,以便查验。

10.9.2

2 土的刚度可由波速计算,用于不同场合,其刚度物理意义也不一样。如用于进行地面运动分析时,土的刚度主要指其水平刚度(即单位水平剪切应变需要的剪应力),由下式计算:

$$K_h = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{G}{h} = \frac{\rho \cdot v_s^2}{h} \quad (10.9.2-1)$$

式中 K_h —— 水平刚度；
 τ —— 水平剪应力；
 γ —— 水平剪应变；
 G —— 土的剪切模量；
 ρ —— 土的质量密度；
 h —— 土的分层厚度。

3 用于动力机器基础设计时的刚度为垂直抗压刚度 K_z 、水平抗剪刚度 K_x 、抗弯刚度 K_φ 、抗扭刚度 K_ψ 等,其中:

$$K_z = \frac{4Gr_0}{1-\mu} \quad (10.9.2-2)$$

$$K_x = \frac{32(1-\mu)Gr_0}{7-8\mu} \quad (10.9.2-3)$$

$$K_\varphi = \frac{8Gr_0^3}{3(1-\mu)} \quad (10.9.2-4)$$

$$K_\psi = \frac{16Gr_0^3}{3} \quad (10.9.2-5)$$

式中 G —— 土的剪切模量；
 μ —— 土的泊松比；
 r_0 —— 刚性圆形基础的半径。

10.9.3 单孔法可不进行孔内测斜,但要求激震震源能量大,稳定性和重复性好。

10.9.4 跨孔法试验深度小于 20m 时,可不进行测斜;超过 20m 时,为了精确测定直达波实际传输距离 L ,必须用测斜仪进行孔斜测量,测斜点间距一般为 0.5m,然后逐点计算出直达波实际传播距离。

10.9.5 用稳态法进行面波波速测试时,需要有频率可变的激振器激振,在地表用传感器找出 1 个波长、2 个波长的距离,按面波波长乘以激振频率,得到面波波速,该波速代表了深度为 $1/2$ 波长范围内土层的平均波速。

用瞬态法时,振源可用锤击,传感器等距离放在振源两侧,由近及远,将 2 个传感器获得的振动信号相互比较,通过相位差、频率、间距计算面波波速,传感器放在振源一侧,也同样有效。

10.10 场地微振动测试

10.10.1 场地微振动是由气象变化、潮汐、海浪、地下构造活动等自然力和交通运输、动力设施等人为扰力引起的振动,经地层多重反射和折射,由四面八方传播到测试点的多维波群随机集合而成,是一种稳定的非重复性的随机振动。由自然力引起的振动具有平稳随机过程的特性,即微振动信号的频率特性不随时间的改变而有明显的不同,它主要反映场地地基土层结构的动力特性。因此,它可以用随机过程样本函数集合的平均值来描述,如富氏谱、功率谱等。

随着城市化进程的发展,城市的轨道交通、建筑施工的振动等对附近建(构)筑物及人民的生活产生影响。随着技术的发展,许多高新技术装备、生产线对场地环境要求越来越高,一些电子产品的工作平台对振动要求较为严格,较大的振动将会影响产品质量。这些主要由人为扰力引起的振动同样可以用随机过程样本函数集合的平均值来描述。

场地微振动的物理特性可用振幅及频率来描述,但对于记录和研究场地微振动特性的微振动测试,与记录和研究场地微振动环境时的微振动测试的侧重点有所不同,前者以频率为主,后者

幅值更重要些,甚至需要计算不同频段的幅值。

10.10.2 在上海市的大部分地区场地的卓越周期在 2s 左右(频率 0.5Hz),有的甚至高于 2.5s(频率 0.4Hz),因此通频带的起始频率采用 0.3Hz 较合适,能满足记录和研究场地微振动特性的测试。主要由人为扰力引起振动主要集中在 1Hz~2Hz 以上(如车辆运行引起的振动主要集中在 2Hz~8Hz 之间),精密仪器设备的场地要求一般在几~几十赫兹的范围内,因此通频带的高频采用 100Hz 能满足实际工程的需要。当然也可以根据测试目的来选择通频带,对于记录和研究场地微振动特性的测试,通频带采用 0.3Hz~30Hz;对于记录与研究场地微振动环境时的测试,通频带采用 1Hz~100Hz。

由于模拟微分、积分较数字微分、积分精度要高,因此规定采用带微、积分电路的放大器与拾振器配套使用,放大器直接输出测试的物理量。

需要说明的是,条文中的信噪比为整个系统的信噪比,不仅指采集仪的信噪比。一般而言放大器应前置,放大器与采集仪之间由长线连接,这样几个测点可同时进行测试,既保证了各测点工况的一致性又提高了测试效率;而长线是有一定的噪声,其噪声水平一般在零点几毫伏至几个毫伏,如放大器输出信号太小则信噪比会下降;如放大器的输出信号为 1V,信号线的噪声为 1mV,在不考虑拾振器、放大器噪声的情况下,数据传输至采集仪输入端的信噪比仅为 60dB,要真正大于 60dB 则放大器的输出信号应足够大才行,同时应规避测试场地附近的电磁干扰等。

采集仪 A/D 转换也不是完全线性的,一般中间段线性较好,两端线性差一些,特别是低压段。考虑到上述原因,规定放大器的输出电压宜控制在采集仪量程的 40%~80%之间。

10. 10. 3

1 测点数量应根据工程要求、面积大小及周边环境确定;当同一建筑场地有不同的地质地貌单元或场地规模较大时,其地层结构不同,微振动的频谱特征也有差异时,此时可适当增加测点数量。当为研究场地的微振动环境时,可根据振源分布、对振动较敏感的建(构)筑物规模及精密仪器设备的分布情况适当增加。

2 测点选择是否合适,直接影响测试的精确程度。如果测点选择不好,微弱的微振动信号有可能淹没于周围环境的干扰信号之中,给数据处理带来困难。当然,干扰源是根据研究对象的不同变化的,如附近道路上车辆行驶的振动,在研究场地的微振动特性时是干扰源,应予以避开;在研究场地的微振动环境时它不是干扰源,应予以区别对待。另外,需要注意的是场地上的输电线路可能会对信号线产生较大的干扰,信号线晃动也会增加信号线的噪声水平,干扰源应予以避免上述情况。

4 不同建(构)筑物的基础埋深和形式不同,应根据实际工程需要确定地下微振动测点的深度;在城市微振动测试时,地面振动干扰大,但它随深度衰减很快,需在一定深度的钻孔内进行测试。通常远处震源的脉动信号是通过基岩传播反射到地表面的,通过地面与地下微振动的测试,不仅可以了解微振动频谱的性状,还可了解场地脉动信号竖向分布情况和场地土层对脉动信号的放大和吸收作用。因此,需要孔口与孔中同时观测,而且孔口与孔中拾振器的频响特征应相同,在拾振器放入孔中前,两者应在地面进行一致性测试。

10. 10. 4

1 应选择场地环境最安静的时段进行,是针对为研究场地微振动特性规定的,主要是为了避开干扰采集有用信息。

2 上海地区反映场地特性的微振动信号频率一般不会超过 10Hz,按照采样定理,采样频率大于 20Hz 即可,但实际工作中,最低采样频率常取分析上限频率的 3~5 倍。而研究场地的微振动环境时最高频率需要 100Hz,因此本规程提出采样频率宜为 50Hz~500Hz。

至于记录时间长度,应根据工程需要、测试目的来确定,当研究场地的微振动环境时往往要记录几十小时甚至几天的时间,以研究场地的微振动环境的变化规律;对于研究场地特性的微振动测试,在安静的场地、安静的期间 60min 的记录已经能够满足分析要求了,但在城市微振动测试时,交通运输等人为干扰 24h 不断,地面振动干扰大,这时须延长测试记录时间,增加有效信号的记录长度以满足分析要求,因此本条规定有效信号不应少于 60min 钟。

3 谱分析的样本数主要考虑到频率的分辨率,上海大部分地区卓越频率很低,约 0.5Hz 左右,如果分辨率太低,测试结果误差较大,在采样频率一定的情况下分析数据点愈多,频率分辨率就愈高。本条规定主要是针对研究场地特性的测试而言,对于研究场地的微振动环境时频率分辨率可根据研究对象的频率范围作相应的调整。

10.10.5 上海大部分地区为多层土结构且层厚不大,通常频谱有多个谱峰;在城市微振动测试时,交通运输等人为干扰 24h 不断,地面振动干扰大,因此在谱分析的同时须进行相关或互谱分析,结合场地干扰源情况对场地脉动卓越频率进行综合评价,以提高测试结果正确性。

10.11 土壤热响应试验

10.11.2 地源热泵系统方案设计之前,应进行土壤热响应试验,试验选择的埋管位置、管径、钻孔方法、孔深、孔径及填充物等尽可能和实际设计要求相符。试验测得的各项参数是在特定地质条件、特定施工条件和特定试验工况条件下获得,对埋管地源热泵系统的设计具有一定的指导意义。

10.11.3 土壤热响应试验前应收集场地相关的工程地质资料,为合理布置试验方案和后期进行试验成果分析提供依据。

10.11.4 土壤热响应试验应符合下列要求:

2 对地下水流丰富的地区,为保持地下水的流动性,增强对流换热效果,回填材料的导热系数应不低于周围土层的平均导热系数,不宜采用水泥基料灌浆。

3 实践证明,试验过程中埋管换热器弯头与变径过多、埋管换热器外露部分过长、对外露部分未有效保温,对水头和传热影响较大,对试验结果具有明显影响。

4 测温深度不小于埋管换热器的埋置深度,测温点间距宜根据埋管的深度、土层分布、地温的变化特点及设计要求综合确定。考虑上海地区地温仅在地表下 4m 以浅受气温影响较大,4m 以下地温一般较稳定,且地层分布总体较稳定,故本条规定布点间距一般为 5m~10m,地表下 6m 深度范围加密布点,间距宜为 2m。

5 近年来岩土热响应试验实践表明,由于地质条件的差异性以及测试孔的成孔工艺不同、深度不一,测试孔恢复至岩土初始温度时所需时间也不一致。查阅国内外文献资料,初始地温测试稳定时间一般为 2 天;根据工程实践,测试孔成孔完毕后静置 2

天,基本可使回填料在钻孔内充分沉淀密实,故本条规定稳定时间不宜少于2天。实际工程中如观测数值有变化时宜适当延长时间。

6 土壤热响应试验是一个对土壤缓慢加热直至达到传热平衡的测试过程,因此需要足够的时间来保证这一过程的充分进行,一般不宜少于48h;对在试验过程中改变加热功率,则需要停止试验,待测试孔内温度重新恢复平衡后再进行试验。

对于加热测试,加热功率大小的设定,应使换热流体与岩土保持有一定的温差,在地埋管换热器的出口温度稳定后,其温度宜高于岩土初始平均温度 5°C 以上。如果不能保持一定的温差,试验过程就会变得缓慢,影响试验结果。

地埋管换热器出口温度稳定,是指在不少于12h的时间内,其温度的波动小于 1°C 。

土壤热响应试验对流量进行合理设置,应能保证流体在地埋管换热器内处于紊流状态。

10.11.5 由于地质结构的复杂性和差异性,土壤热响应试验成果只能代表项目所在地岩土的热物性参数,只有在相同岩土条件、相同测试条件下才能类比参考使用,不能片面认为测试所得结果即为某区域的岩土热物性参数。

10.12 钻孔简易降水头注水试验

10.12.1 上海地区的工程实践证明,钻孔简易降水头注水试验不仅适用于粉性土与砂土,也适用于黏性土。本章编制时参考了国家水利部发布的行业标准《水利水电工程注水试验规程》SL 345—2007、中国有色金属工业协会发布的行业标准《注水试验规程》YS 5214—2000 和《岩土工程试验监测手册》(林宗元主编)。

10.12.2 土层的渗透性能对基坑工程、隧道工程等影响很大,勘察阶段测定土的渗透系数,可采用钻孔简易降水头注水试验。但为深大基坑工程降水设计提供水文地质参数,应根据具体情况,开展相关水文地质专项勘察。

10.12.3 在含粉性土较重的土层中进行注水试验,提高试验质量十分重要,故试验时应严格按照要求进行。从实际试验经验看,影响注水试验结果的主要因素为成孔质量和止水效果。成孔形状不规则和过量沉渣均使试验条件产生偏差,泥皮过厚或孔内含泥量过多会堵塞渗水通道,影响土的渗透性能。有现场试验反映注水试验开始时渗透情况正常,当黏土颗粒逐渐堵塞渗水通道时,渗透十分缓慢;或套管接头不密合、套管与孔壁不止水等,渗流速度很快。即当实际渗流情况不符合试验设定条件时,易造成计算结果的严重偏差。

10.12.4 当事先测得地下水位埋深时,不必等到试验结束后判断,可根据水头比与时间关系 $\ln(H_t/H_0) \sim t$ 进行判断,当不呈直线时应重新进行试验,当 $H_t/H_0 \leq 0.3$ 或有连续观测点达到 10 个, $\ln(H_t/H_0) \sim t$ 呈直线时可提前结束测试。

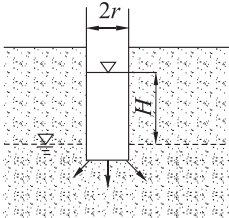
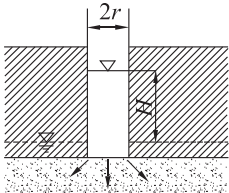
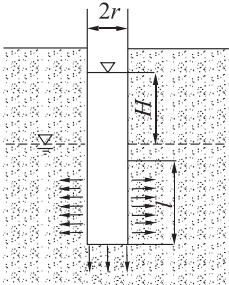
10.12.5 钻孔简易降水头注水试验假定渗流符合达西定理,渗入土层的水等于套管内下降的水的体积。

钻孔注水试验的形状系数见下表 10.12.5,假设试验土层的水平向和垂直向渗透系数相同,结合上海地区地层组成情况对照后确定形状系数如下:

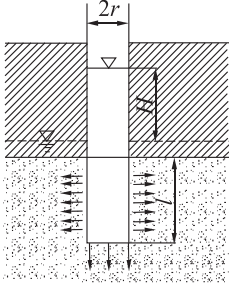
(1)孔底、孔壁进水时,潜水含水层(第③、④、⑤、②₃层黏性土、粉性土)取 $\frac{2\pi l}{\ln(l/r)}$,承压含水层(第⑤₂、⑦层砂土或粉性土)取 $\frac{2\pi l}{\ln(2l/r)}$;

(2)孔底进水时,潜水含水层(第③、④、⑤、②₃层黏性土、粉性土)取 $5.5r$,承压含水层(第⑤₂、⑦层砂土或粉性土)取 $4r$ 。当选择孔底进水模式时,一般采用孔径较大,同时需要考虑成孔后沉渣影响。

表 10. 12. 5 钻孔注水试验的形状系数值

试验条件	简 图	形状系数 A	备 注
试段位于地下水位以下,钻孔套管下至孔底,孔底进水		$5.5r$	—
试段位于地下水位以下,钻孔套管下至孔底,孔底进水,试验土层顶板为不透水层		$4r$	—
试段位于地下水位以下,孔内不下套管或部分下套管,试验段裸露或下花管,孔壁和孔底进水		$\frac{2\pi l}{\ln(ml/r)}$	$\frac{l}{r} > 8$ $m = \sqrt{k_h/k_v}$ 式中: k_h 、 k_v 分别为试验土层的水平、垂直渗透系数

续表 10. 12. 5

试验条件	简 图	形状系数 A	备 注
试段位于地下水位以下, 孔内不下套管或部分下套管, 试验段裸露或下花管, 孔壁和孔底进水, 试验土层顶板为不透水层		$\frac{2\pi l}{\ln(2ml/r)}$	$\frac{l}{r} > 8$ $m = \sqrt{k_h/k_v}$ 式中: k_h 、 k_v 分别为试验土层的水平、垂直渗透系数

除按条文中式(10. 12. 5)计算渗透系数外,也可根据 $\ln(H_t/H_0) \sim t$ 关系曲线求得注水试验特征时间 T_0 ,采用下式(10. 12. 5)计算试验土层渗透系数:

$$K = \frac{0.0523r^2}{AT_0} \tag{10. 12. 5}$$

式中 T_0 ——注水试验的特征时间(min),即 $H_t/H_0 = 0.37$ 时所对应的 t 值,可在 $\ln(H_t/H_0)$ 曲线上(见图 10. 12. 5)确定, H_t 为注水时间 t 时的水头值(cm), H_0 为注水试验的初始水头值(cm);

其余符号意义同条文。

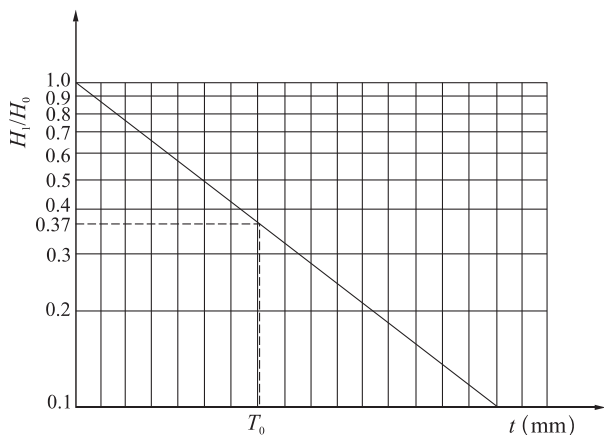


图 10.12.5 $\ln(H_t/H_0) \sim t$ 曲线

10.13 钻孔简易抽水试验

10.13.1 钻孔简易抽水试验适用于渗透系数较大的土层,上海地区适用于砂土及砂质粉土。本章编制时参考了国家水利部发布的行业标准《水利水电工程钻孔抽水试验规程》SL 320—2005、国家发展和改革委员会发布的行业标准《水电水利工程钻孔抽水试验规程》DL/T 5213—2005、中国有色金属工业协会发布的行业标准《抽水试验规程》YS 5215—2000、《基坑降水手册》(姚天强、石振华主编)、《岩土工程试验监测手册》(林宗元主编)和《工程地质手册》(第四版,常士骠、张苏民主编)。

10.13.2 在勘察阶段测定土的渗透系数,一般采用稳定流单孔简易抽水试验。如为降水工程等进一步测定水文地质参数,则应根据工程需要采用多孔抽水试验或群孔互阻抽水试验,采用稳定流或非稳定流评价方法。

10.13.3 钻孔简易抽水试验过滤器一般采用填砾过滤器,抽水

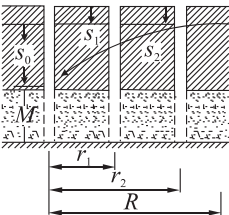
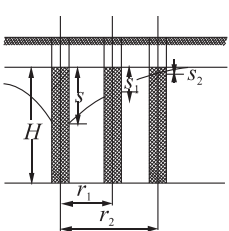
孔的孔径一般不小于 168mm,观测孔的孔径不宜小于 59mm。从理论上讲,宜选择大口径孔进行试验,以减少抽水井因三维流引起的水头损失。

10.13.4 在岩土工程勘察阶段,根据抽水试验水量、水位与时间的关系,在计算渗透系数时,一般采用稳定流抽水试验,极少采用非稳定流抽水试验,故本节规定主要适合于稳定流抽水试验。

10.13.5 只有当 $Q \sim s$ 或 $Q \sim (\Delta h)^2$ 曲线呈直线关系时,条文中公式(10.13.5-1)、(10.13.5-2)才适用。这两个公式是裘布衣平面稳定流公式,其假定条件是:含水层是均质、各向同性、等厚、水平的;地下水呈层流运动,符合达西定律,处于稳定状态;地下水静止水位是水平的;抽水井具有圆柱形定水头边界;含水层顶底板隔水,无越流存在。

影响半径(R)在裘布衣公式中可以理解为在一个圆形的四周边界为常水头的岛状含水层中,抽水井位于该圆柱状含水层的中心,井抽水后,水位降在圆形常水头边界处为零。而实际情况在井抽水后的四周由于含水层的不均匀性、补给边界形状不同,并不形成一个圆形的影响半径,多为椭圆形或不规则的圆形。确定影响半径的计算公式一般精度不太高,实践证明,利用 2 个以上观测孔的公式计算,结果更可靠一些。

表 10.13.5 影响半径计算公式

图 形	计 算 公 式	适用条件	说 明
	$\lg R = \frac{s_w \lg r_1 - s_1 \lg r_w}{s_w - s_1}$	承压水 1 个 观测孔 $r_w \leq r \leq 0.178R$	R —— 影响半径(m) Q —— 出水量(m^3/d) r_w —— 井的半径(m)
	$\lg R = \frac{s_1 \lg r_2 - s_2 \lg r_1}{s_1 - s_2}$	承压水 2 个 观测孔 $r_w \leq r \leq 0.178R$	H —— 静止水位高度或潜水含水厚度(m) M —— 承压含水层厚度(m) h —— 抽水井内之动水位高度(m)
	$\lg R = \frac{s_w (2H - s_w) \lg r_1 - s_1 (2H - s_1) \lg r_w}{(s_w - s_1) (2H - s_w - s_1)}$	潜水 1 个 观测孔	h_1, h_2 —— 观测孔内之动水位高度(m) s_w —— 抽水井内水位降深(m)
	$\lg R = \frac{s_1 (2H - s_1) \lg r_2 - s_2 (2H - s_2) \lg r_1}{(s_1 - s_2) (2H - s_1 - s_2)}$	潜水 2 个 观测孔	s_1, s_2 —— 观测孔内水位降深(m) r_1, r_2 —— 抽水井至观测孔之距离(m)

(1)条文中所列公式(10.13.5-1)、(10.13.5-2)是单孔稳定流抽水试验计算渗透系数公式。当工程需要进行多孔抽水试验时,渗透系数的计算公式如下:

a)稳定流潜水完整井:

有 1 个观测孔:
$$k = \frac{Q}{\pi(h_1^2 - h^2)} \ln \frac{r_1}{r_w} \quad (10.13.5-1)$$

有 2 个观测孔:
$$k = \frac{Q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (10.13.5-2)$$

b) 稳定流承压完整井:

$$\text{有 1 个观测孔: } k = \frac{Q}{2\pi M(s-s_1)} \ln \frac{r_1}{r_w} \quad (10.13.5-3)$$

$$\text{有 2 个观测孔: } k = \frac{Q}{2\pi M(s_1-s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (10.13.5-4)$$

(2) 潜水完整井可根据水位恢复速度按 $k = \frac{3.5r^2}{(H+2r)t} \ln \frac{s}{s'}$ 近

似计算渗透系数,求得一系列与水位恢复时间有关的数值 k 后,作 $k=f(t)$ 曲线,根据此曲线,可确定近于常数的渗透系数值,如图 10.13.5。

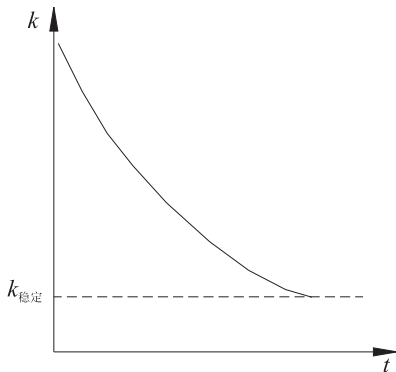


图 10.13.5 $k \sim t$ 曲线

已有人尝试采用冲击试验测得土层渗透系数,冲击试验又称定容积试验,即在井内水位达到稳定后,瞬间注入或取出一定体积的水,随后根据井内水位的恢复计算水文地质参数。通常在井内放入一定长度的实心的金属圆柱体,没入静水位后,待井内水位恢复到稳定后,瞬间将金属圆柱体提出孔外,同时将该时间作为试验的起始时间,其瞬间的井内最大水位降 H_0 。可由金属圆柱体的体积换算为井内水柱的高度来确定。然后继续测定不同时

间的水位上升的高度直到水位恢复到静止。同样,当水位静止后可瞬间向孔内放入一定长度的金属实心圆柱体,水位瞬时上升,其高度可由金属圆柱体体积换算求得 H_0 ,然后测定其不同时间水位下降的高度,直到水位恢复到静止。该法可反复进行,具有快速、简便、省钱等特点。该方法适用于砂土、粉性土及黏性土。

11 室内土工试验

11.1 一般规定

11.1.1 室内土工试验方法一般应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB 50123 的规定,对国家标准中没有列入的试验项目或工程有明确要求时,可参考相关行业标准进行试验。

11.1.2 土工试验的目的在于为建(构)筑物基础设计、施工提供符合实际情况的土性指标,为此试验项目及其方法选择,应有明确的目的性和针对性,强调与工程实际边界条件的一致性。条文中表 11.1.2 是常用的试验项目。

目前上海地区已有工程建设项目涉及到西部剥蚀残丘,本次规范修订在第 3 章工程地质条件中增加了“剥蚀残丘”地貌类型。在该区域进行工程勘察时,室内试验可能涉及岩石试验。考虑上海地区岩石试验的方法与要求,与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 无差异,故本条规定对岩石试验项目的要求可参照《岩土工程勘察规范》GB 50021 执行。

11.1.3 为保证试验质量,土工试验所用的仪器应符合现行国家标准《土工仪器的基本参数及通用技术条件》GB/T 15406,并定期进行校准。

11.1.4 土样质量对力学性指标影响很大,要求采用 I ~ II 级土样。对无侧限抗压强度、先期固结压力、三轴压缩试验要求采用 I 级土样。

11.1.5 考虑到上海地区土、水试样一般无污染,本条规定土样的放置时间不宜超过 10 天,水样的放置时间不宜超过 48 小时,

但对受污染的土、水试样,其放置时间应根据不同的测试目的与要求确定。

11.1.6 试验报告中的指标要求真实可靠,对明显不够合理的数据应分析原因,进行合理取舍。

11.2 试样制备

11.2.1 本条强调试样制备时应有开土记录,且对土样进行详细描述,了解整个土样的均匀程度和包含物,才能保证物理性试验项目所选取的试样与力学性试验项目所选的试样一致性。

11.2.2 试验制备时一类是用环刀切取密度、含水率、固结和直剪试验的试样,同一组试样的密度差不宜大于 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$,目的是保证各项试验所采用的土试样一致性;另一类用切土盘切取无侧限抗压、三轴压缩试验的试样,要求用卡尺测量,制作时应避免土样扰动。

11.2.3 液塑限试验或颗粒分析试验,要求用与力学性质试验一致的土样。

11.3 土的物理性试验

11.3.1 密度有质量密度和重力密度之分,质量密度是单位体积的质量,单位为 g/cm^3 ,重力密度是单位体积的重力,单位为 kN/m^3 ,试验室测定的是质量密度(称密度),工程中计算常用重力密度(称重度)。

11.3.2 随意取样测定的含水率重复性差,试验要求进行2次平行测定。采用环刀内的土,经700组土的密度与含水率同时测定表明,只要控制密度差不大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$,含水率平行试验结果误差小于2%,可不作含水率平行试验。

11.3.3 液限试验,国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定用 76 克圆锥仪入土深度 17mm 和 10mm 两种标准,上海地区 50 年代以来一直使用 10mm 标准,积累了大量资料,所以仍采用 10mm 标准。对于塑性指数 10~12 的低塑性土,由于塑限擦条法误差较大,本条规定要求用颗粒分析复测黏粒含量,当黏粒含量小于等于全重的 15%,则按颗分定名为黏质粉土;若黏粒含量小于全重的 10%,则定名为砂质粉土。

11.3.4 颗粒分析试验采用密度计法时,国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定绘制完整的颗粒粒径分配曲线(全曲线法),要求测记 0.5min、1min、2min、5min、15min、30min、60min、120min、1440min 时的密度计读数。如果用于分类定名,可测记 1min、5min、15min、60min、210min 时的 5 点读数,已能满足各粒组的界限值。

11.3.5 土的颗粒比重与矿物成份有关,通过大量的土粒比重与塑性指数、颗粒组成比较试验,积累了地方经验,上海地区土的比重可采用条文中表 11.3.5 数值,本次修订增加了中砂与粗砂的经验值。

11.4 土的力学性试验

11.4.1 固结试验

1 对于密度 $\rho \leq 1.75 \text{g/cm}^3$ 的软土,第一级压力宜用 25kPa,是为了防止软土被压坏。

2 为缩短试验历时,黏性土最大固结压力小于等于 400kPa,可用 1h 一级的快速法,综合固结度法校正。大于 400kPa 可用 2h 一级的快速法,次固结增量法校正。

3 回弹再压缩模量的测求,卸荷压力宜模拟工程实际开挖

情况。

4 固结系数可用 t_{90} 和 t_{50} 两种方法求取, t_{90} 可用 $2h$ 一级的快速法, 次固结增量法校正; t_{50} 可用 $24h$ 一级的慢速法。

11.4.2 先期固结压力试验

1 先期固结压力试验对土试样的质量要求很高, 稍有扰动会造成 $e \sim \log p$ 曲线的曲率不明显, 求不到先期固结压力, 所以要求 I 级土样。

4 回弹要在先期固结压力后进行是因为在先期固结压力后的回弹线基本保持平行, C_s 相等。

11.4.3 直剪试验因受仪器结构的限制, 具有不能严格控制试样的排水条件、固定剪切面不一定是最弱面等缺点, 国外仅用慢剪。但上海地区直剪固快指标的工程应用经验较多, 故本规范仍保留直剪试验的内容。特别是考虑目前深大基坑多, 设计单位在进行深基坑围护设计时, 需要勘察报告提供深层土的直剪固快试验指标, 故本次修订删除了原规范对深部土层直剪试验适用范围的限制。

直剪快剪试验指标仅适用于水利工程堤岸施工速率较快工况下的黏性土地基的稳定性验算。

2 直剪试验中, 不同密度的 4 块试样, 排列顺序对 c 、 ϕ 值有一定影响, 第一块和第四块用接近平均密度的试样, 第二块用小密度试样, 第三块用大密度试样, 试验的 c 、 ϕ 值较接近于真值。试验中, 施加垂直压力的大小将影响抗剪强度线的形状, 因此, 应根据土质情况和工程要求而定。第一级垂直压力要求接近于土的自重压力, 最大一级压力接近土的自重压力与附加压力之和。

4 采用预压装置预压的直剪试样, 自预压仪取出后, 试样回弹, 推入剪力盒后需再预压, 经研究再预压 3min 可消除回弹影

响,预压 6min,直剪强度接近直剪仪直接预压的强度。

11.4.4 三轴压缩试验

1 本试验应根据工程要求和土性,分别采用不固结不排水(UU)试验、固结不排水(CU)试验、固结排水(CD)试验。

2 试验应制备 3 个以上土性相同的试样,在不同围压下进行试验,保证有 3 个莫尔圆连成包线。

3 试验围压宜根据取土深度确定,避免出现人为的超压密土,造成粘聚力偏大,内摩擦角偏小的试验结果。

4 三轴压缩试验要求起始孔压系数 $B \geq 0.95$,是为了保证试样在饱和状态下进行试验;三轴 CU 试验要求排水固结,孔压消散达 95%,以保证试样固结。

11.4.5 无侧限抗压强度试验要求用 I 级土样,是考虑土样扰动对强度影响很大,研究表明,厚壁取土器采取的土样和薄壁取土器采取的土样相比,强度可以相差 30%~50%。

11.4.6 静止侧压力系数 K_0 试验加荷稳定标准宜为 24h 或每小时变形量小于 0.01mm。为缩短试验历时,可用 T_{90} 试验确定固结度为 90%的 K_0 值,然后换算至固结度 100%的 K_0 值,根据地区经验,上海地区黏性土加荷 1h 即可达到 90%的固结度。

11.4.7 基床系数是地基土在外力作用下产生单位变形时所需的应力,三轴试验法是将土样经饱和处理后,在 K_0 状态下固结,对一组试样分别进行 $(\Delta\sigma_3/\Delta\sigma_1) = 0.0、0.1、0.2、0.3$ 应力路径下的三轴固结排水(CD)试验(其中 $\Delta\sigma_1$ 为大主应力增量, $\Delta\sigma_3$ 为小主应力增量),得到有效大主应力增量与试样变形 $(\Delta\sigma'_1 \sim \Delta h_1)$ 关系曲线,求得初始切线模量或某一割线模量,即为基床系数 K 。

11.4.8 透水性很低的黏性土渗透试验历时很长,为缩短试验历时,对于饱和黏性土可测固结系数换算渗透系数,换算公式:

$$k = \frac{c_v \rho_w a}{(1+e)} \quad (11.4.8)$$

式中 k —— 土的渗透系数(cm/sec);

c_v —— 土的固结系数(cm^2/s);

a —— 土的压缩系数(MPa^{-1});

e —— 土的孔隙比;

ρ_w —— 水的密度(g/cm^3)。

11.5 土的热物性试验

11.5.1 岩土的热物理指标主要用于地下洞室通风负荷设计和地源热泵工程设计等。岩土热物理指标包括导热系数、比热容、导温系数,三者之间关系如下:

$$\alpha = \frac{\lambda}{C\rho} \quad (11.5.1)$$

式中 ρ —— 密度(kg/m^3);

α —— 导温系数(m^2/h);

λ —— 导热系数($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$);

C —— 比热容($\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$)。

11.5.2 因岩土的导热系数基本在 $0.5\text{W}/\text{m} \cdot \text{K} \sim 5\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 范围内,根据其自身的特性及常用的测试方法,本规范规定可选用面热源法、热线比较法、热流计法及热平衡法测定岩土的热物理指标。不同测试方法的原理如下:

(1)面热源法是在被测物体中间作用一个恒定的短时间的平面热源,则物体温度将随时间而变化,其温度变化与物体的性能有关。通过求解导热微分方程,并通过试验测出有关参数,然后按下列公式计算被测物体的导温系数、导热系数和比热容。

a)导温系数:

$$\alpha = \frac{d^2}{4\tau y^2} \quad (11.5.2-1)$$

式中 α —— 导温系数(m^2/h)；

τ —— 距热源面 $d(\text{m})$, 温度升高时 θ' 时的时间(h)；

y —— 函数 $B(y)$ 的自变量；

函数值 $B(y)$ 值

$$B(y) = \frac{\theta' \sqrt{\tau_2 - \sqrt{(\tau_2 - \tau_1)}}}{\theta_2 \sqrt{\tau}} \quad (11.5.2-2)$$

式中 $B(y)$ —— 自变量为 y 的函数值；

τ_1 —— 关掉加热器的时间(h)；

τ_2 —— 加热停止后, 热源上温度升高为 θ_2 时的时间(h)。

b) 导热系数:

$$\lambda = \frac{I^2 R \sqrt{\alpha} (\sqrt{\tau_2} - \sqrt{(\tau_2 - \tau_1)})}{S \theta_2 \sqrt{\pi}} \quad (11.5.2-3)$$

式中 λ —— 导热系数($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)；

I —— 加热电流(A)；

R —— 加热器电阻(Ω)；

S —— 加热器面积(m^2)。

c) 比热容:

$$C = \frac{\lambda}{\alpha \rho} \quad (11.5.2-4)$$

式中 C —— 比热容($\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$)

ρ —— 密度(kg/m^3)

(2) 热线比较法是在被测岩土与已知导热系数试材之间, 设置一个细长的金属丝, 当加热丝通电以后, 温度就会升高。温度升高的快慢是与被测材料的导热系数有关, 可根据试验测得的有

关参数,按下式计算岩石的导热系数。

$$\lambda_A = \frac{I^2 R}{4L\pi\Delta t} \cdot \ln \frac{\tau_2}{\tau_1} - \lambda_B \quad (11.5.2-5)$$

式中 λ_A —— 被测材料的导热系数(W/m·K);

λ_B —— 已知材料的导热系数(W/m·K);

R, I —— 分别为加热丝的电阻(Ω)和电流(A);

L —— 加热丝的长度(m);

τ_1, τ_2 —— 在加热过程中,热源面上的温度分别升高为 t_1, t_2 时的时间(h)。

(3)热流计法属于稳态法,测试时对样品施加一定的热流量,测试样品的厚度和热板/冷板间的温度差,得到样品的导热系数。其原理是 Fourier 传热方程:

$$dQ = -\lambda dA \cdot dt/dn \quad (11.5.2-6)$$

式中 Q —— 导热速率(W);

A —— 导热面积(m²);

dt/dn —— 温度梯度(K/m);

λ —— 导热系数(W/m·K)。

(4)热平衡法是目前常用的测定比热容的方法。通过试验测出有关参数后,按下式计算岩石的比热容。

$$C_m = \frac{(G_1 + E) \cdot C_w (t_3 - t_2)}{G_2 (t_1 - t_3)} - \frac{G_3}{G_2} \cdot C_b \quad (11.5.2-7)$$

式中 C_m —— 岩石在 t_3 到 t_1 温度范围内的平均比热容(J/kg·K);

C_b —— 试样筒材料(黄铜)在 t_3 到 t_1 温度范围内的平均比热容(J/kg·K);

C_w —— 杜瓦瓶中水在 t_2 到 t_3 温度范围内的平均比热容(J/kg·K);

E —— 水当量(用已知比热的试样进行测定,可得到 E

值)(g);

t_1 —— 岩土의 初温($^{\circ}\text{C}$);

t_2 —— 杜瓦瓶中水的初温($^{\circ}\text{C}$);

t_3 —— 杜瓦瓶中水的计算终温($^{\circ}\text{C}$);

G_1 —— 水质量(g);

G_2 —— 试样质量(g);

G_3 —— 试样筒质量(g)。

11.5.3

1 测定热物理性能的试验方法较多,各种不同的方法有一定的适用范围,测试前宜考虑到材料导热系数的大致范围,选用合适的测量方法。

2 岩土的热物理指标性能与密度、含水率及化学成分有关。导热系数、导温系数随着密度和含水率的增加而变化,而含水率对比热容的影响较大。此外,在相同密度及含水率的情况下,由于化学成分不同,其值也相差较大。

11.6 土的动力性试验

11.6.1 各种动力性试验方法,适用于一定的应变幅范围,应根据工程所涉及的应变幅范围,选用合适的试验方法或选取土性相同的两个试样进行联合试验。

实际工程中需要测定应变幅为 $10^{-6} \sim 10^{-1}$ 范围的动模量和阻尼比时,可以进行动三轴、动单剪、动扭剪与共振柱的联合试验。

11.6.2 土的动模量随应变的增大而减小、阻尼比随应变的增大而增加,具有明显的非线性。为了在抗震分析中根据应变值取用相应的动模量、阻尼比,试验宜提供动模量、阻尼比与动应变之间

的关系曲线。

动强度和液化强度随振动次数增加而减小,所以动强度和液化强度是某一振次条件下的强度,试验资料要提供强度与振次关系曲线,以便选用。

11.6.3

1 动强度的破坏标准,可取试样的动弹性应变和塑性应变之和的 5%,也可根据土的性质和工程的重要性,在 2.5%~5%之内取值。

2 对于砂土、砂质粉土的液化强度试验破坏标准,除取动弹性应变和塑性应变之和达到 2.5%~5%时外,也可取孔隙水压力达到初始固结围压值。

12 地下水

12.1 一般规定

12.1.1 上海地区第四系地层中蕴藏着丰富的地下水,地下水的类型包括潜水、微承压水及承压水,其中承压含水层有 5 层,根据目前工程建设的现状与地下空间开发的深度,对工程建设有影响的主要是潜水、微承压含水层和第一承压含水层(第⑦层)、第二承压含水层(第⑨层)。

需要特别指出的是“微承压含水层”不是水文地质专业术语,对于位于第一承压含水层之上的第④₂、⑤₂及第⑤_{3夹}层粉性土或砂土含水层,考虑其具有承压性、分布呈不连续状、富水性较承压含水层相对差、对工程建设尤其是地下空间开发有影响等因素,原规范定义该层为“微承压含水层”,考虑该承压含水层与上海地区已有的五大承压含水层有一定差异,且上海地区都已熟悉并长期使用该名称,故本次规范修订对该名称不作改动。

12.1.2 上海地区潜水一般赋存于浅部地层中的填土、黏性土、粉性土和砂土中,以单一黏性土为介质时,渗透性差,渗透系数约 $(0.2 \sim 5) \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$;以粉性土或砂土为介质时,渗透性较好,渗透系数约 $(0.6 \sim 12) \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$;第③层淤泥质黏性土中多夹薄层粉砂,其水平向渗透系数明显大于垂直向渗透系数,当第③层中所夹粉性土或砂土连续成层时(通常单独划分为亚层),其渗透性也相对好。

因潜水位受降雨、地面蒸发、地表水等影响,因此地表高程改变后,潜水位会随之变化。当场地大面积填土后,水位会随之上

升,其潜水位确定可把握以下两个原则:①填土区的潜水位较之自然地面的水位稍高,宜为在填土坡脚处不迳流溢出自然地面为准;②填土场地邻近河、塘时,应以历史最高水位(潮水位、洪水位)为准,并应认真分析水位变化趋势,合理确定。当场地小范围局部填土(多为城市景观覆土),因临近地块及周边道路的地面高程未改变,其潜水位可仍按临近地块或道路地面高程评价潜水位。

对近江、河、湖、海且有浅层粉性土或砂土层的场地,尚应注意两者之间的水力联系。

12.1.3 微承压含水层由于其土性不均,渗透系数变化大,约 $(3\sim6)\times 10^{-5}\sim 10^{-3}\text{ cm/sec}$ 。当微承压含水层夹黏性土少且厚度大,或与第一承压含水层连通时,其水量丰富。需要说明的是“微承压含水层”埋藏较浅,其承压水水头压力和水量对工程的影响应引起足够的重视。

由于上海地区近期才布置了一定数量的微承压含水层的长期观察孔,缺乏该层历年水文变化幅值的数据,因此本次修订仍采用原经验值。

12.1.4 第一承压含水层(⑦层)的渗透系数一般约 $(3\sim5)\times 10^{-4}\sim 10^{-3}\text{ cm/sec}$,部分地区第⑦层的表部夹多量黏性土,渗透性相对差。受工程建设及其他因素的影响,水位在不同时期、不同区域有一定变化,根据上海市地质调查院的长期观察资料分析,上海市中部约地铁2号线以南的市区、浦东大道至金桥公园一线以南的浦东新区部分区域承压水水头埋深一般较深,约为吴淞标高 $-4\text{ m}\sim -6\text{ m}$ (埋深约 $7\text{ m}\sim 11\text{ m}$);在上海市北部沪宁铁路、黄浦江、赵家沟河流以北和上海市南部沿杭州湾地区(约在金山区、奉贤区的南部和临港新城),承压水头埋深一般较浅,约在

吴淞标高 0m~ -2m(埋深约 3m~6m);其余地区一般为吴淞标高 -2m~ -4m(埋深约 5m~9m)。

第二承压含水层是上海地区透水性和富水性最好的含水层(组)之一,渗透系数一般约 $(2\sim6)\times10^{-3}\sim10^{-2}\text{cm/sec}$ 。该层也是上海地区地下水的主要回灌层,受区域回灌量的差异及部分区域与第一承压含水层连通的影响,水位变化较大,一般接近但不超过第一承压含水层的水位。第二承压水水位埋深在嘉定、市中心、浦东新区和南汇的大部分区域以及松江、金山的大部约在吴淞标高 -4m~ -8m(埋深约 7m~12m),沿长江和松江、奉贤一带约 -3m~ -4m(埋深约 6m~8m),青浦的北部地区约为 -2m~ -3m(埋深约 5m~8m);在崇明、长兴和横沙的三岛地区承压水水位较高,约在 +1m~ -1m(埋深约 3m~5m);在上海西南部的青浦的金泽、练塘,松江区的湖荡、泖港、新浜、枫泾,金山区的张堰及以西区域的承压水水位较深,约在 -6m~ -10m(埋深约 8m~12m)。

12.1.5 本次收集了部分工程水温的实测资料,最大测试深度 130m,水温变化范围 $17.37^{\circ}\text{C}\sim19.56^{\circ}\text{C}$,平均水温 18.67°C ,其中 70m 以下相对上部略有增加,与规范原来条文的表述基本一致。

12.1.6 根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001(2009 版),地下水对建筑材料的腐蚀性,可分为微、弱、中、强四个等级,并与现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 协调一致。该规范认为:原先的“无腐蚀”提法不确切,在长期化学、物理作用下,总是有腐蚀性的,因此将“无腐蚀”改为“微腐蚀”。为保持与国家标准《岩土工程勘察规范》的一致性,本规范修订时已进行相应调整。

现有资料表明上海地区的地下水除了受环境污染外,一般对

混凝土仅有微腐蚀性,故不需要取水样化验。但在受到强酸强碱污染场地(如化工厂、农药厂、洗涤剂厂等工业废水废渣或从含硫煤渣流出的污染水影响的场地)或垃圾填埋场渗漏液污染场地,对混凝土可能具有腐蚀性或对环境造成污染,应采取水样进行测试分析,必要时应采取土样进行测试分析。

本次收集的 54 份地下水水质分析资料显示,上海地区微承压水(第⑤₂层)和第一承压含水层(第⑦层)一般对混凝土有微腐蚀性;当长期浸水时,对混凝土中的钢筋有微腐蚀性,资料中仅有外高桥和祝桥的 2 份水样对混凝土中的钢筋有弱腐蚀性,这可能是处于沿江沿海区域,含盐量高所致。

由于一般工程勘察中采取承压含水层中的水试样难度较高(需隔断其他含水层),本次通过区域资料的收集与分析,提供上海地区(微)承压含水层水试样对混凝土和对混凝土中钢筋的腐蚀性的一般规律,但对处于特殊环境(如沿海地区)或有特殊要求的少数工程仍需要采取承压含水层中的水试样进行水质分析。

12.1.7 勘察时可通过现场踏勘、走访等形式,了解场地原来的用途。一般化工厂、印染厂、溶剂厂、油脂厂等易发生工业废弃液污染地下水。

12.1.8 考虑建设场地大部分情况下是局部范围受污染,因此要先了解污染源的位置,才可能针对性地采取到有代表性的地下水试样,否则盲目采取地下水试样,可能将地下水污染的情况遗漏。另外,当钻孔揭露不同含水层且未采取隔离措施时,在钻孔中取得的水试样往往是混合水试样。为防止采取混合水试样,可采取单独开孔或挖坑取潜水样。

上海地区潜水位高,地下水与地基土的污染程度具有关联性。因此要求先采取地下水试样进行测试分析。当地下水对建

筑材料的腐蚀性为中等及以上时,再进行地基土的测试分析。

12.1.9 污染土(水)的专项勘察内容,不仅包括污染土(水)对建筑材料的腐蚀性评价,尚应根据工程需要评价地基土物理力学性质的变化以及对环境的影响。

12.2 水文地质参数的确定

12.2.2 上海地区潜水位高,初见水位对工程意义不大,故对量测初见水位不作要求。

12.2.3 首先应根据地质资料与工程性质,初步判断承压水对拟建项目的施工期及使用期是否产生不利影响,当初步判断可能有影响时,才需要量测承压含水层的水位。为了较准确地量测承压水的稳定水位,强调应采取隔水措施将被测含水层和其他含水层隔离,防止以混合水位代替被测含水层的水位,并要求连续观测一定时间。根据大量实测资料分析,本规范规定稳定水位的连续观测时间不宜少于 5d,但对渗透性相对较差的微承压含水层,观测时间尚需适当延长。考虑勘察工作周期短,评价承压水对工程的影响需要了解水位的动态变化,故规定工程需要时,宜收集区域长期观测资料。

12.2.4 本次修订第 10 章原位测试中增加了钻孔简易降水头注水试验和钻孔简易抽水试验,利用测试成果计算土层渗透系数的公式已分别纳入第 10.12 节、第 10.13 节。

12.3 地下水评价

12.3.3 由于承压水头具有周期性变化,勘察时的水位与施工期的水位并不一致,因此对深基坑工程进行承压水基坑突涌评价时,应根据现场观测到的承压含水层的水头压力,并参考上海地

区长期水位观测资料综合分析。另外,基坑突涌的因素除与水头有关外,还与承压含水层隔水顶板的土层性质、透水性、埋藏深度、厚度等情况相关。

12.3.4 当渗流梯度 i 大于临界水力梯度 i_{cr} , 就会产生流砂(土)。根据上海地区的经验, 在没有施工措施的情况下, 粉性土与砂土在基坑开挖时均会产生流砂现象。勘察报告对基坑开挖中发生流砂的可能性评价可以定性评价为主。如需要定量评价时, 可参考上海市《基坑工程技术规范》DG/TJ08-61-2010 的相关公式。该规范规定采用直线比例法时, 土体的临界水力梯度可按下式计算:

$$i = h_w / L \quad (12.3.4-1)$$

$$i_{cr} = (G - 1) / (1 + e) \quad (12.3.4-2)$$

式中 h_w —— 土体的渗流水头(m);

L —— 最短渗流路径流线总长度(m);

i_{cr} —— 土体的临界水力梯度;

G —— 土的颗粒比重;

e —— 土的天然孔隙比。

原规范条文说明中判别可能产生流砂现象的 5 个条件与实际工程发生流砂的条件不完全一致, 如黏质粉土也会产生流砂现象, 甚至在黏性土层中会出现流土现象。因此原规范中关于流砂产生的条件, 其中部分内容被证明是不合适的, 故本规范未予列入。

12.3.7 对地下水腐蚀等级微~弱的场地, 可通过地下水试样分析, 确定地下水和地基土对混凝土、钢筋混凝土中钢筋和钢结构的腐蚀性。对地下水污染程度中等及以上的场地, 尚应采取地基土进行专项分析, 以确定地基土对混凝土、钢筋混凝土中钢筋和

钢结构的腐蚀性。

上海地区属于湿润区,按国家标准判定基本为Ⅱ类环境,但根据上海地区的工程实践,上海地区弱透水土层按Ⅲ类环境较符合实际情况,但在沿海区域,由于资料不足,宜按国家标准判定。

本次共收集上海地区 50 多份土层视电阻率的实测资料,最大测试深度为 30m,资料分析显示以下规律:a)粉性土视电阻率比黏性土大;b)在黏性土为主的区域,约 7m 深度段视电阻率相对较大,7m~15m 深度段视电阻率相对较小,15m~30m 深度段视电阻率又稍增;c)粉性土地区,15m 范围内视电阻率相对较大;d)近海区域电阻率很小。不同土性、不同深度的电阻率测试结果的统计见下表:

表 12.3.7 上海地区 30m 深度范围内土层视电阻率统计表

土 层 性 质		视电阻率平均值($\Omega \cdot m$)		
		0m~7m	7m~15m	15m~30m
黏性土地区	最大值	25.0	14.0	17.0
	最小值	12.0	8.0	7.5
	平均值	17.9	10.2	11.3
粉性土地区	最大值	50.0	32.0	22.0
	最小值	14.5	12.5	7.0
	平均值	28.0	22.6	12.7

从上表来看,上海地区浅部土 7m 深度范围内的视电阻率在 $12\Omega \cdot m \sim 50\Omega \cdot m$ 之间。根据国家标准相关条款判定,土壤对钢结构具有强~中腐蚀性;但根据上述资料收集点的地下水水质资料判定,地下水对钢结构的腐蚀性均为弱腐蚀性(近海区域除

外);上海地区的工程经验也表明,一般环境中土(水)对钢结构的腐蚀性确定为弱腐蚀性较为合理。由此看来根据土层视电阻率判定对钢结构腐蚀性结论与上海地区一般环境下的工程经验不太相符。由于影响钢结构的腐蚀性因素较复杂,而目前工程中地下金属管道等一般均经过防腐处理,较难得出确切的不同腐蚀等级的电阻率界限指标,因此,本规范中表 12.3.7-5 是直接引用国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001(2009 版)第 12 章相关规定,未对视电阻率的界限值进行调整。上海地区一般环境条件下土层对钢结构的腐蚀性评价宜根据土层 pH 值、水质分析资料等综合分析判定。

工程实践中发现处于高强度的电磁环境中,金属管道有严重腐蚀的现象;近海工程,土壤含盐量高,视电阻率很小($<2\Omega \cdot \text{m}$),对金属管道易发生腐蚀。涉及该类特殊环境时,可根据土层视电阻率判定对钢结构的腐蚀性,并提出专项研究的建议。

土壤视电阻率的测试及对金属管道的腐蚀性评价需要不断积累地区经验,进行反复验证,为后期规范的修订提供充足的依据。

13 现场检验与监测

13.1 一般规定

13.1.1 现场检验与监测是信息化施工和动态化设计的重要组成部分,是控制工程质量的最后一道关卡,责任重大,也越来越受到政府管理部门及工程参与方的重视。考虑现场检测与监测有专项技术标准或操作规程,本次修订对检验与监测工作内容仅作要点提示,具体实施细则参见相关技术标准或操作规程。

一般而言,工程检验与监测工作随着施工结束而终止,或延续一段时间后终止,如基坑工程监测一般从基坑围护结构施工开始,至地下结构完成为止。但对于轨道交通项目和建(构)筑物长期沉降观测,则根据需要在运营期持续监(观)测,为营运安全提供必要的保障。

13.1.2~13.1.3 为了保证施工的质量与安全,现场检验与监测除了提供真实数据,如实反映检验与监测对象当前性状外,尚宜运用专业知识和工程经验,为工程参与各方提供合理的建议。

13.1.4 检验与监测仪器除了精度、灵敏度、稳定性等满足要求外,尚应定期进行检验、校准。凡规定由法定计量单位进行检验和校准的仪器,必须定期送法定计量单位进行检验和校准。

13.1.5 现场监测的内容,取决于工程及周围环境的情况。一般浅基础如对周围环境影响很小或工程本身无要求,通常不布置监测工作;但对需控制沉降的建(构)筑物须进行沉降观测工作,对挤土桩的沉桩和深基坑工程,应配合基础施工进行监测工作。

随着城市建设的发展,新的施工工法越来越多样化,工程建设对

外界环境的影响越来越复杂。为适应上海地区轨道交通、隧道工程快速发展的需要,结合上海地区软土地基的特点及目前一些常用施工方式和监测手段,在本章中增加了轨道交通和隧道工程监测的相关内容。在执行标准过程中,还需要与相应的安全保护区域的行政管理办法及规范配套实施。上海地区与轨道交通安全保护区域有关的一些主要条例和法规包括:

(1)《上海市轨道交通管理条例》(上海市人大常委会 2006 年修订);

(2)《上海市轨道交通安全保护区暂行管理规定》(沪交法[2002]第 555 号发布,沪交法[2006]第 442 号修正)。

13.1.6 为了能准确判断和分析监测对象的状况,监测工作量的布置应能真实反映监测对象的变形和受力状态,才能对其进行有效监控。现场监测的内容,取决于工程及周围环境的情况。

13.1.7 规定监测点应在足够稳定时间后测定初始值,目的是为了获得相对稳定的初始值,当初始值的数值变化幅度相对于该监测项目的报警值所占比值很小时,可认为其相对稳定。

13.1.8 现场检验报告必须真实可靠,当工程需要时,应对检验中发现的异常情况进行原因分析。监测成果包括日报、阶段报告和最终报告,监测报告必须真实、可靠地反映监测项目的观测成果,并及时报送相关单位。日报表中应注明相应工况、天气情况和周边环境的变化情况,如遇需要报警的情况,应对观测资料进行综合分析研究,保证数据无误后在最短时间内通报相关单位,以便采取相应措施。

13.2 现场检验

13.2.1 本条规定了现场检验工作的基本要求,在满足测试数量要求情况下,检测点应具有代表性。对测试方法应进行充分论证,如果采用单一的检验手段和方法无法进行判断时,则应采用综合方法,通过测试信息相互补充和验证,以保证方法的适宜性。面对复杂岩土工程问题,影响因素是多方面的,需要结合地层特征、施工工法等综合判断检测结果。

13.2.2 对于工程中的辅助轻型建(构)筑物,一般采用天然地基,当勘察时设计方案尚未确定或后期进行调整,造成勘察资料不足时,应特别重视施工阶段的基槽(坑)检验工作。

13.2.3 处理土地基是指经过地基处理仅改变土的密实度和含水量,土中没有置入其他材料的地基。

13.2.4 复合地基及强夯置换墩地基检验包括三个部分:桩间土检测、置换桩检测和桩土共同作用检测。

复合地基检验时应注意试验标高,尽量与实际工作标高相近。当其试验条件与实际工作状态不一致时,检验成果应进行判别分析并作必要的修正。

13.2.5 桩基检验可按国家和地方的基桩检测规范进行。

13.3 现场监测

13.3.1 本条为现场监测技术的一般要求。

1 每个工程项目都有各自的特殊性和差异性,监测方法选择必须考虑这些因素,并采用适用的监测方法,以获得有效及可靠的实测数据。

2 不同类型工程有着不同影响范围,如基坑工程监测范围

宜达到基坑边线以外 2 倍以上的基坑深度。盾构法施工的监测范围应考虑工程所处区域的环境条件、土层条件、水文地质条件、隧道埋深、施工工况等因素,监测点布置应能反映监测对象的变形特征。在轨道交通保护区内施工,尚应符合《上海市轨道交通安全保护区暂行管理规定》中相关要求。

3 监测时尽可能在相同的作业方式下实施,有利于将监测中的系统误差降低至最小,达到提高监测精度的目的。

4 监测过程中有经验的技术人员通过肉眼巡检可及时发现异常情况,并根据已有经验帮助分析判断监测数据,将定性的巡视记录和定量的监测数据有机结合起来,可以更加全面地判断工程的实际状况,有效避免和减少工程事故的发生。

5 基准点如果数据不稳定或被破坏,将对监测工作带来很大的影响,导致数据不连续或无法解释,甚至可能直接威胁到工程的安全,故基准点应设置在基坑开挖、沉桩、堆载、降水等施工的影响范围之外,并且易于保护的稳定位置。定期联测可及时判断基准点的稳定情况。

6 监测是在岩土工程(或地下工程)及其有关工程施工及使用阶段,对工程本体及周边环境实施的量测和监视工作,其目的就是保证工程和环境安全,完善设计理论。监测报警值是监测工作的实施前提,是监测期间对监测对象安全状态判断的重要依据,而监测对象的允许承受能力需要设计方及主管部门确定。当项目的报警指标不明确时,可参照上海市《基坑工程施工监测规程》DG/TJ08—2001 等规范的相关条款执行。

7 工程监测的监测频率应根据施工进度情况确定,如果基坑开挖速度较快或其他施工工况引起速率变化较大时,应加密监测频率,直至实施跟踪监测。

8 由于轨道交通工程、保护建筑及城市重要管线等都有其特殊的要求和技术标准,各管理部门根据保护工作的需要,也相应地制定了一些相关的法规和标准,在监测工程实施过程中应遵循相关法规、条例和规范的要求。

13.3.2 本条适用于挤土桩沉桩工程的监测。

1 沉桩施工阶段,容易引起土体位移,导致相邻建(构)筑物发生变形或倾斜,地下设施、煤气管道、给排水管道等发生位移或挠曲,甚至引起开裂或破坏。因此应进行土体位移、孔隙水压力、振动等各项监测工作,以判断施工过程中的安全程度,并视其变化规律和发展趋势,提出诸如调整打桩流程、控制沉桩速率、施工暂停等相应的建议。

4 当沉桩过程中,软弱土层中孔隙水压力急剧增加时,会引起该位置土层发生位移,对周围建(构)筑物和设施产生危害,因此沉桩引起孔隙水压力增量与上覆土层有效压力之比达到 60% 时,应及时报警。

6 振动测点一般布置在振动较强区域内的建(构)筑物基础上,振动监测系统应能记录监测对象的振动速度、频率和持续时间,以振速和频率作为综合判据。噪音的控制标准和监测方法可分别按现行国家标准《建筑施工场界噪声限值》GB 12523 和《建筑施工场界噪声测量方法》GB 12524 执行。

13.3.3 本条适用于基坑工程的监测。

1 基坑工程监测目的既要保证基坑的安全,也要保证周边管线、建(构)筑物、市政道路等的安全与正常使用,因此需要将监测数据与设计值进行对比分析,作为下步工序施工的依据之一,以此达到信息化施工的目的。

2 对于变形和受力变化较大的部位及周边环境中需要重点

保护的区域,应适当加密监测点,以满足能更加准确及时地反映重点监测对象实际状况的目的。不同监测内容尽可能布置在同一剖面或附近,以便于监测数据变化趋势之间能相互印证。

3 测斜仪的系统精度不宜低于 0.1mm/m ,观测时当以上部管口作为深层侧向变形起算点时,每次均应测定管口坐标的变化并修正。

4 每组结构内力测点的监测元件的精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ 。

5 水准测量和水平位移测量的技术要求应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定。

6 土压力监测适用于基坑等挡土结构侧壁的土压力变化。土压力计可采用钢弦式传感器,允许偏差为 $\pm 1.0\text{kPa}$ 。

7 水位监测的精度允许偏差为 $\pm 1.0\text{cm}$ 。

8 逆作法施工时,承担上部结构荷载的立柱桩应重点监测,严格控制立柱桩之间的变形差异。

13.3.4 本条适用于地基加固工程的监测。

1 堆载预压工程中,应通过监测及时发现地基土中应力和位移变化,以控制堆载速率,防止地基发生整体剪切破坏和过大的塑性变形。

3 在地基加固期间应及时整理位移、孔隙水压力与时间等关系曲线,分析地基加固的效果和变形发展规律,为信息化施工提供依据。

13.3.5 本条适用于盾构法隧道施工的监测。

1 盾构法施工时将不可避免地扰动周围土体,引发地表沉降,进而引起周边建(构)筑物和管线等发生变形;同时隧道结构在外界水土压力作用下及顶推、注浆等施工活动中,也会产生一

定的变形,因此在盾构法施工过程中应通过对土体、环境、隧道结构的变形进行监控,不断调整盾构推进过程的施工参数,达到保护周边环境和工程自身安全的目的。

2 在盾构始发段及地质或环境复杂区域,宜进行盾构施工参数的优化和调整,故需要布设横向的监测断面,并适当加密监测布点。

3 隧道结构断面如变形过大,会出现管片衬砌发生破损、渗漏等病害,严重时甚至会危及隧道结构的安全。隧道结构收敛测点位置确定在拱顶、拱底及两侧拱腰处,可满足计算衬砌环椭圆度的要求。

13.3.6 本条适用于建(构)筑物的垂直位移监测。

1 为沉降资料的完整性,从基础施工开始观测。如设置地下室桩基工程,宜获得基础开挖回弹再压缩的沉降资料。

2 观测前应在被观测建(构)筑物周边埋设 3 个专用水准点,其深度宜与基础埋设深度相同,应定期联测以检验其稳定性。水准点不宜离被测建(构)筑物过远,一般不超过 100m;也不宜离被测建(构)筑物过近,专用水准点离被测建(构)筑物的最近距离,可按经验公式(13.3.6)估算:

$$L = \sqrt{10s_{\infty}} \quad (13.3.6)$$

式中 L —— 水准点离被测建(构)筑物的最近距离(m);

s_{∞} —— 受测建(构)筑物最终沉降量计算值(mm)。

专用水准点设置的精度应符合二等水准测量精度要求,其闭合差为 $\pm 0.3\sqrt{n}$ mm(n 为测站数)。严禁任意改用水准点和更改其标高,以保证沉降观测资料的连贯性。

根据工程经验,沉降监测点的布设需要考虑以下情况:

(1)建(构)筑物的角点、中点及沿周边每隔 6m~12m 宜布设

一点,当其宽度大于 15m 时,尚宜在内部承重墙(柱)上布点;

(2)圆形、多边形的建(构)筑物宜按纵横轴线对称布点;

(3)基础类型、埋深和荷载有明显不同处宜布点;

(4)建(构)筑物沉降缝、高低层连接处的两侧、伸缩缝的任一
侧宜布点;

(5)工业厂房各轴线的独立柱基上宜布点;

(6)重型设备基础和动力基础的四角宜布点;

(7)箱型基础底板的四角及中部宜布点;

(8)基础下有暗浜或基础局部加固处及地基土变化处宜
布点。

3 建(构)筑物水平位移监测点布置应结合建(构)筑物基础型式、外部形状及结构特点等因素综合考虑,一般应布置在墙角、外墙中间部位、承重柱、结构缝两侧等部位,每侧墙体的监测点不宜少于 3 点。建(构)筑物倾斜测点宜布置在建(构)筑物角点或伸缩缝两侧承重柱,上、下部成对设置。

建(构)筑物裂缝监测点应选择有代表性的裂缝进行布置,应在裂缝的首末端和最宽处各布设 1 对监测点。

14 岩土工程分析评价

14.1 一般规定

14.1.1~14.1.4 主要提出岩土工程分析评价所需的基本条件以及主要工作思路,岩土工程分析评价应重视搜集类似的工程经验,重视原型试验的测试结果,并注意土体的不均匀性、软土的时间效应和不同施工工况均可造成土性参数的不确定性。

14.2 分析评价的基本要求

14.2.1~14.2.14 本次规范修订的适用范围已扩大到建筑工程、市政工程、港口工程和水利工程,条文依据各类工程的特点提出了详细勘察阶段需要进行岩土工程分析评价的主要内容。在分析评价中应根据工程特性,结合场地的岩土条件及周围环境,做到重点突出、针对性强。分析评价内容分为基本内容与专项内容两类,专项分析评价内容是根据工程的特殊需要,由建设单位或相关单位进行专项委托,一般情况下勘察成果报告仅作基本内容的分析与评价。

14.3 地基土参数统计

14.3.1~14.3.7 关于土性参数的统计原则与取值问题,应按工程地质单元、区段及层位分别进行统计;在统计中,应根据已有经验和数据的离散程度,对子样进行适当取舍。当土性参数离散性较大时,应进行具体分析并查找原因,尤其对分层、地质单元划分是否合理等方面进行复核,酌情处理,并提出建议值。抗剪强度

指标统计时,当指标样本数足够多,宜剔除误差大的样本,使变异系数满足小于 30%的要求,然后取平均值作为计算值;当删除误差大值后样本数不足时,宜直接取小值平均值作为计算值。

根据水利工程的建设经验,在一、二级堤防和水闸工程中,土的抗剪强度指标宜采用小值平均值,三级及三级以下堤防和水闸可采用算术平均值。

14.4 天然地基承载力确定

14.4.1 为了与上海市《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 相协调,本次规范修订对天然地基承载力确定方法作相应调整。需要说明的是,上海市《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 修订中,地基承载力计算中荷载效应采用分项系数为 1.0 的基本组合,而原规范(DGJ08—11—1999)中的地基承载力计算荷载效应采用恒载分项系数 1.2、可变荷载分项系数 1.4 的基本组合,因此 2010 版的地基承载力设计值与 1999 版虽名称相同,但在数值上是有差异的。由于分项系数为 1.0 的基本组合与标准组合在数值上接近,因此规范修订后的地基承载力设计值在数值上与国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中的承载力特征值大体相当。

为提高勘察技术水平,除采用直剪固快强度指标确定天然地基承载力设计值外,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,应综合分析加以确定,并说明其适用条件。

14.4.2 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,对重要工程宜进行一定数量的载荷试

验,根据载荷试验的 $p \sim s$ 曲线特征确定地基承载力。

遵循保持原有安全水准不变的原则,综合考虑上海地区的工程经验,上海地区采用载荷试验确定天然地基承载力设计值的抗力分项系数 γ_R 取 2.0。

参考上海地区地基容许承载力计算中对于深度埋深项的考虑,本次规范修订对载荷试验结果进行深度修正,取天然地基极限承载力标准值为 $f_k = f_{kt} + 2\gamma_0 d$,与上海市《地基基础设计规范》(2010 版)保持一致。

在实际工程中,地基承载力的选用应充分考虑上海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差异(尺寸效应)的影响。

14.4.3 采用室内土工试验直剪固快指标按《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 计算地基承载力时,应注意室内试验获得的 c 、 ϕ 值有一定的离散性,特别是黏性土夹砂的土层,离散性大,导致计算的地基承载力有差异。实际工程中,可根据土工试验成果、场地静探成果及地区经验综合分析确定。

对于黏性土尚可采用无侧限抗压强度 q_u 或三轴 UU 抗剪强度 c_u 计算。经对上海地区土的力学性指标统计以及类似工程经验比较,建议推荐条文中公式(14.4.3—1)、(14.4.3—2)计算较为合理。

(1) 计算公式的选用

地基承载力的计算公式较多,大多是半理论半经验的方法,在工程实践中对于饱和软黏性土($\phi=0$)常用理论及半经验半理论公式如表 14.4.3—1。

表 14.4.3-1 地基承载力计算常用公式

地基状态	名称	常用公式	备注
临塑荷载	上海经验	$R = \gamma D + (2 \sim 3)c$	R —— 容许承载力(kPa); p_{cr} —— 临塑荷载(kPa); p_u —— 极限荷载(kPa); γ —— 土的重度(kN/m ³); c —— 饱和黏性土的不排水抗剪强度(kPa); D, B, L —— 分别为基础埋深、宽度和长度(m);
	理论公式	$p_{cr} = \gamma D + \pi c$	
极限荷载	K. Terzaghi Hansen, J. B	$p_u = \gamma D + 5.14c$	
	Skempton	$p_u = \gamma D + 5c(1 + 0.2B/L)(1 + 0.2D/B)$	

上述理论公式除 Skempton 的以外,其余均按条基考虑。对于矩形或圆形基础来说,其计算结果是偏于安全的,对极限荷载的公式 c 项系数 5.14 除以地基分项系数 2.0 后,约为 2.57,这与上海地区经验公式均值 2.5 较为接近,故本公式的系数采用 2.5。但须说明,如采用无侧限抗压强度 q_u 或三轴 UU 抗剪强度 c_u 计算 f_d 时,其试验土样质量应采用 I 级,否则由于取土扰动而使指标明显偏小。

(2)对上海地区已有资料进行校核,与上海市规范《地基基础设计规范》DGJ08-11-2010 规范及原位测试所求得的地基承载力设计值基本一致。如表 14.4.3-2 所示。

表 14.4.3-2 上海地区主要土层承载力设计值 f_d 的校核

土 层	重度 (kN/m^3)	c (或 $q_u/2$) (kPa)	$f_d = \gamma D + 2.5c$ (kPa)	备 注
②褐黄色黏性土	18.5	30~45	89~126	假定:基础埋 深 $D=1.0\text{m}$, 地下水位埋 深为 0.50m
③灰色淤泥质粉质黏土	17.5	20~30	63~88	
④灰色淤泥质黏土	16.5	18~28	57~82	
⑤ ₁ 褐灰色黏性土	18.0	35~50	101~138	

(3)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设计值的影响。

依据基础下持力层厚度 h_1 与基础宽度 b 之比的 4 种不同情况,分别采用不同平均强度指标进行计算,条文中公式(14.4.3-1)~(14.4.3-2)中 c_u 或 q_u 可按下列条件确定:

a)持力层厚度 h_1 与基础宽度 b 之比 $h_1/b > 0.7$ 时不计下卧层影响,可按式确定:

$$c_u = c_{u1} \quad (14.4.3-3)$$

$$q_u = q_{u1} \quad (14.4.3-4)$$

式中 c_{u1} ——持力层的三轴不固结不排水抗剪强度标准值(kPa);

q_{u1} ——持力层的无侧限抗压强度标准值(kPa)。

b)当 $0.5 \leq h_1/b \leq 0.7$ 时,可按式确定:

$$c_u = (c_{u1} + c_{u2})/2 \quad (14.4.3-5)$$

$$q_u = (q_{u1} + q_{u2})/2 \quad (14.4.3-6)$$

式中 c_{u2} ——软弱下卧层的三轴不固结不排水抗剪强度标准值(kPa);

q_{u2} ——软弱下卧层的无侧限抗压强度标准值(kPa)。

c) 当 $0.25 \leq h_1/b < 0.5$ 时, 可按下式确定:

$$c_u = (c_{u1} + 2c_{u2})/3 \quad (14.4.3-7)$$

$$q_u = (q_{u1} + 2q_{u2})/3 \quad (14.4.3-8)$$

d) 当 $h_1/b < 0.25$ 时不计持力层影响, 可按下式确定:

$$c_u = c_{u2} \quad (14.4.3-9)$$

$$q_u = q_{u2} \quad (14.4.3-10)$$

14.4.4 依据原位测试参数按经验公式确定地基承载力是上海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的地基土力学特性, 尤其对较难取得原状土试样的粉土、砂土与填土具有明显的优点, 应积极提倡和鼓励运用到工程设计中去, 故本次修订中仍保留了原规范地基承载力计算的经验公式。

为了与上海工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ08-11-2010 接轨, 本次修订中取消了地基承载力基本值 f_0 的表述, 在式 (14.4.4-1) 中引入天然地基极限承载力标准值 f_k 。地基极限承载力标准值与地基承载力基本值的关系为 $f_k = 2 \times (0.9f_0)$, 表 14.4.4 也做相应的调整。

为能反映基础的性质如埋深、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 时可按公式 (14.4.4-1) 进行修正后确定地基土承载力设计值。

考虑下卧层对地基承载力设计值的影响 (即双层地基体系), 依据基础下持力层厚度 h_1 与基础宽度 b 之比不同 (4 种情况: $h_1/b > 0.7$, $0.5 \leq h_1/b \leq 0.7$, $0.25 \leq h_1/b < 0.5$, $h_1/b < 0.25$), 分别采用不同公式进行计算, 确定地基承载力设计值。

14.4.5 根据已有工程经验采用土性类比法确定地基承载力设计值 f_d 时, 应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条件、荷载条件、基础条件以及上部结构等

的相似性、差异性,提出地基承载力设计值的建议值以及使用条件。

14.5 桩基承载力确定

14.5.1 根据上海地区工程经验,采用可靠的原位测试参数进行单桩极限承载力估算,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。对重要的大型桩基工程或场地地质条件较复杂时,宜在桩基施工前进行现场的静载荷试验确定单桩极限承载力标准值。为充分发挥地基土的潜力,在确保桩身强度不破坏的条件下,应尽可能使试桩加载至地基土支承力达极限状态。

14.5.2 采用静探方法确定单桩承载力,已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,故本次修订未对计算公式作调整,主要修改内容包括:

(1)与《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 协调,表 14.5.2—2 中 γ_s 、 γ_p 的各项参数进行了调整。需要说明的是,该规范单桩承载力验算中荷载效应采用分项系数为 1.0 的基本组合,而原规范(DGJ08—11—1999)中的荷载效应采用恒载分项系数 1.2、可变荷载分项系数 1.4 的基本组合,因此 2010 版的桩基承载力设计值与 1999 版虽名称相同,但在数值上是有差异的。由于分项系数为 1.0 的基本组合与标准组合在数值上接近,因此规范修订后的桩基承载力设计值在数值上与国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50011 中的承载力特征值大体相当。

(2)本规范第 3 章工程地质条件修订时,已将湖沼平原地区 I-1 区浅部暗绿~草黄色黏性土及灰色粉性土或粉砂层的土层序号作调整,条文第 4 款表述作了相应调整。

14.5.3 旁压试验方法既能获得土的强度特性,还可测得土的变形特性,其优点是在以土体原状条件下且受力体积较大为试验依据的,能模拟实际基础的受力性状。其结果常常能直接用来预测地基土强度、变形特性,且适用性较广,采用旁压试验估算单桩竖向极限承载力在国外应用已相当普遍,法国 1985 年 (SETRA-LCPC1985) 规程中的建议方法较为适用上海地区,经适当修改,可估算桩周土极限摩阻力和桩端土极限端承力。

原规范修订过程中,做了相关的研究与对比,旁压试验成果估算单桩极限承载力与静力触探试验方法相比,其估算精度相当;与试桩结果相比,其相对误差一般小于 $<15\%$,接近试桩的实测值(图 14.5.3)。

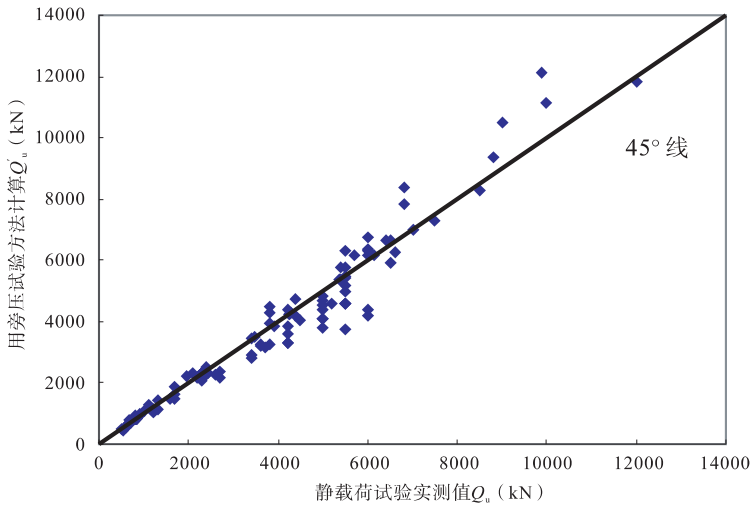


图 14.5.3 静载荷试验实测值与用旁压试验方法计算值比较
(样本数 133 组)

14.5.4 当采用原位测试方法估算钻孔灌注桩的单桩竖向极限

承载力标准值时,根据上海地区大量工程经验,其承载力大小除地层条件外,还与成孔工艺、成孔速度等很多因素有关。需要说明的是,条文中规定桩周土极限摩阻力 f_s 宜为打入式混凝土预制桩的 0.7~0.8 和桩端土极限端承力 f_p 可为打入式混凝土预制桩的 0.3~0.4,是指在确保成桩质量的前提下,当成桩质量不保证时,即使相同地质条件、桩径与桩长的钻孔灌注桩,其极限承载力变化也很大。因此单桩极限承载力最后应通过单桩静载荷试验确定。

14.5.5 依据土性确定各层土的桩周极限摩阻力和桩端处土的极限端承力参数,与原规范基本一致。本条主要修订内容包括:

(1)与《地基基础设计规范》DGJ08-11-2010 协调一致,采用的分项系数 γ_s 、 γ_p 已调整;

(2)考虑湖沼平原 I-1 区第⑥层土的埋深及性质与滨海平原区有明显差异,表 14.5.5 中将桩侧极限摩阻力和桩端极限端阻力分别列出,并注明湖沼平原 I-2 区第⑥层侧极限摩阻力和桩端极限端阻力取值可参考滨海平原区。

(3)根据上海地区大量试桩资料,对于桩径小于等于 600mm 的预应力空心桩,其桩端阻力不需要折减;而桩径大于 600mm 的预应力空心桩,工程应用较少,其桩端阻力可根据行业标准《建筑桩基设计规范》JGJ 94-2008 的相关规定进行折减。

14.5.7 目前在上海地区桩端后注浆灌注桩的使用越来越广泛,从现有静载荷对比试验资料分析,桩端后注浆灌注桩的极限承载力与常规灌注桩相比,提高幅度大多为 20%~50%,个别甚至超过 100%。考虑单桩承载力的提高幅度与土层特性、注浆方法等条件密切相关,难以统一规定提高的幅度值,因此规定桩端后注浆灌注桩单桩承载力应根据静载荷试验结果确定。

14.5.8 本条规定宜通过现场竖向抗拔静载荷试验确定单桩竖向抗拔承载力设计值。当没有进行单桩竖向抗拔静载荷试验时,单桩竖向抗拔承载力设计值可按公式(14.5.8)进行估算。本条文修订主要包括:

(1)上海市《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 修订时,收集了上海地区 50 余根桩的静载荷抗拔试验资料,从收集资料可看出,原 1999 版《地基基础设计规范》中桩的抗拔承载力系数 λ 取值明显偏低,因此作适当调整。本规范表 14.5.8 桩抗拔承载力系数 λ 取值标准与《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 保持一致;

(2)抗拔承载力分项系数调整为 2.0。

14.5.9 单桩水平承载力取决于桩型、截面、刚度、入土深度、土质条件、桩顶容许水平位移和桩顶是否嵌固等因素。静载荷试验能比较真实地反映影响单桩水平承载力的各种因素,是确定单桩水平承载力较可靠的方法,故本次规范修订,规定单桩水平承载力宜根据静载荷试验确定。

14.5.10 近年在不少填土较厚的住宅区、新吹填区厂房建筑常出现由于负摩阻力导致桩基承载力不足、建筑物沉降偏大现象,由于负摩阻力造成问题应引起重视。

14.6 地基变形验算

14.6.2 考虑与上海市《地基基础设计规范》DGJ08—11—2010 协调,对原规范计算天然地基沉降的公式进行局部修改,原规范计算公式中的沉降计算经验系数 ψ_{s1} 和 ψ_{s2} 分别考虑基底附加压力与土性的修正,本次修订沉降计算经验系数 ψ_s 根据基底附加压力及基础下 1 倍宽度深度范围内土层加权平均压缩模量 \bar{E}_s 综合

确定。

14.6.3 本次修订将原规范中考虑土的应力历史方法估算地基沉降量的计算公式纳入条文说明。

实际工程中可根据正常固结土、超固结土、欠固结土分别按式(14.6.3-1)~(14.6.3-5)计算地基固结沉降量:

(1)正常固结土:

$$s_c = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1+e_{0i}} \left[C_{ci} \log \left(\frac{p_{1i} + \Delta p_i}{p_{1i}} \right) \right] \quad (14.6.3-1)$$

式中 ψ_s ——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;

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_{ci} ——第*i*层土的压缩指数。

(2)超固结土:

当 $\Delta p_i > p_{ci} - p_{1i}$ 时:

$$s_{cn} = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1+e_{0i}} \left[C_{si} \log \left(\frac{p_{ci}}{p_{1i}} \right) + C_{ci} \log \left(\frac{p_{1i} + \Delta p_i}{p_{ci}} \right) \right] \quad (14.6.3-2)$$

当 $\Delta p_i \leq p_{ci} - p_{1i}$ 时:

$$s_{cm} = \psi_s \sum_{i=1}^m \frac{h_i}{1+e_{0i}} \left[C_{si} \log \left(\frac{p_{1i} + \Delta p_i}{p_{1i}} \right) \right] \quad (14.6.3-3)$$

地基总沉降量:

$$s_c = s_{cn} + s_{cm} \quad (14.6.3-4)$$

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

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

C_{si} —— 第 i 层土的回弹指数;

p_{ci} —— 第 i 层土的先期固结压力 (kPa);

其余符号意义同上。

(3) 欠固结土:

$$s_c = \psi_s \sum_{i=1}^m \frac{h_i}{1 + e_{0i}} \left[C_{ci} \log \left(\frac{p_{1i} + \Delta p_i}{p_{ci}} \right) \right] \quad (14.6.3-5)$$

式中符号意义同上。

14.6.5 随着深基坑工程逐渐增多, 由于基坑回弹造成的影响越来越显著, 如由于深基坑开挖引起的土体回弹造成了工程桩开裂, 或引起基坑围护立柱隆起、周围土体变形显著增大等应引起重视。基坑回弹量的大小与基坑底部的土层性质、基坑的规模、基坑下部是否设置桩及桩的间距等诸多因素有关。目前深基坑工程土体回弹的实测资料也不多, 要准确估算基坑回弹量尚有一定困难, 需要结合工程实践不断积累资料, 供规范修订时参考。

14.6.6 桩基沉降由桩间土的变形、桩身弹性压缩和桩尖下土的变形三部分组成, 对于纯桩基, 由于前两者比例很小, 因此估算的桩基沉降系指桩尖下土的变形。关于桩基最终沉降量估算, 在详勘阶段一般采用实体深基础方法估算, 如有详细荷载分布图和桩位图, 也可采用 Mindlin 应力解的单向压缩分层总和法估算。但从大量工程沉降实测资料统计分析, 其沉降估算值与实测值仍有一定的差异, 造成的原因包括:

(1) 未考虑桩侧土的作用, 即沿桩身的压力扩散角, 而实际上

尽管上海浅层软土的内摩角较小,但或多或少存在着一定的桩侧摩擦力,且随桩的深度增加,土质渐变硬,摩擦力也增大。随着桩端入土深度的加大,导致计算所得的作用在实体深基础底面(即桩端平面处)的有效附加压力偏大,相应地桩端平面处以下土中的有效附加压力也偏大;

(2)在计算桩端平面处以下土中的有效附加压力时,采用了弹性理论中的 Mindlin 或 Boussinesq 应力解,与土性无关(土层的软弱、土颗粒的粗细等)可能使实际土体中的应力与计算值不相符,也导致计算应力偏小或偏大,在软黏性土和密实砂土中尤为突出;

(3)确定地基土的压缩模量是一个关键性的问题。根据目前的勘察水平,原状土样采取时受到扰动,地基土的压缩模量难以合理确定,特别是粉性土、砂土扰动程度更大,导致地基土的压缩模量失真;

(4)上海地区第⑤、⑧层黏性土一般具有超压密性($OCR > 1$),尤其是第⑧层黏性土地质时代属 Q_3 ,据一些工程试验数据(采用薄壁取土器),其 OCR 一般为 $1.25 \sim 1.4$ 。

如不考虑这些因素,势必造成沉降量估算值偏大。为提高桩基沉降估算精度,桩基沉降估算经验系数应根据类似工程条件下沉降观测资料和经验确定;计算参数(如 E_s)宜通过原位测试方法取得或通过建立经验公式求得;当有工程经验时,可采用国际上通用的旁压试验等原位测试方法估算桩基沉降量。

14.6.7 为估算桩基沉降量,本条规定应提供土层分层压缩曲线及相应压力段压缩模量 E_s ,当无法或难以采取原状土样的土层(如第⑦、⑨层砂土等),可根据原位测试成果按条文中表 16.6.7 经验公式确定。

14.6.9 行业标准《高层建筑岩土工程勘察规程》JGJ 72—2004 修订时,提出了根据旁压试验、静力触探试验或标准贯入试验等原位测试方法估算群桩基础沉降量(简称“高规方法”),其原理是采用简化的三角形应力分布形式和原位测试结果等代室内土工试验压缩模量,经过应力修正后估算变形量,经过近年来全国不同地区、不同地质类型高层建筑估算值与实测结果之间对比验证后发现,该方法具有计算简单,概念明确,精度高,适合手工计算等优点,能较好反映基础沉降的真实情况,在上海地区应用后反响较好。本次规范修订将采用静力触探试验或标准贯入试验方法估算桩基沉降作为修订内容之一。

为了提高计算方法的科学性与适用性,本次搜集了上海地区近 200 项工程的沉降实测资料,资料分布范围遍及上海各主要地貌单元,建筑物荷载幅度、桩长、桩型基本涵盖了上海地区工程应用范围,具有良好的代表性。通过对大量工程实测资料的分类统计与专题研究、认为对于桩侧有一定厚度硬土(硬塑状黏性土或中密以上砂土、粉性土)情况下沉降量应适当折减,其余情况可不作调整。

本次修订确定的桩基沉降估算经验系数取值:桩基沉降估算经验系数 ψ_s ,有条件时,应根据类似工程条件下沉降观测资料和经验确定。无相关经验时,当桩侧土有层厚 $H \geq 0.3B$ (等效基础宽度)的硬塑状的黏性土或中密~密实砂土时, $\psi_s = 0.75 \sim 0.85$; 其余情况 $\psi_s = 1.0$ 。对本次确定的沉降估算方法进行可靠度初步分析,可靠性符合要求。

对上海地区 189 幢建筑物沉降计算结果按上述方法修正,并与实测结果对比,结果如下图。计算沉降与实测沉降比值频率分布情况如下图所示。

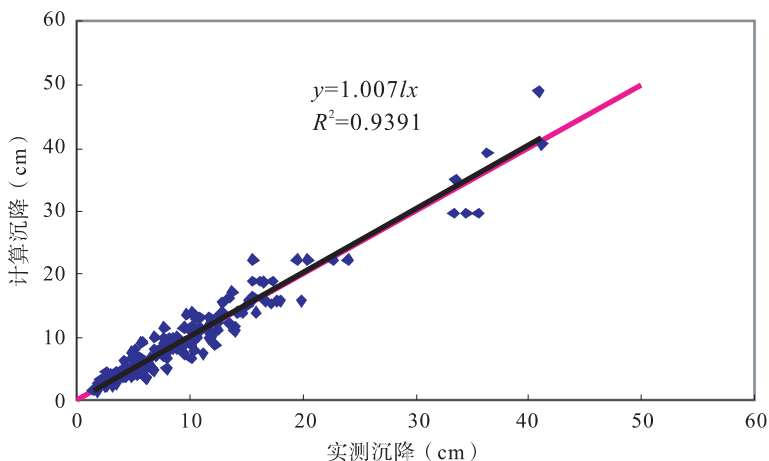


图 14.6.9-1 实测沉降与计算沉降对比散点图

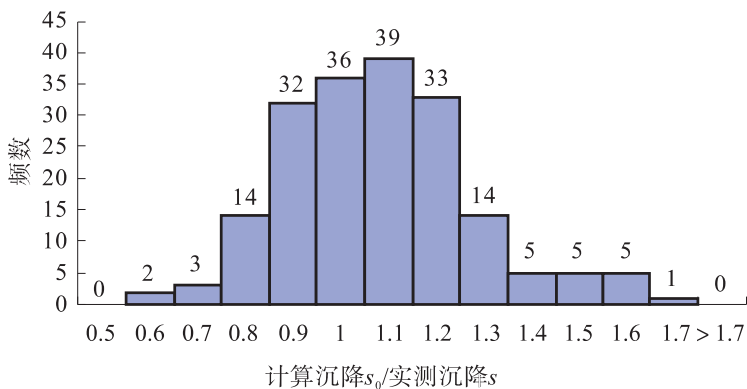


图 14.6.9-2 计算沉降与实测沉降比值频数分布图

从图 14.6.9-1、图 14.6.9-2 中可见,计算值与实测值比值平均值为 1.03,标准偏差为 0.20,偏于安全,按截距为 0 进行最小二乘法拟合的相对误差为 0($r^2=0.94$)。相对误差在 20%以内的有 140 项,占总数(189 项)的 74%,按 80%置信度控制的置信区

间为[1.02, 1.05],按 90%置信度控制的置信区间为[1.03, 1.08]。将该数值与未修正前对比如下图 14.6.9-3。

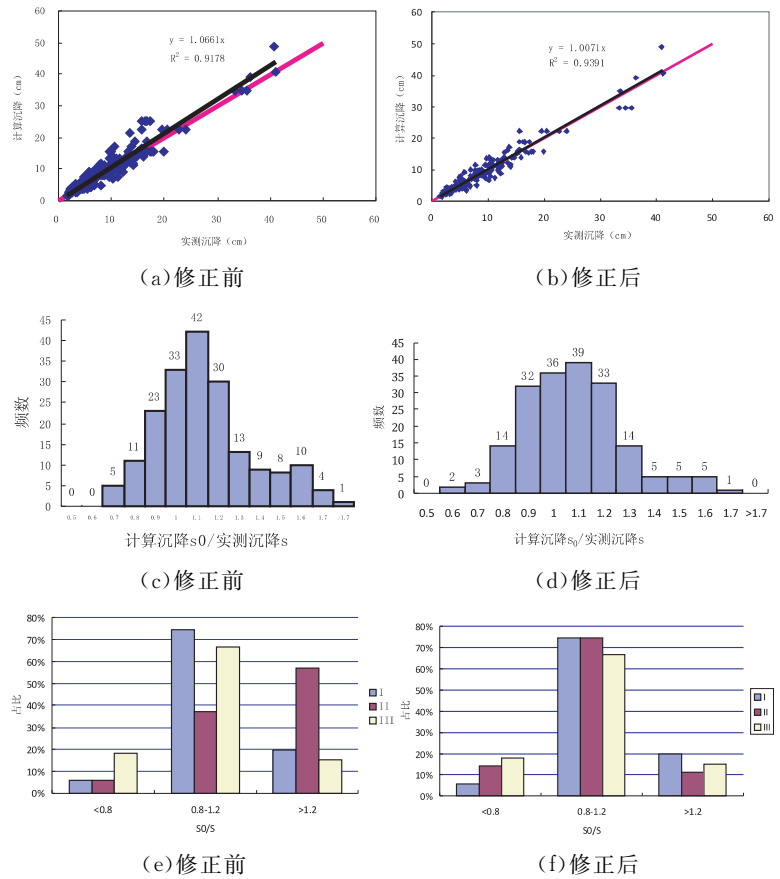


图 14.6.9-3 修正前后对比

从桩侧土性修正前后计算沉降与实测沉降对比散点图以及频率分布图可见,修正后实测沉降与计算沉降比值更接近,在 45°线(比值为 1.0)上的集中程度明显增大,尤其在计算沉降在 20cm

以内范围段。从目前工程设计及建筑物使用要求而言,一般要求建筑物最终沉降控制在 15cm~20cm 以内,因此该范围内计算结果与实测结果更吻合将更具有实际指导意义,修正后方法效果良好。而从频数分布图中可见,主要特征表现为比值较大区段频数明显减少了,向比值平均值集中靠拢。说明按该方法在保证精度情况下,可进一步减少误差。从修正后比值分布占比与修正前对比看,各类桩侧土分布更趋向均匀、合理。

15 岩土工程勘察成果文件

15.1 一般规定

15.1.1 岩土工程勘察成果文件(即勘察报告)是勘察工作的最终成果,是工程设计与施工的依据。岩土工程勘察报告应依据建筑物的特点、地层条件和特性、周边环境等做出有针对性的岩土工程评价,避免千篇一律。

15.1.2 岩土勘察成果文件所依据的原始资料是第一性资料,应真实可靠,严禁弄虚作假,否则成果文件的可靠性无法保证。勘察报告提供的岩土参数应在剔除不合理、异常或离散数据的基础上,经综合分析后提出,以确保提供的数据可靠。勘察报告应结合工程特点和场地地基土条件,对设计与施工可能涉及的岩土工程问题进行针对性评价,并作出明确的结论,提出相关合理建议。

15.2 成果文件

15.2.2 本条是勘察报告的基本技术要求。本次修订在第2款增加了阐述周边环境的要求。

15.2.4 经专项委托开展的专项调查、勘察与咨询工作,需要提供专题报告。考虑原规范第3款提及的“工程场地地震安全性评估报告”不属于岩土工程勘察范畴,故取消。本次修订根据工程建设与环境保护的实际需要,增加了水文地质专项勘察报告、周边环境专项调查报告以及污染土专项勘察报告。