山东土地菏泽科技产业园

岩 土 工 程 勘 察 报 告

山东省鲁南地质工程勘察院 二 O二 O年七月

# 工程名称：山东土地菏泽科技产业园岩土工程勘察

# 工程编号：19－031－2020

勘察阶段：详 勘

法人代表：乐江华 批 准 人：陈占成 审 定 人：罗学俊 审 核 人：袁文雷 项目负责人：李振生

勘察单位：山东省鲁南地质工程勘察院 日 期：二 O二 O年七月

目 录

[**1 概况** 4](#_TOC_250004)

1.1 目的任务 4

1.2 拟建物概况 4

1.3 勘察依据 5

1.4 工作量布置及完成工作量 6

[**2 场区自然条件** 9](#_TOC_250003)

2.1 地理位置及交通 9

2.2 地形地貌 9

2.3 气候 10

2.4 水文 10

2.5 地下水 10

2.6 地下水与土的腐蚀性 11

2.7 区域地质构造及新构造活动与地震 12

[**3 场地的稳定性及适宜性评价** 14](#_TOC_250002)

3.1 不良地质作用 14

3.2 稳定性及适宜性 14

4 场区土层分布及其物理力学性质 14

[**5 岩土工程分析与评价** 20](#_TOC_250001)

5.1 岩土参数的分析与选用 20

5.2 地基土力学性质分析 20

5.3 地基土承载力特征值 21

5.4 地基均匀性评价 21

5.5 抗震设防类别 23

5.6 场地土类型及建筑场地类别 23

5.7 地震效应 23

5.8 液化判别 23

5.9 天然地基强度评价 27

5.10 复合地基评价 27

5.11 桩基评价 29

5.12 基坑工程评价 33

5.13 地下室抗浮评价 34

5.14 基坑降水 35

5.15 推荐地基持力层、地基处理方案 36

[**6 结论与建议** 36](#_TOC_250000)

6.1 结论 36

6.2 建议 37

# 附图表：

1、勘探点一览表 3 张

2、建筑物与勘探点平面位置图 1 张

3、图例 1 张

4、工程地质剖面图 23 张

5、钻孔柱状图 15 张

6、静力触探单孔曲线柱状图 20 张

7、双桥静力触探分层统计表 2张

8、分层标准贯入试验成果统计表 15 张

9、综合固结试验成果图 3 张

10、剪切试验成果表 3 张

11、颗粒分析试验 3 张

12、物理力学性质指标分层统计表 11 张

13、分层土工试验成果报告表 9 张

14、土工试验成果报告表 9 张

15、水质分析报告表 2张

16、易溶盐分析报告表 1 张

17、拟建场区波速测试报告 1 份

18、岩土工程勘察委托任务书 1 份

符 号 说 明

w：含水率 ％

GS：比重

γ：重度 kN/m3

γd：干重度 kN/m3

e：孔隙比

Sr：饱和度 %

WL：液限 %

WP：塑限 %

IP：塑性指数 %

IL：液性指数

Ｃ：直剪黏聚力 kPa

φ：直剪内摩擦角 度

a1－2：压缩系数 MPa

－1

Ｅs1－2：压缩模量 Mpa

n：统计个数 个

Ϭ：变异系数

N：标准贯入试验实测锤击数 击 Xmax、Xmin、Xm：样本最大值、最小值、平均值

fak：地基土承载力特征值 kPa

qc：锥尖阻力 kPa

fs：侧壁阻力 kPa

# **1 概况**

1.1 目的任务

受山东省土地发展集团委托，我院承担并完成了山东土地菏泽科技产业园详细勘察阶段的岩土工程勘察工作，目的是提供详细的工程地质资料和岩土技术参数，对建筑地基作出岩土工程分析评价，为基础设计、地基处理作出论证和建议；任务是：

(1)搜集附有坐标和地形的建筑总平面图、场区的地面整平标高，建筑物的

性质、规模、荷载、结构特点、基础形式、埋置深度、地基允许变形等资料。 (2)查明场地各层岩土的类别、结构、厚度和坡度及工程特性。

(3)提供满足设计、施工要求所需的岩土参数，计算并确定地基承载力特征

值。对地基的稳定性做出岩土工程分析与评价，预测建筑物变形特征。

(4)查明场地范围内有无不良地质作用，做出评价，并提出整治所需的技术 参数和整治方案。

(5)查明场地内有无埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物。

(6)查明地下水埋藏条件，判定地基土及地下水在建筑物施工和使用期间可 能产生的变化及其对工程的影响，提出防治措施及建议。判定环境水对建筑材 料和金属的腐蚀性。

(7) 实测场地的等效剪切波速、抗震设防烈度、设计基本地震加速度，判定建筑场地类别，划分抗震地段，并对饱和粉(砂)土进行液化判别，为建筑抗震设计提供依据。

(8)根据场地岩土工程条件，结合拟建物的特点，建议基础型式及持力层， 对基坑支护、地基处理与设计施工方案提出建议并做出评价，对可能采用的桩 型提供设计参数，预估相应单桩承载力标准值。

(9)提供标准冻土深度。

1.2 拟建物概况

拟建山东土地菏泽科技产业园位于菏泽市长江东路与济南路交叉口北东部位，本次勘察包括 10栋办公楼、2栋酒店、物业管理用房1座及裙楼3座。拟建筑物规划和勘察范围见附图“建筑物与勘察点平面位置图”，各拟建物概况如下表：

表 1-1 拟建物概况一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编 号 | 建筑物 名称 | 结构 类型 | 基础 型式 | 安全 等级 | 层数 与  高度 | 柱距  与 跨度  （m） | 平面 尺寸  （m） | 室内外 地坪 标高 | 地下 层数 | 基础 砌置 深度 | 基础 荷重 |
| 1 | 1#、2#办公楼 | 剪力墙 结构 | 桩基 础 | 二级 | 17F/76.8m |  | 51.5 x26.5 | 0.30m | 1 | 约6.7m | 单柱荷载约13000 KN |
| 2 | 15#楼酒店 | 剪力墙 结构 | 桩基 础 | 二级 | 17F/71.0m |  | 44.0x  22.2 | 0.30m | 1 | 约6.7m | 单柱荷载约12000 KN |
| 3 | 5#、7#办公楼 | 框架  结 构 | 待定 | 二级 | 4 F/18.2m |  | 26.0x  17.5 | 0.30m | 1 | 约6.7m | 不详 |
| 4 | 8#、9#、10#办公楼 | 框架  结 构 | 待定 | 二级 | 6F/25.5m |  | 42.7x  17.5 | 0.30m | 1 | 约6.7m | 不详 |
| 5 | 11#办公楼 | 框架  结 构 | 待定 | 二级 | 6F/19.5m |  | 68.7x  14.7 | 0.30m | 1 | 约6.7m | 不详 |
| 6 | 12#酒店 | 框架  结 构 | 待定 | 二级 | 6F/20.1m |  | 69.6x  9.8 | 0.30m | 1 | 约6.7m | 不详 |
| 7 | 物业管理用房 | 框架  结 构 | 待定 | 二级 | 3F/14.7m |  | 68.7x  8.5 | 0.30m | 1 | 约6.7m | 不详 |
| 8 | 15#裙房 | 框架  结 构 | 待定 | 二级 | 2-3F/9.5-16.0m |  | 详见平面图 | 0.30m | 1 | 约6.7m | 不详 |
| 9 | 1#、9#裙房 | 框架  结 构 | 待定 | 二级 | 1F/12.05m |  | 0.30m | 1 | 约6.7m | 不详 |
| 10 | 纯地下车库 | 框架  结 构 | 天然地基 | 二级 |  |  | 0.30m | 1 | 约6.7m | 不详 |
| 11 | 3#、6#办公楼 | 框架  结 构 | 待定 | 二级 | 4 F/18.2m |  | 26.0x  17.5 | 0.30m | 无 | 待定 | 不详 |

**注：±0.00=50.00m，绝对高程。**

1.3 勘察依据

（1）《建筑岩土工程勘察设计规范》DB37/5052-2015

（2）《岩土工程勘察规范》GB50021-2001（2009年版）

（3）《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T72-2017

（4）《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011

（5）《建筑抗震设计规范》 GB50011-2010（2016年版）

（6）《建筑桩基技术规范》 JGJ94-2008

（7）《建筑地基处理技术规范》JGJ79-2012

（8）《建筑工程抗震设防分类标准》 GB50223-2008

（9）《中国地震动参数区划图》 GB18306-2015

（10）《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T87-2012

（11）《地基动力特性测试规范》GB/T50269-2015

（12）《岩土工程基本术语标准》GB/T50279-2014

（13）《土工试验方法标准》（GBT50123-2019）

（14）《高层建筑筏形与箱形基础技术规范》JGJ6－2011

（15）《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120－2012

（16）《岩土工程勘察安全规范》(GB50585-2019)

（17）《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》

（18）《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》（2010年版）；

（19）《岩土工程勘察委托任务书》及建筑平面总图

1.4 工作量布置及完成工作量

1.4.1 岩土工程勘察等级

依据《岩土工程勘察规范》(GB50021－2001)第 3.1 节的有关规定，本工程重要性等级为二级，场地等级为二级，地基等级为二级，岩土工程勘察等级为乙级。

1.4.2 勘察手段

本次勘察主要手段有：钻孔测放、钻探、静力触探、取土（水）样、标准 贯入试验、波速测试、室内试验、资料收集、岩土工程勘察文件编制等。

（1）钻孔测放：本工程坐标系为菏泽坐标系统，高程系统为 1985

年国家黄海高程基准。根据建设单位提供的建筑物总平面图（电子版）查取勘 探点坐标，采用 GPS 定位测放钻孔及测量钻孔孔口高程，外业施工结束后复测。

（2）钻探：采用 DPP-100 型车载钻机1部和 XY-130 型钻机2台回转钻进，水位以上干钻，水位以下泥浆护壁正循环全断面取芯施工工艺。钻孔开孔直径 130mm， 终孔直径 110mm。

（3）采取土（水）样：原状土样采用自由活塞式取土器连续快速静力压入

法或重锤少击法采取，取土样质量等级为Ⅰ级；扰动粉（砂）土样从标准贯入 器或岩芯中截取，试样等级Ⅳ级。地下水样用取水器从钻孔中取得并加大理石 粉稳定剂。所取土（水）试样在现场及时密封，并在运输中采取了防震措施。 各类试验样品的采集质量和试验数量均符合现行规范要求。

（4）地下水位观测：外业施工期间，钻探期间及时记录地下水初见水位， 单孔钻探施工结束 24h 后测量钻孔地下水稳定水位，野外工作结束后，统一复测地下水稳定水位，量测读数精确至厘米，并用原土对所有施工钻孔进行了封 孔。

（5）标准贯入试验：采用机械式自动脱钩的自由落锤法进行标准贯入试验。

试验严格按照《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009 年版）有关要求 进行。当钻进到预定试验深度以上 15cm 并清孔完毕后，将贯入器放至孔底，使 用 63.5kg 穿心锤，76cm 的落距，使其自由下落，并保持贯入器、探杆、导向杆 联接后的垂直度，锤击速率小于 30 击/min。先预打 15cm，然后分别记录连续贯 入地层 30cm 中的每 10cm 锤击数。

（6）静力触探试验：试验设备为河南濮阳产车载GTY-3A型双桥静探仪，探头锥底面积 15cm2，锥角 60o，摩擦套筒高 21.85cm，侧面积 300 cm2。试验时探杆 垂直，贯入速度均匀，贯入速率一般为 1.20m/min，每 10cm 采集一组数据， LMC-D310 型静探微机记录，技术要求符合《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）

（2009 年版）规范的相关规定。

（7）波速测试：采用上海岩联工程技术有限公司研制的 YL-SWT 剪切波检测仪。测点的垂直间距采用 1.00m，自下而上测试。测试技术要求符合《岩 土工程勘察规范》(GB 50021-2001) （2009 年版）第 10.10.2 条规定。

（8）室内试验：原状土样室内试验进行了常规物理力学试验，剪切方法采用直剪快剪，10层及10层以下土样做高压固结试验。扰动粉土样做颗粒分析及液塑限试验，粉、细砂样做筛分试验，钻孔内采取2组水样进行水质简分析、水位以上土质腐蚀性分析和侵蚀性CO2检测。室内土工试验严格按照《土工试验方法标准》（GBT50123-2019）的相关要求进行操作和土工试验资料的整理。

（9）资料收集：收集有关区域地质、地震、气象、水文等资料。

（10）岩土工程勘察报告的编制：严格按照国家（行业）现行的有关规范、规程及相关文件进行。

1.4.3 工作量布置

根据《建筑岩土工程勘察设计规范》DB37/5052-2015 第 5.2 节、《岩土工 程勘察规范》（GB50021－2001）（2009 年版）第 4.1 节及《高层建筑岩土工 程勘察标准》（JGJ/T72－2017）第 4.1 节的有关规定，结合建筑物主体结构和场地工程地质特征，本次勘察按拟建物轮廓线、角点兼顾网格状布置勘探孔，钻孔间距一般在13-30m 之间。共布设勘探孔87 个，其中17F酒店、办公楼设计孔深为 50-60m，其余拟建物设计孔深 20-35m。

（1）采取土(水)试样和进行原位测试孔布置

本次勘察共布置勘探孔 87 个，其中静力触探孔25 个，取土孔 25 个，标 准贯入试验孔11个，取土标贯孔8个，鉴别孔18个，取原状土样154 件、扰动土样162件，进行标准贯入试 验231 次，受场地条件限制，10#、11#、45#勘探孔未能完成施工。

（2）波速测试孔

测量土层剪切波速的钻孔共计 12 个。

1.4.4 完成工作量

野外钻探施工于 2020 年6月 22日至7月 2日进行，完成勘探孔 87 个， 总进尺 2825m，具体完成工作量如下表 ：

表 1-2 完成工作量统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 孔 别 | 工作量 | | 取土样(个) | | 腐蚀性评价 | | 标贯试验(次) | 波速测试(点∕孔) | 测稳定水位(点) | 高程测量  (点) |
| 孔数(个) | 进尺(m) | 原状样 | 扰动样 | 水样(组) | 土样(个) |
| 取土孔 | 25 | 880.00 | 125 |  | 2 |  |  | 80/4 | 25 | 25 |
| 标贯孔 | 11 | 455.00 |  | 104 |  |  | 160 | 20/1 | 11 | 11 |
| 取土、标贯孔 | 8 | 280.00 | 29 | 58 |  |  | 71 | 80/4 | 8 | 8 |
| 静力触探孔 | 25 | 620.00 |  |  |  |  |  |  |  | 25 |
| 鉴别孔 | 18 | 590.00 |  |  |  | 2 |  | 60/3 | 18 | 18 |
| 合 计 | 87 | 2825.00 | 154 | 162 | 2 | 2 | 231 | 240/12 | 62 | 88(含基点) |

注：59#、62#、65#、70#、72#、74#、77#为钻探与静力触探对比孔（4个标贯孔，3个取土孔）。

# **2场区自然条件**

2.1 地理位置及交通

拟建场区位于菏泽市开发区，长江路北侧，济南路东侧，地理位置十分优越，交通便利（如图）。



图2-1场地位置图

2.2 地形地貌

场区地处黄河冲积平原区，大部分区域为空地，局部为居民住房，场地现 状条件相对简单。受局部取土影响，场地地形起伏较大。场区勘探点采用 1985 国家高程基准，菏泽坐标系统，高程基准点位于长江东路中心线上一点处，用钢钉标记标，坐标 X＝3899256.9492，Y＝503047.8458，H＝48.80m(参见附图“建筑物与勘探点平面位置图”)，测得 场区孔口高程在47.06-48.75m 之间，最大高差 1.69m。该场地属黄河冲积平原地貌类型。地貌类型比较单一。

2.3 气候

拟建场区属半湿润暖温带季风气候区，冬冷夏热，四季分明。春季(3-5月)气候干燥、蒸发量大，降水稀少，易形成春旱；夏季(6-8月)天气酷热、降水集中且量大，又易形成涝灾；秋季(9-11月)气温下降、降水偏少；冬季(12-2月)天气寒冷，雨雪稀少。

据菏泽气象局多年统计资料，区内年最大降雨量1040mm，最小降雨量422mm，年平均降雨量643.9mm；年最大蒸发量1203.5mm；年最高气温42.9℃，年最低气温-16.8℃，年平均气温13.6℃；最大日照时数为2580小时，无霜期212天。本区以南风为主导风向，次多风向为北风；年平均风速为3.7m/s，冬季盛行北风，春季盛行南风和西南风；风速极大值达27-29m/s，最大风压25kg/m2，大风风向以北风、西北风为主。最大冻土深度0.35m。

2.4 水文

菏泽市河流总流域面积13000平方千米，除黄河滩地及[东平湖](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=49956&ss_c=ssc.citiao.link)老湖区共632平方千米外，其余坡水全由[南四湖](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=183041&ss_c=ssc.citiao.link" \t "_blank)承泄后转注淮河。故区内基本上属淮河流域。境内主要河道有[东鱼河](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=170584&ss_c=ssc.citiao.link)、[洙赵新河](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=5764020&ss_c=ssc.citiao.link)、[万福河](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=524402&ss_c=ssc.citiao.link)、[梁济运河](https://baike.sogou.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=8222401&ss_c=ssc.citiao.link)、太行堤河、黄河故道等6条。流域面积在100平方千米以上的支流有45条，50—99平方千米以上的支流有41条，总长度2582千米。

2.5 地下水

勘区地下水主要为第四系孔隙潜水及微承压水，以大气降水、侧向径流为主要补给来源，以人工开采和侧向径流为主要排泄方式。地下水位随季节及气象周期呈周期性变化，动态类型主要为入渗—开 采、径流型，孔隙地下水水位动态特征与全年降水量的年内分配密切相关。水位年变幅一般在2m 左右。勘察期间，从钻孔中测得场区地下水初见水位埋深 5.35-6.70m，稳定水位埋深 5.15-6.57m，稳定水位高程41.69-42.24m，据调查，年最高水位标高约47.00m，抗浮设计水位可按标高47.00m使用。

2.6 地下水与土的腐蚀性

勘察期间，从15#、60#钻孔取水样 2组进行简分析和侵蚀性 CO2 分析，根据水质分析结果及《岩土工程勘察规范》GB50021―2001 第 12.2.节水的腐蚀性评价表 12.2.1、表 12.2.2 和表 12.2.4 的规定，如下表：

表 2-1 地下水腐蚀性评价表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 腐蚀介质 | 评 价 标 准 | | 取水样钻孔 | 试验测试结果 | 评价结果 |
| 按Ⅱ类环境对混凝土结构的腐蚀性评价 | | | | | |
| SO42-  （mg/L） | ＜300  （＜390） | 微腐蚀性 | 15# | 188.18 | 微腐蚀性 |
| 60# | 193.80 |
| Mg2+  （mg/L） | ＜2000 | 微腐蚀性 | 15# | 54.56 | 微腐蚀性 |
| 60# | 53.34 |
| 按地层渗透性水对混凝土结构的腐蚀性评价 | | | | | |
| pH 值 | ＞5.0 | 微腐蚀性 | 15# | 7.5 | 微腐蚀性 |
| 60# | 7.5 |
| 按Ⅱ类环境对混凝土结构中的钢筋的腐蚀性评价 | | | | | |
| Cl-  （mg/L） | ＜100  （＜10000） | 微腐蚀性 | 15# | 79.97 | 微腐蚀性  （微腐蚀性） |
| 60# | 72.71 |

注：括号内数值及评价结果适用于长期浸水考虑时。

按 II 类环境类型， 干湿交替考虑，判定地下水对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的 钢筋具微腐蚀性；按 II 类环境类型，长期浸水考虑，判定地下水对混凝土结构 及钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

表 2-2 地基土腐蚀性评价表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 腐蚀介质 | 评 价 标 准 | | 试验测试结果 | 评价结果 |
| 按Ⅱ类环境对混凝土结构的腐蚀性评价 | | | | |
| SO42-  （mg/kg） | ＜450 | 微腐蚀性 | 173.46~181.02 | 微腐蚀性 |
| Mg2+  （mg/kg） | ＜3000 | 微腐蚀性 | 8.96~10.03 | 微腐蚀性 |
| 按地层渗透性水和土对混凝土结构的腐蚀性评价 | | | | |
| pH 值 | ＞5.0 | 微腐蚀性 | 6.8~6.9 | 微腐蚀性 |
| 按 B 类环境对混凝土结构中的钢筋的腐蚀性评价 | | | | |
| Cl-  （mg/kg） | ＜250 | 微腐蚀性 | 21.62~22.35 | 微腐蚀性 |

由水位以上土层的腐蚀性分析报告，依据《岩土工程勘察规范》（GB50021－2001）第 12.2 条有关规定，场区环境类型按 II 类 B 类，判定拟建场区上部土层 对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性。

2.7 区域地质构造及新构造活动与地震

2.7.1 区域地质构造

本区地质构造均被第四系所覆盖，大地构造单元属中朝准地台鲁西坳陷区，第四纪以来以坳陷为特征。区内断裂以近东西向和近南北向两组为主，主要包 括近南北向的聊考断裂、小宋—解元集断裂、曹县断裂、巨野断裂，近东西向 的汶泗断裂、郓城断裂、菏泽断裂、东明—成武断裂等。本区第四纪以来以坳陷为特征，其断裂活动主要有以下特征：在空间分布上，它们具有明显的继承性，在坳陷区西部边缘还有新生的北东向和北西向共轭断裂；活动时代上，全新世以来在聊考断裂带边界上活动；力学性质上以正 断为主。聊考断裂带是地震构造分区的边界断裂，是该区构造地震控制性断裂。新构造期以来，聊考断裂、曹县断裂、小宋—解元集断裂、成武—东明断裂以及菏泽断裂、郓城断裂均有强烈的活动。

依据区域地质构造资料，距拟建场区较近的断裂主要有西侧的聊考断裂及北侧的菏泽断裂，现对上述断裂的性质分述如下：

聊考断裂，位于场区西侧约 30km，南起河南兰考，经聊城，北至山东禹城， 全长大于 300km，走向 NE20～40°，倾向 NW，倾角 60°左右，正断层，其 北端断距变小而消失。断裂带宽 4—8km，断距大于 2500m，系华北断块与鲁西 断块的分界断裂，它控制了两侧中生代以来的地质发展史。是阳谷-茌平煤田的 西部分界断裂。

菏泽断裂：位于场区北侧约 4.5km，长约 120 公里，走向 EW，倾向 S，倾角70°-80°，为正断层，主要活动时代为古生代至燕山期，第四纪活动断层。

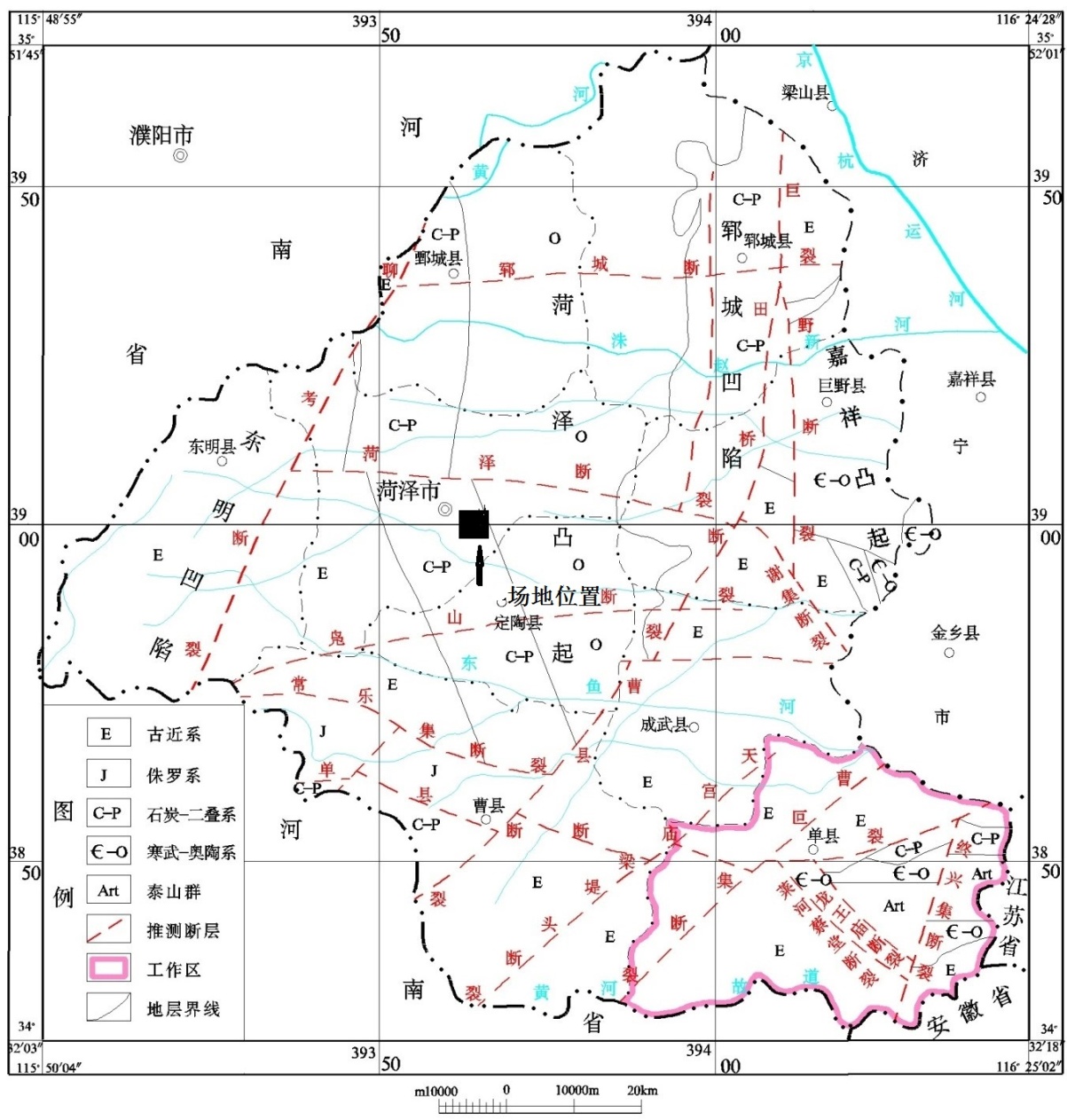


图2-2区域地质构造略图

上述断裂中，在经聊考断裂东10-20KM的范围内，菏泽断裂两侧1937年以来，曾发生四次5.5级-7.0级地震。说明聊考断裂带、菏泽断裂带是一个新构造活动带。

经判断，场址不在断裂带避让范围内。此外，从图2-2 可以看出，该场址距离地震活动区较远。

2.7.2 新构造活动与地震

该区地震活动特征在空间上主要分布在东北向的聊考断裂带及凫山断裂附近；在时间分布上，具有群聚性活动特征。该区在有地震记录以来，发生地震 见下表：

表 2-3 近场区震级大于 5 级地震统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时间 | 震中位置 | | 精度 | 参考地点 | 震级 | 烈度 |
| 北纬 | 东经 |
| 1622.3.1 | 35.5° | 116.0° | 2 | 郓城南 | 6 |  |
| 1937.8.1 | 35.4° | 115.1° | 2 | 菏 泽 | 7 | 9 |
| 1937.8.1 | 35.4° | 115.2° | 2 | 菏 泽 | 6.75 | 8 |
| 1948.5.2 | 35.1° | 115.4° | 3 | 菏泽附近 | 5.5 |  |
| 1983.11.7 | 35°17ˊ | 115°17ˊ | 1 | 菏 泽 | 5.9 | 7 |

根据地震动峰值加速度来分区，拟建场区属地壳基本稳定区，场地覆盖层 厚度大，场区内及其附近无明显新构造活动痕迹，根据《建筑抗震设计规范》（GB5001l―2010）2016 年版第 4.1.7 条规定，可忽略发震断裂错动对地面建筑物的影响。

# **3 场地的稳定性及适宜性评价**

3.1 不良地质作用

根据区域地质资料、场地周边地形地貌、地质条件及场地土的地层结构综合分析，场区内无岩溶、滑坡、危岩、崩塌、泥石流、采空区等不良地质作用。

3.2 稳定性及适宜性

根据区域地质数据，场区内无断裂构造通过，根据现场踏勘及勘探亦不存在对抗震不利的高陡临空面和地基土压缩层内的地下空洞。场区内地层较连续，分布基本均匀，地基土的强度总体尚可。经综合分析论证，场区为相对稳定场地，适宜本工程的建设。

# **4 场区土层分布及其物理力学性质**

区域上属于华北地层区，属鲁西地层分区济宁小区的菏泽凸起断陷构造区。

场地地层为第四系全新统（Q4）及晚更新统（Q3）黄河冲积层，主要由粉土、粉、细砂及粘性土等构成，从上至下可分为12层，分述如下：

ml

（1）素填土(土层代号①，成因 Q4 )

黄灰色，松散，稍湿，成分以粉土为主，局部上部为以生活垃圾为主的杂填土、局部为耕土，近期填埋。场区普遍分布，厚度:0.20～1.60m，平均0.64m；层底标高:46.41～48.06m，平均47.06m；层底埋深:0.20～1.60m，平均0.64m。

（2）粉土(土层代号②，成因 Q4 al)

灰黄色～黄灰色，稍密～中密，湿，摇震反应迅速，无光泽反应，干强度低，韧性低。场区普遍分布，厚度:2.90～4.80m，平均3.76m；层底标高:12.49～43.83m，平均42.48m；层底埋深:3.30～35.00m，平均5.22m。于本层中进行标准贯入试验 31 次，进行静力触探试验32孔次，取原状土样28 件，扰动样 31 件，其物理力学性质指标值如下表：

表 4-1 ②层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) | qc  (Mpa) | fs  (kpa) |
| 最 小 值 | 23.5 | 17.6 | 0.716 | 25.7 | 17.9 | 7.2 | 0.50 | 7.1 | 23.2 | 0.13 | 7.98 | 7.0 | 3.373 | 57 |
| 最 大 值 | 28.8 | 19.3 | 0.916 | 29.4 | 20.3 | 9.3 | 1.30 | 13.5 | 32.0 | 0.24 | 13.64 | 14.0 | 4.712 | 98 |
| 数据个数 | 28 | 28 | 28 | 59 | 59 | 59 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 31 | 32 | 32 |
| 平均值 | **27.3** | **18.8** | **0.794** | **27.5** | **19.4** | **8.1** | **0.96** | **10.9** | **27.5** | **0.18** | **10.28** | **10.6** | **3.949** | **77** |
| 标 准 差 | 1.6 | 0.4 | 0.049 | 0.9 | 0.6 | 0.4 | 0.20 | 1.6 | 2.0 | 0.03 | 1.50 | 1.9 | 0.606 | 19 |
| 变异系数 | 0.06 | 0.02 | 0.06 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.21 | 0.15 | 0.07 | 0.16 | 0.15 | 0.18 | 0.15 | 0.24 |
| 标 准 值 | 27.9 | 18.7 | 0.810 |  |  |  | 1.03 | 10.4 | 26.8 | 0.19 | 9.8 | 10.1 | 3.764 | 71 |
| 黏粒含量：5.6%～11.8%，平均值7.1% | | | | | | | | | | | | | | |

本层土具中压缩性。

（3）粉质黏土 (土层代号：③，成因Q4al)

浅灰色～褐灰色，软塑，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，局部夹粉土薄层（粘粒含量高）。场区普遍分布，厚度:0.50～1.90m，平均1.27m；层底标高:41.53～42.43m，平均42.03m；层底埋深:5.00～6.70m，平均5.67m。于本层中取原状土样 20 件（4件粉土样、2件黏性土样离散性较大，均不参与该层分层统计），进行标准贯入试验 14 次，进行静力触探试验32孔次，其物理力学性质指标值如下表：

表 4-2 ③层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) | qc  (Mpa) | fs  (kpa) |
| 最 小 值 | 28.7 | 17.6 | 0.904 | 29.9 | 19.4 | 10.3 | 0.78 | 15.1 | 5.9 | 0.47 | 3.40 | 28.7 | 0.541 | 8 |
| 最 大 值 | 36.7 | 18.5 | 1.058 | 39.9 | 26.3 | 14.6 | 0.89 | 21.5 | 10.2 | 0.58 | 4.38 | 36.7 | 0.762 | 14 |
| 数据个数 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 32 | 32 |
| 平均值 | **32.2** | **18.0** | **0.963** | **34.4** | **22.4** | **12.0** | **0.82** | **17.5** | **8.5** | **0.53** | **3.75** | **32.2** | **0.636** | **10** |
| 标 准 差 | 2.3 | 0.3 | 0.048 | 2.9 | 1.9 | 1.6 | 0.04 | 1.6 | 1.3 | 0.04 | 0.28 | 2.3 | 0.097 | 3 |
| 变异系数 | 0.07 | 0.02 | 0.05 | 0.08 | 0.09 | 0.13 | 0.05 | 0.09 | 0.15 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.15 | 0.26 |
| 标 准 值 | 33.3 | 17.9 | 0.986 |  |  |  | 0.84 | 16.7 | 7.9 | 0.54 | 3.6 | 33.3 | 0.606 | 9 |

本层土具中偏高压缩性。

（4）粉土(土层代号④，成因 Q4 al)

浅灰色～灰色，中密、局部密实，湿～很湿，摇震反应迅速，无光泽反应，干强度低，韧性低。场区普遍分布，厚度:1.50～2.30m，平均1.95m；层底标高:39.43～40.58m，平均40.08m；层底埋深:7.00～8.80m，平均7.62m。于本层中进行标准贯入试验17 次，进行静力触探试验32孔次，取原状土样 22件，扰动样17 件，其物理力学性质指标值如下表：

表 4-3 ④层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) | qc  (Mpa) | fs  (kpa) |
| 最 小 值 | 24.9 | 18.6 | 0.721 | 25.9 | 18.5 | 7.1 | 0.58 | 7.6 | 26.6 | 0.13 | 10.03 | 10.0 | 3.125 | 30 |
| 最 大 值 | 30.4 | 19.2 | 0.831 | 29.5 | 20.4 | 9.3 | 1.46 | 13.9 | 31.9 | 0.18 | 13.26 | 17.0 | 6.859 | 62 |
| 数据个数 | 22 | 22 | 22 | 39 | 39 | 39 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 17 | 32 | 32 |
| 平均值 | **27.3** | **19.0** | **0.777** | **27.7** | **19.5** | **8.1** | **0.96** | **10.5** | **29.2** | **0.16** | **11.34** | **12.9** | **4.810** | **46** |
| 标 准 差 | 1.7 | 0.2 | 0.034 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 0.24 | 1.9 | 1.2 | 0.01 | 0.89 | 1.9 | 1.454 | 12 |
| 变异系数 | 0.06 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.25 | 0.18 | 0.04 | 0.09 | 0.08 | 0.15 | 0.30 | 0.27 |
| 标 准 值 | 28.0 | 18.9 | 0.790 |  |  |  | 1.05 | 9.8 | 28.7 | 0.16 | 11.0 | 12.1 | 4.365 | 42 |
| 黏粒含量： 6%～8.4%，平均值7.4% | | | | | | | | | | | | | | |

本层土具中压缩性。

（5）粉质黏土 (土层代号⑤，成因 Q4 al)

浅灰色～棕灰色，可塑、局部软塑，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等。场区普遍分布，厚度:1.10～3.80m，平均2.05m；层底标高:36.33～39.05m，平均38.03m；层底埋深:8.50～11.30m，平均9.67m。于本层中进行标准贯入试验14 次，进行静力触探试验32孔次，取原状土样 16 件，其物理力学性质指标值如下表：

表 4-4 ⑤层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) | qc  (Mpa) | fs  (kpa) |
| 最 小 值 | 26.3 | 18.0 | 0.812 | 30.4 | 20.1 | 10.3 | 0.49 | 19.1 | 7.0 | 0.38 | 4.07 | 3.5 | 0.753 | 21 |
| 最 大 值 | 34.2 | 18.9 | 0.959 | 37.8 | 23.6 | 14.3 | 0.79 | 24.2 | 13.9 | 0.46 | 4.87 | 6.0 | 0.987 | 33 |
| 数据个数 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 14 | 32 | 32 |
| 平均值 | **29.9** | **18.4** | **0.885** | **34.4** | **22.3** | **12.1** | **0.63** | **21.7** | **10.4** | **0.42** | **4.53** | **4.5** | **0.885** | **28** |
| 标 准 差 | 1.9 | 0.3 | 0.050 | 2.0 | 1.0 | 1.1 | 0.09 | 1.6 | 1.6 | 0.02 | 0.25 | 0.7 | 0.116 | 5 |
| 变异系数 | 0.06 | 0.02 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.09 | 0.14 | 0.07 | 0.16 | 0.06 | 0.06 | 0.16 | 0.13 | 0.17 |
| 标 准 值 | 30.8 | 18.3 | 0.907 |  |  |  | 0.67 | 21.0 | 9.7 | 0.43 | 4.4 | 4.2 | 0.849 | 27 |

本层土具中压缩性。

（6）粉土(土层代号⑥，成因 Q4al)

黄灰色～黄褐色，中密、局部密实，湿，摇震反应迅速，无光泽反应，干强度低，韧性低，局部粘粒含量较高。场区普遍分布，厚度:0.50～3.50m，平均1.98m；层底标高:35.01～37.03m，平均36.05m；层底埋深:10.50～13.30m，平均11.64m。于本层中进行标准贯入试验 17 次，进行静力触探试验32孔次，取原状土样22 件，其物理力学性质指标值如下表：

表 4-5 ⑥层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) | qc  (Mpa) | fs  (kpa) |
| 最 小 值 | 24.5 | 18.5 | 0.722 | 25.2 | 17.8 | 7.4 | 0.59 | 9.7 | 24.0 | 0.12 | 9.47 | 11.0 | 2.332 | 36 |
| 最 大 值 | 29.2 | 19.4 | 0.824 | 29.2 | 20.7 | 9.2 | 1.07 | 15.8 | 30.0 | 0.19 | 14.44 | 18.0 | 7.250 | 70 |
| 数据个数 | 22 | 22 | 22 | 39 | 39 | 39 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 17 | 32 | 32 |
| 平均值 | **26.7** | **19.0** | **0.768** | **27.7** | **19.5** | **8.2** | **0.83** | **12.2** | **27.7** | **0.16** | **11.49** | **14.4** | **5.151** | **56** |
| 标 准 差 | 1.4 | 0.2 | 0.031 | 1.1 | 0.7 | 0.5 | 0.15 | 1.5 | 1.5 | 0.02 | 1.28 | 2.2 | 1.905 | 15 |
| 变异系数 | 0.05 | 0.01 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.18 | 0.13 | 0.06 | 0.11 | 0.11 | 0.15 | 0.37 | 0.27 |
| 标 准 值 | 27.3 | 18.9 | 0.780 |  |  |  | 0.89 | 11.6 | 27.2 | 0.16 | 10.9 | 13.5 | 4.569 | 51 |
| 黏粒含量： 6.6%～12.0%，平均值8.0% | | | | | | | | | | | | | | |

本层土具中压缩性。

（7）粉质黏土(土层代号⑦，成因 Q4al)

棕灰色，可塑、局部硬塑，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等。场区普遍分布，厚度:2.50～4.50m，平均3.57m；层底标高:32.03～33.13m，平均32.49m；层底埋深:14.20～16.50m，平均15.21m。于本层中进行标准贯入试验18 次，进行静力触探试验32孔次，取原状土样 21 件，其物理力学性质指标值 如下表：

表 4-6 ⑦层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) | qc  (Mpa) | fs  (kpa) |
| 最 小 值 | 25.4 | 18.4 | 0.735 | 33.0 | 21.1 | 11.9 | 0.20 | 21.5 | 12.1 | 0.27 | 5.51 | 7.0 | 1.365 | 47 |
| 最 大 值 | 31.0 | 19.4 | 0.874 | 39.4 | 24.3 | 16.1 | 0.52 | 29.9 | 17.6 | 0.34 | 6.77 | 13.0 | 2.024 | 61 |
| 数据个数 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 18 | 32 | 32 |
| 平均值 | **28.3** | **18.8** | **0.826** | **36.5** | **22.8** | **13.8** | **0.40** | **25.4** | **14.6** | **0.30** | **6.19** | **9.8** | **1.740** | **54** |
| 标 准 差 | 1.7 | 0.2 | 0.037 | 1.8 | 0.8 | 1.1 | 0.10 | 1.8 | 1.5 | 0.02 | 0.32 | 1.8 | 0.347 | 6 |
| 变异系数 | 0.06 | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.08 | 0.25 | 0.07 | 0.10 | 0.06 | 0.05 | 0.18 | 0.20 | 0.11 |
| 标 准 值 | 28.9 | 18.7 | 0.840 |  |  |  | 0.44 | 24.7 | 14.1 | 0.30 | 6.1 | 9.1 | 1.632 | 52 |

本层土具中压缩性。

（8）粉砂(土层代号⑧，成因 Q4al)

黄灰色～灰黄色，中密～密实，饱和，级配不良，成分以石英为主，长石云母次之，局部顶部夹粉土薄层（厚度小于0.50m）。场区普遍分布，厚度:8.30～11.50m，平均10.25m；层底标高:21.01～24.22m，平均22.18m；层底埋深:23.30～27.30m，平均25.53m。于本层中进行标准贯入试验57 次，锤击数最大42 击，最 小 25 击，平均 34.7击。进行静力触探试验32孔次，qc=18165kPa，fs=124kPa。取扰动砂样 57件，其颗粒分析结果见“分层土工试验成果报告表”。 本层具中～低压缩性。

（9）粉细砂(土层代号⑨，成因 Q4al)

黄灰色～灰黄色，密实，饱和，级配不良，成分以石英为主，长石云母次之 。场区普遍分布，厚度:13.00～15.50m，平均13.71m；层底标高:7.98～10.05m，平均8.98m；层底埋深:37.30～40.50m，平均38.62m。于本层中进行标准贯入试验 39次，锤击数最大49 击，最小37击，平均 45.6 击。进行静力触探试验11孔次，qc=23254kPa，fs=163kPa。 取扰动砂样 39件，其颗粒分析结果见“分层土工试验成果报告表”。

本层具低压缩性。

（10）粉质黏土(土层代号⑩，成因 Q4al)

黄褐色～棕褐色，硬塑、局部坚硬，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，局部夹粉土薄层（厚度小于0.50m）。场区普遍分布，厚度:6.40～8.50m，平均7.59m；层底标高:0.81～1.73m，平均1.39m；层底埋深:45.70～47.00m，平均46.21m。于本层中进行标准贯入试验 11 次，取原状土样 13 件（1件粉土样、2件离散型较大均不参与该层分层统计），其物理力学性质指标值如下表：

表 4-7 ⑩层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) |
| 最 小 值 | 20.2 | 19.1 | 0.643 | 31.6 | 20.1 | 11.3 | -0.07 | 23.7 | 14.4 | 0.19 | 7.59 | 15.0 |
| 最 大 值 | 26.1 | 19.5 | 0.765 | 38.6 | 23.7 | 15.8 | 0.23 | 33.3 | 19.5 | 0.23 | 8.65 | 23.0 |
| 数据个数 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 |
| 平均值 | **23.7** | **19.2** | **0.716** | **34.9** | **22.1** | **12.8** | **0.12** | **29.9** | **17.4** | **0.21** | **8.23** | **18.8** |
| 标 准 差 | 1.8 | 0.2 | 0.036 | 2.7 | 1.3 | 1.7 | 0.11 | 2.7 | 1.5 | 0.01 | 0.34 | 2.9 |
| 变异系数 | 0.08 | 0.01 | 0.05 | 0.08 | 0.06 | 0.13 | 0.87 | 0.09 | 0.09 | 0.06 | 0.04 | 0.15 |
| 标 准 值 | 24.7 | 19.1 | 0.737 |  |  |  | 0.19 | 28.3 | 16.5 | 0.22 | 8.0 | 17.2 |

本层土具中压缩性。

（11）粉土(土层代号⑪，成因 Q3al)

黄灰色，密实，湿，摇震反应迅速，无光泽反应，干强度低，韧性低，砂粒含量高。场区普遍分布，厚度:3.30～4.20m，平均3.82m；层底标高:-2.67～-2.07m，平均-2.34m；层底埋深:49.30～51.00m，平均49.98m。于本层 中进行标准贯入试验6次，取原状土样6件，其物理力 学性质指标值如下表：

表 4-8 ⑪层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) |
| 最 小 值 | 20.6 | 19.4 | 0.632 | 25.6 | 18.4 | 6.8 | 0.13 | 14.1 | 28.5 | 0.08 | 16.45 | 30.0 |
| 最 大 值 | 24.6 | 19.9 | 0.691 | 28.4 | 20.2 | 8.4 | 0.73 | 16.6 | 35.9 | 0.10 | 20.40 | 40.0 |
| 数据个数 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 平均值 | **22.8** | **19.6** | **0.656** | **26.8** | **19.4** | **7.4** | **0.46** | **15.1** | **33.3** | **0.09** | **17.85** | **35.2** |
| 标 准 差 | 1.7 | 0.2 | 0.021 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 0.22 | 0.9 | 2.6 | 0.01 | 1.50 | 3.7 |
| 变异系数 | 0.07 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.07 | 0.47 | 0.06 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.10 |
| 标 准 值 | 24.2 | 19.5 | 0.673 |  |  |  | 0.64 | 14.3 | 31.1 | 0.10 | 16.6 | 32.1 |

本层土具中~低压缩性。

（12）粉质黏土(土层代号⑫，成因 Q al)

3

棕黄色～黄褐色，硬塑～坚硬，无摇震反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，局部夹粉土薄层（厚度小于0.50m）。该层未穿透。于本层中进行标准贯入试验 7 次，取原状土样 6件，其物理力学性质指标值如下表：

表 4-9 ⑫层物理力学性质指标值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | W  (%) | r  (KN/m3) | e | WL  (%) | WP  (%) | IP | IL | C  (Kpa) | Φ  (度) | a1-2  (Mpa-1) | ES1-2  (Mpa) | N  (击) |
| 最 小 值 | 20.9 | 19.2 | 0.626 | 30.9 | 19.7 | 11.2 | -0.13 | 29.3 | 19.3 | 0.15 | 9.32 | 20.0 |
| 最 大 值 | 23.8 | 19.9 | 0.709 | 37.6 | 23.1 | 14.8 | 0.14 | 35.6 | 24.6 | 0.18 | 11.07 | 32.0 |
| 数据个数 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| 平均值 | **22.1** | **19.5** | **0.672** | **35.3** | **22.2** | **13.0** | **0.00** | **32.6** | **22.6** | **0.17** | **9.99** | **25.9** |
| 标 准 差 | 1.1 | 0.2 | 0.028 | 2.3 | 1.3 | 1.4 | 0.09 | 2.2 | 2.1 | 0.01 | 0.77 | 4.3 |
| 变异系数 | 0.05 | 0.01 | 0.04 | 0.07 | 0.06 | 0.11 | 2.55 | 0.07 | 0.09 | 0.09 | 0.08 | 0.16 |
| 标 准 值 | 23.0 | 19.3 | 0.696 |  |  |  | 0.08 | 30.8 | 20.8 | 0.18 | 9.4 | 22.7 |

本层土具中压缩性。

# **5 岩土工程分析与评价**

5.1 岩土参数的分析与选用

试验参数统计严格按照规范规定方法进行，统计中对个别离散性稍大的数据参数进行了剔除，结果可靠。经过对比，现场编录、标准贯入试验、双桥静力触探试验、波速测试试验及室内土工试验结果基本吻合。

5.2 地基土力学性质分析

纵观场区土层分布，上部地层厚度相对较小，局部水平层理互层状，总体地层层面坡度小，层位较稳定。

②层粉土，稍密～中密、局部密实，具中压缩性，力学性质一般；

③层粉质黏土，软塑，具高、局部中压缩性，力学性质较差；

④层粉土，中密、局部密实，具中压缩性，力学性质一般；

⑤层粉质黏土，可塑，局部软塑，具中压缩性，力学性质一般；

⑥层粉土，中密、局部密实，具中压缩性，力学性质一般；

⑦层粉质黏土，可塑，局部硬塑，具中压缩性，力学性质一般；

⑧层粉砂，中密～密实，具中～低压缩性，力学性质较好；

⑨层粉细砂，密实，具低压缩性，力学性质较好；

⑩层粉质黏土，硬塑、局部坚硬，具中压缩性，力学性质较好；

⑪层粉土，密实，具中～低压缩性，力学性质较好；

⑫层粉质黏土，硬塑～坚硬，具中压缩性，力学性质较好

5.3 地基土承载力特征值

依根据《建筑岩土工程勘察设计规范》（DB37/5052-2015）及《建筑地基基础设计规范》（GB50007—2011）第 5.2.3 条的有关规定采用原位测试、理论公式并结合当地建筑经验，综合推荐场区内各层地基土的承载力特征值及相关 参数如下表：

表 5-1 承载力特征值及相关指标推荐表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **层号** | **岩土名称** | **推荐承载力特征值**fak(kpa) | **压缩模量**(Mpa) | | | |
| ES1-2 | ES2-4 | ES4-8 | ES8-16 |
| ② | 粉 土 | 120 | 10.0 |  |  |  |
| ③ | 粉质黏土 | 85 | 3.7 |  |  |  |
| ④ | 粉 土 | 130 | 11.3 |  |  |  |
| ⑤ | 粉质黏土 | 100 | 4.5 |  |  |  |
| ⑥ | 粉 土 | 130 | 11.5 |  |  |  |
| ⑦ | 粉质黏土 | 140 | 6.2 |  |  |  |
| ⑧ | 粉 砂 | 180 | 13.0 | 22.0 | 35.0 |  |
| ⑨ | 粉细砂 | 200 | 15.0 | 25.0 | 45.0 | 60.0 |
| ⑩ | 粉质黏土 | 200 | 8.2 |  |  |  |
| ⑪ | 粉 土 | 230 | 17.0 |  |  |  |
| ⑫ | 粉质黏土 | 240 | 10.0 |  |  |  |

注：变形估算时，压缩模量可实际应力范围按附图综合固结试验成果图内插取值。

5.4 地基均匀性评价

5.4.1 高层均匀性评价

依据《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T72-2017 第 8.2.3 条有关规定以1# 办公楼为例进行地基均匀性进行评价。假设采用筏板基础，基础埋深-6.7m，基础底面标高约43.0m，以③层粉质黏土作为天然地基持力层，基础长按51.5m， 宽按 26.5m，现对65#、66#、67#、76#、77#、78#孔计算如下：

（1）地基持力层处于同一地貌单元，工程特性差异不大。

（2）根据持力层底面或相邻基底标高的坡度及下卧层厚度差异判定地基 的均匀性。

a、持力层底面的坡度为 2.5%<10%

b、地基持力层及下卧层在基础宽度方向上地层厚度的差值最大为 0.60m， 0.60m＜0.05b＝1.32m。

（3）同一高层建筑虽处于同一地貌单元或同一工程地质单元，但各处地 基土的压缩性有较大差异时，可在计算各钻孔地基变形计算深度范围内当量模 量的基础上，根据当量模量最大值和当量模量最小值的比值判定地基均匀性。

当比值大于地基不均匀系数界限值 K 时，可按不均匀地基考虑。依据《高层建

筑岩土工程勘察标准》JGJ/T72—2017 第 C.0.2-2 公式：

Zn =b（2.5-0.4lnb）

Zn －地基沉降深度；

b－基础宽度，b 取 26.5m。

计算地基沉降深度 Zn 为31.5m，压缩层为自基础底面以下31.5m 处。计

算评价过程如下表 5-2：

表 5-2 各孔当量模量及不均匀系数计算表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 孔 号 | 65# | 66# | 67# | 76# | 77# | 78# |
| 当量模量 Es（MPa） | 8.6 | 8.74 | 8.62 | 9.13 | 9.30 | 9.13 |
| Es的平均值（MPa） | 8.92 | | | | | |
| 不均匀系数界限值 K | 1.56 | | | | | |
| Esmax╱ Esmin | 1.08 | | | | | |

根据上述计算结果，依据《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T72―2017

第 8.2.3 条有关规定，综合确定 1#办公楼属均匀性地基。依照上述同样方法确定 其他各高层建筑物均为均匀地基。

5.4.2 多层均匀性评价

拟建多层建筑物中基础形式待定的按采用天然地基方案可行考虑，则5#、7#、8#～11#办公楼、12#酒店，1#、9#、15#楼裙房，物业管理用房及纯地下车库基础埋深6.70m，基底标高43.00m；3#、6#办公楼无地下室，基底标高按46.00m考虑。综合考虑多层建筑地基持力层、下卧层及以下主要受力层分布，地层坡度及物理力学性质等，经综合分析评价，拟建多层均匀性评价如下表：

表 5-3 地基均匀性统计表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 拟建物名称 | 基础埋深(m) | 均匀性评价 | 地基均匀性 |
| 8#～11#办公楼、1#、9#、15#楼裙房，物业管理用房 | -6.7 | 地基持力层处于同一地貌单元，地基持力层底面坡度小于 10% 持力层及下卧层厚度差小于 0.05b。 | 均匀 |
| 5#、7#办公、12#酒店、纯地下车库 | -6.7 | 地基持力层局部处于不同地貌单元，但局部基本处于2层粉土底部且范围较小，可不考虑其影响。地基持力层底面坡度小于 10% 持力层及下卧层厚度差小于 0.05b。 |
| 5#、7#办公 | -3.7 | 地基持力层处于同一地貌单元，地基持力层底面坡度小于 10% 持力层及下卧层厚度差小于 0.05b。 | 均匀 |

5.5 抗震设防类别

根据《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008）相关规定，本工程抗震设防类别为为标准设防类（丙类）。

5.6 场地土类型及建筑场地类别

勘察期间，我院对拟建场区进行了波速测试，根据我院提交的《山东土地菏泽科技产业园场地土波速测试报告》可知，场区 20m 深度范围内土层的等效剪切波速值在 172-183m/s 之间，根据区域地质资料，拟建场区覆盖层厚度大 于 50m，依据《建筑抗震设计规范》(GB50011－2010)有关规定，判定本场区场 地土类型为中软场地土，建筑场地类别为Ⅲ类，属抗震一般地段。

5.7 地震效应

依据《建筑抗震设计规范》（GB50011－2010）有关规定及《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）附表 G，菏泽市抗震设防烈度为 7 度，设计地震分组为第二组，地震动反应谱特征周期为0.55s，本场区设计基本地震加速度值为0.15g。

5.8 液化判别

根据《建筑抗震设 计规范》（GB50011－2010）（2016 年版）第 4.3.1 条的规定及《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）附表 G，应对场区 20m 深度范围内存在液化土层进行液化判别。本场地年最高水位1.50m计，经初步判别拟建工程20.00m深度范围内②层、④层、⑥层粉土及⑧层粉砂仍具液化可能性。采用标准贯入试验方法进一步判别，依据现行抗震规范第4.3.4条、4.3.5条公式予以判别：



式中 Ncr ------液化判别标准贯入锤击数临界值；

N 0 ------液化判别标准贯入锤击数基准值，取 N =10；

0

ds ------饱和土标准贯入土深度(m)；

dw ------地下水位标高（m）；

 ------黏粒含量百分率，砂土取 3.0；

β------调整系数，第二组取 0.95。

表5-4 标准贯入试验液化判别及液化指数计算成果表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 孔 号 | -  层  -  号  - | 试验  深度 (m) | 液化判别 | | | | | | 液化指数计算 | | | | |
| 地下 水位  dW | 黏粒  含量 ρc | 实测 击数  N | 临界  击数 Ncr | 液化判 别 | 液化区段 | 标贯  点代 表的 土层 厚度  di | 层位影 响权函 数  Wi | 液化 指数  ILEi  - | 液化 指数  ILE  - | 液化 等级 |
| (m) | (%) | (击) | (击) | (m) | m-1 |
| **2** | 2 | 1.65-1.95 | 粉土 | 1.50 | 7.40 | 11.0 | 4.8 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.15-3.45 | 粉土 | 1.50 | 6.90 | 12.0 | 6.9 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 6.15-6.45 | 粉土 | 1.50 | 7.60 | 17.0 | 9.0 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 7.65-7.95 | 粉土 | 1.50 | 7.20 | 12.0 | 10.3 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.15-10.45 | 粉土 | 1.50 | 7.60 | 16.0 | 11.3 | 不液化 |  |  |  |
| **7** | 8 | 16.65-16.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 33.0 | 21.8 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 8 | 18.65-18.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 37.0 | 22.8 | 不液化 |  |  |  |
| 2 | 2.65-2.95 | 粉土 | 1.50 | 6.80 | 13.0 | 6.4 | 不液化 |  |  |  |
| 2 | 4.15-4.45 | 粉土 | 1.50 | 6.60 | 9.0 | 8.1 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 7.65-7.95 | 粉土 | 1.50 | 7.50 | 11.0 | 10.0 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 11.15-11.45 | 粉土 | 1.50 | 8.40 | 15.0 | 11.2 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 17.15-17.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 31.0 | 22.1 | 不液化 |  |  |  |
| **16** | 2 | 1.65-1.95 | 粉土 | 1.50 | 11.80 | 10.0 | 0.0 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.15-3.45 | 粉土 | 1.50 | 7.00 | 10.0 | 6.8 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 6.65-6.95 | 粉土 | 1.50 | 7.20 | 12.0 | 9.6 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 9.65-9.95 | 粉土 | 1.50 | 7.50 | 18.0 | 11.1 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 16.65-16.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 30.0 | 21.8 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 18.65-18.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 34.0 | 22.8 | 不液化 |  |  |  |
| **23** | 2 | 2.15-2.45 | 粉土 | 1.50 | 6.10 | 10.0 | 6.1 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.65-3.95 | 粉土 | 1.50 | 8.80 | 7.0 | 6.5 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 7.15-7.45 | 粉土 | 1.50 | 8.30 | 10.0 | 9.3 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.65-10.95 | 粉土 | 1.50 | 7.80 | 17.0 | 11.4 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 16.65-16.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 30.0 | 21.8 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.65-19.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 32.0 | 23.2 | 不液化 |  |  |  |
| **28** | 4 | 6.65-6.95 | 粉土 | 1.50 | 7.80 | 12.0 | 9.3 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 8 | 17.65-17.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 32.0 | 22.3 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.65-19.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 34.0 | 23.2 | 不液化 |  |  |  |
| **35** | 6 | 10.15-10.45 | 粉土 | 1.50 | 7.50 | 15.0 | 11.4 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 8 | 16.65-16.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 29.0 | 21.8 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.65-19.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 33.0 | 23.2 | 不液化 |  |  |  |
| **37** | 2 | 1.65-1.95 | 粉土 | 1.50 | 6.10 | 12.0 | 5.3 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.15-3.45 | 粉土 | 1.50 | 7.30 | 10.0 | 6.7 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.65-10.95 | 粉土 | 1.50 | 6.80 | 16.0 | 12.2 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 17.15-17.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 40.0 | 22.1 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.15-19.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 35.0 | 23.0 | 不液化 |  |  |  |
| **41** | 2 | 1.65-1.95 | 粉土 | 1.50 | 6.60 | 14.0 | 5.1 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.15-3.45 | 粉土 | 1.50 | 7.30 | 11.0 | 6.7 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 7.15-7.45 | 粉土 | 1.50 | 7.40 | 11.0 | 9.8 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 9.15-9.45 | 粉土 | 1.50 | 8.30 | 11.0 | 10.3 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 11.15-11.45 | 粉土 | 1.50 | 8.60 | 14.0 | 11.0 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 17.15-17.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 27.0 | 22.1 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.65-19.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 33.0 | 23.2 | 不液化 |  |  |  |
| **42** | 8 | 16.65-16.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 30.0 | 21.8 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 8 | 18.65-18.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 32.0 | 22.8 | 不液化 |  |  |  |
| **44** | 2 | 2.15-2.45 | 粉土 | 1.50 | 6.90 | 8.0 | 5.7 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.65-3.95 | 粉土 | 1.50 | 6.90 | 10.0 | 7.4 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 7.65-7.95 | 粉土 | 1.50 | 7.80 | 12.0 | 9.9 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 11.65-11.95 | 粉土 | 1.50 | 7.90 | 13.0 | 11.7 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 17.15-17.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 28.0 | 22.1 | 不液化 |  |  |  |
| **47** | 2 | 2.65-2.95 | 粉土 | 1.50 | 6.80 | 12.0 | 6.4 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 4.15-4.45 | 粉土 | 1.50 | 7.80 | 8.0 | 7.4 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 7.15-7.45 | 粉土 | 1.50 | 7.60 | 13.0 | 9.7 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.15-10.45 | 粉土 | 1.50 | 7.80 | 13.0 | 11.1 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 16.65-16.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 34.0 | 21.8 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 18.65-18.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 37.0 | 22.8 | 不液化 |  |  |  |
| **51** | 2 | 1.65-1.95 | 粉土 | 1.50 | 6.50 | 14.0 | 5.2 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.15-3.45 | 粉土 | 1.50 | 6.00 | 11.0 | 7.4 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 6.65-6.95 | 粉土 | 1.50 | 7.20 | 14.0 | 9.6 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.65-10.95 | 粉土 | 1.50 | 6.60 | 15.0 | 12.3 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 16.15-16.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 34.0 | 21.6 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.15-19.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 40.0 | 23.0 | 不液化 |  |  |  |
| **53** | 4 | 7.15-7.45 | 粉土 | 1.50 | 7.60 | 16.0 | 9.7 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 6 | 11.65-11.95 | 粉土 | 1.50 | 6.80 | 16.0 | 12.6 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 18.15-18.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 29.0 | 22.6 | 不液化 |  |  |  |
| **59** | 2 | 1.65-1.95 | 粉土 | 1.50 | 7.60 | 14.0 | 4.8 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.15-3.45 | 粉土 | 1.50 | 7.50 | 8.0 | 6.6 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 6.65-6.95 | 粉土 | 1.50 | 7.10 | 14.0 | 9.7 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 11.65-11.95 | 粉土 | 1.50 | 8.80 | 12.0 | 11.1 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 16.65-16.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 33.0 | 21.8 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 18.65-18.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 30.0 | 22.8 | 不液化 |  |  |  |
| **65** | 2 | 2.15-2.45 | 粉土 | 1.50 | 7.00 | 10.0 | 5.7 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.65-3.95 | 粉土 | 1.50 | 7.20 | 11.0 | 7.2 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 6.65-6.95 | 粉土 | 1.50 | 7.50 | 14.0 | 9.4 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 16.15-16.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 34.0 | 21.6 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.15-19.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 40.0 | 23.0 | 不液化 |  |  |  |
| **69** | 2 | 2.65-2.95 | 粉土 | 1.50 | 6.60 | 13.0 | 6.5 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 4.15-4.45 | 粉土 | 1.50 | 9.60 | 7.0 | 6.7 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 7.15-7.45 | 粉土 | 1.50 | 6.80 | 13.0 | 10.2 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.65-10.95 | 粉土 | 1.50 | 7.20 | 17.0 | 11.8 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 15.65-15.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 30.0 | 21.3 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 17.65-17.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 35.0 | 22.3 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.65-19.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 38.0 | 23.2 | 不液化 |  |  |  |
| **74** | 2 | 1.65-1.95 | 粉土 | 1.50 | 6.80 | 10.0 | 5.0 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.65-3.95 | 粉土 | 1.50 | 6.80 | 12.0 | 7.4 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 6.15-6.45 | 粉土 | 1.50 | 7.80 | 12.5 | 8.9 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.15-10.45 | 粉土 | 1.50 | 8.50 | 11.0 | 10.7 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 17.15-17.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 38.0 | 22.1 | 不液化 |  |  |  |
| **77** | 2 | 2.15-2.45 | 粉土 | 1.50 | 7.50 | 11.0 | 5.5 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.65-3.95 | 粉土 | 1.50 | 7.30 | 10.0 | 7.2 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 7.15-7.45 | 粉土 | 1.50 | 7.70 | 15.0 | 9.6 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.15-10.45 | 粉土 | 1.50 | 6.60 | 14.0 | 12.1 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 16.15-16.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 29.0 | 21.6 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 19.15-19.45 | 粉砂 | 1.50 |  | 34.0 | 23.0 | 不液化 |  |  |  |
| **82** | 2 | 1.65-1.95 | 粉土 | 1.50 | 7.00 | 10.0 | 5.0 | 不液化 |  |  |  |  |  |
| 2 | 3.15-3.45 | 粉土 | 1.50 | 6.50 | 10.0 | 7.1 | 不液化 |  |  |  |
| 4 | 6.65-6.95 | 粉土 | 1.50 | 7.30 | 11.0 | 9.6 | 不液化 |  |  |  |
| 6 | 10.15-10.45 | 粉土 | 1.50 | 7.80 | 12.0 | 11.1 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 15.65-15.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 25.0 | 21.3 | 不液化 |  |  |  |
| 8 | 18.65-18.95 | 粉砂 | 1.50 |  | 36.0 | 22.8 | 不液化 |  |  |  |

以上结果判别：该场地不液化。

5.9 天然地基强度评价

拟建5#、7#、8#～11#办公楼、12#酒店，1#、9#、15#楼裙房，物业管理用房及纯地下车库基础埋深6.70m，基底标高43.00m，基底基本处于③层粉质黏土，依据《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011)5.2.4 公式，以 21#孔为例计算经 深宽修正后的地基承载力特征值，即：

fa＝fak+ηbγ(b－3)+ηdγm(d－0.5)

式中：

fa：修正后的地基承载力特征值； fak：地基承载力特征值，取 85kPa； γ：基础底面以下土的重度，取 18.0kN／m3； γm：基础底面以上土的加权平均重度，取18.5kN／m3；ηb、ηd：基础宽度和埋深的地基承载力修正系数，取 0、1； b：基础底面宽度，小于 3m 按 3m 取值，大于6m按6m取值； d：基础埋置深度，按车库荷载折算基础埋深取 2.7m（与设计院沟通，车库荷载取50KPa）。计算结果为：fa=125.7kPa。

根据本场地工程地质条件结合地区建筑工程经验，拟建1#、9#、15#楼裙房，物业管理用房及纯地下车库采用天然地基方案可行，以③层粉质黏土作基础持力层，尚应进行抗浮验算，可采用独立基础。

拟建5#、7#、8#～11#办公楼、12#酒店，设计单位可根据修正后的地基承载力特征值结合上部荷载，若采用天然地基能满足要求，则优先考虑采用天然地基方案，宜采用筏板基础。若采用天然地基不能满足要求，可采用复合地基或桩基础方案。

拟建3#、6#办公楼可优先考虑采用天然地基方案，以②层粉土作基础持力层，基础设计时，应考虑软弱下卧层③层粉质黏土的影响，可采用筏板基础或条形基础。若采用天然地基不能满足要求，亦可采用复合地基或桩基础方案。

5.10 复合地基评价

5.10.1 复合地基的选取

拟建高层建筑物若采用复合地基，根据场区土层条件及地区经验，建议宜选用水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）法对地基土进行处理，可采用长螺旋钻孔成桩工艺， 处理至⑧层粉砂或⑨层粉细砂。

拟建多层建筑物若采用复合地基，可处理至⑦层粉质黏土或⑧层粉砂。

5.10.2 有关 CFG 桩参数的取值

根据《建筑地基处理技术规范》JGJ79-2012 及《建筑桩基技术规范》 (JGJ94—2008)，结合当地建筑经验，建议 CFG 桩的侧阻力 特征值 qsi、端阻力 特征值 qp 取值如下表：

表 5-5 CFG 桩的侧阻力及端阻力特征值取值表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 层号 | 岩土名称 | | CFG 桩 | |
| qsi (kPa) | qp (kPa) |
| ② | 粉 | 土 | 22 |  |
| ③ | 粉质黏土 | | 18 |  |
| ④ | 粉 | 土 | 24 |  |
| ⑤ | 粉质黏土 | | 23 |  |
| ⑥ | 粉 | 土 | 25 |  |
| ⑦ | 粉质黏土 | | 28 | 250 |
| ⑧ | 粉 | 砂 | 30 | 450 |
| ⑨ | 粉细砂 | | 35 | 550 |

估算单桩竖向承载力特征值

根据《建筑地基处理技术规范》（JGJ79—2012）第7.1.5-3公式，即：



式中 Ra―单桩竖向承载力特征值；

μp―桩的周长（m）；

Ap―桩的截面积（m2）；

n―桩长范围内所划分的土层数；

αp―桩端端阻力发挥系数，取1.0；

qsi、qp―桩周第i层土的侧阻力特征值、桩端端阻力特征值（kPa）；

li―第i层土的厚度（m）。

估算复合地基承载力特征值

根据《建筑地基处理技术规范》（JGJ79—2012）第7.1.5-2公式，即：

fspk = λm +β(1-m)fsk

m=d2/de2

de=1.13s 正方形布桩

式中λ―单桩承载力发挥系数，取0.8；

fspk―复合地基承载力特征值（kPa）；

m―面积置换率；

Ra―单桩竖向承载力特征值（kN）；

Ap―桩的截面积（m2）；

β―桩间土承载力折减系数，取0.90；

fsk―处理后桩间土承载力特征值（kPa），宜按当地经验取值，如无经验时，可取天然地基承载力特征值；

d―桩身平均直径（m）；

de―一根桩分担的处理地基面积等效圆直径（m），等于1.13s；

s―桩间距（m）。

CFG桩的单桩竖向承载力及复合地基的承载力应通过现场载荷试验确定。当采用CFG桩复合地基时，若在基坑开挖前施工，则基坑开挖至施工桩顶标高时，应采用小型机械配合人工开挖土方，严禁大型施工机械碰撞桩身，发生桩身断裂质量事故。桩顶与基础之间应设置褥垫层，垫层材料可采用级配砂石，建议厚度200～300mm为宜。

5.11 桩基评价

5.11.1 桩基施工条件及成桩可行性分析

拟建场地为空地，拟建场地具有较好的桩基施工条件。若采用混凝土预制桩，其优点主要表现为：①、单桩承载力高；②、桩身质量易于保证和控制，制作方便，且不受地下水位的影响；③、成桩速度快， 不存在泥浆排放问题；④消除液化问题。缺点主要表现为：①、单价相比灌注桩高；②、采用锤击沉桩时，噪声大，对周围土层的扰动大，由于挤土效应会 引起地面隆起、桩产生水平位移或挤断、邻桩上浮等问题；③、不易穿透较厚 较密实地层到达设计标高。

若采用钻孔灌注桩，其优点主要表现为：①、容易钻进，可以穿越较为坚 硬的土层，达到较深的桩端持力层；②、宜用于地下水位以下的黏性土、粉土、 砂土等。缺点：①、成桩质量不易控制和保证；②、对于泥浆护壁灌注桩，存 在泥浆排放造成环境污染等问题。

5.11.2 桩型的选取

拟建1#、2#办公楼及15#楼酒店单柱荷载12000～13000KN，当采用桩基础时，根据拟建场区土层结构的特点分析，结合当地施工经验，建议选用钻孔灌注桩或后注浆钻孔灌注桩方案；亦可采用预制桩方案。

拟建多层建筑物采用天然地基不满足要求时，当采用桩基础时，根据拟建场区土层结构的特点分析，宜采用桩承台基础方案（预制桩）。

5.11.3 桩端持力层的选择

拟建1#、2#办公楼及15#楼酒店采用钻孔灌注桩或后注浆钻孔灌注桩方案时，可选择⑨层粉细砂中下部及⑩层粉质黏土中上部。

拟建1#、2#办公楼及15#楼酒店及多层建筑物采用混凝土预制桩时，可选择⑧层粉砂或⑨层粉细砂 。

5.11.4有关桩的设计参数取值

根据《建筑桩基技术规范》(JGJ94—2008)，结合当地建筑经验及各地基土层的埋藏深度、土性、物理力学性质及原位测试结果，各土层极限侧阻力及端阻力标准值见下表：

表5-6 桩的极限侧阻力、端阻力标准值取值表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层号 | 岩土名称 | 泥浆护壁水下钻孔灌注桩 | | 后注浆钻孔灌注桩 | | 混凝土预制桩 | |
| qsik (kPa) | qpk(kPa) | βi | βp | qsik (kPa) | qpk(kPa) |
| ② | 粉土 | 45 |  | 1.5 |  | 50 |  |
| ③ | 粉质黏土 | 35 |  | 1.4 |  | 38 |  |
| ④ | 粉土 | 48 |  | 1.5 |  | 50 |  |
| ⑤ | 粉质黏土 | 45 |  | 1.4 |  | 50 |  |
| ⑥ | 粉土 | 50 |  | 1.5 |  | 52 |  |
| ⑦ | 粉质黏土 | 55 |  | 1.4 |  | 60 |  |
| ⑧ | 粉砂 | 60 |  | 1.6 |  | 75 | 6500 |
| ⑨ | 粉细砂 | 70 | 1100 | 1.6 | 2.4 | 80 | 9000 |
| ⑩ | 粉质黏土 | 75 | 1200 | 1.4 | 2.2 |  |  |

注：1.βi、βp为后注浆钻孔灌注桩侧阻力、端阻力增强系数。2. 在符合《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）第6.7节后注浆技术实施规定的条件下可采用上述增强系数。

5.11.5 估算单桩竖向极限承载力

当拟建1#、2#办公楼及15#楼酒店采用后注浆钻孔灌注桩时，估算按现行桩基规范5.3.10条公式。

 （5.3.10）

式中：

Quk —单桩竖向极限承载力标准值；

u —桩身周长

qsik、qpk—钻孔灌注桩极限侧阻力、极限端阻力标准值

AP —桩端面积

li —桩穿越第i 层土的厚度

βsi、βp—后注浆侧阻力、端阻力增强系数

K —安全系数，取 K =2

根据土的物理力学指标与承载力之间的经验关系，按桩侧全段加强及桩端加强条件，计算结果见下表：

表5-7 后注浆灌注桩单桩竖向极限承载力估算表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 楼 名 | | | 1#、2#办公楼及15#楼酒店 | | | |
| 计算孔号 | | | 57# | 61# | 67# | 76# |
| 桩顶标高（m） | | | 43.00 | | | |
| 桩底标高（m） | | | 7.00 | | | |
| 有效桩长（m） | | | 36.00 | | | |
| 桩端持力层 | | | ⑩层粉质粘土 | | | |
| 单桩竖向极限承载力标准值（KN） | 桩径0.60m | 计算值 | 7178.76 | 7180.45 | 7159.69 | 7213.99 |
| 建议值 | 7100 | | | |
| Ra | 3550 | | | |
| 桩径0.80m | 计算值 | 9903.26 | 9905.52 | 9877.84 | 9950.23 |
| 建议值 | 9900 | | | |
| Ra | 4950 | | | |

注：以上各数据为估算值，最终桩的承载力应以试桩实际值为准。桩基设计时根据上部荷载等情况，对桩长、桩径进行调整。

5.11.6 桩基施工注意问题及对周边环境的影响

（1）桩基施工时，应严格按照《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）、《建筑地基基础设计规范》（ GB50007-2011）、《建筑基桩检测技术规范》（JGJ106-2014）等有关规定进行试桩、施工和检测。

（2）钻孔灌注桩施工若采用泥浆护壁施工工艺，施工时需排放大量泥浆， 建议对泥浆进行外运并合理排放，防止污染周围环境。

（3）钻孔灌注桩施工时应注意钻孔的缩径、坍塌及桩底浮土、沉渣问题。钻孔达到设计深度，灌注混凝土之前应严格控制沉渣厚度，满足规范要求。

（4）应合理选择钻机型号及成孔工艺，保证成孔、成桩质量。

（5）根据场区地下水条件，建议先成桩后开挖或部分开挖后成桩。

（6）单桩竖向承载力特征值应以静载试验确定的数据为准。

（7）施工过程中应严格按规范要求加强工程质量的监督管理。桩基的监测、 检验要从桩基施工成桩质量开始全过程监测，对于钻孔灌注桩质量检查主要包

括成孔及清孔、钢筋笼制作及安放、砼浇制及灌注。

（8）工程桩检验，除做静载荷试验外，尚应做大应变、小应变桩身强度检测工作。

(9)拟建物若采用预制桩时，以⑧层粉砂作桩端持力层时，桩身需进入持力层一定深度，沉桩时会遇到一定阻力，可选择桩身强度较高的桩型，并选用与单桩承载力相匹配的压桩设备。必要时，可采取引孔措施。若采用该桩型，桩基全面施工前，应进行试桩，并根据试桩结果确定该桩型的适用性与具体单桩承载力。

（10）周围为工厂及居民生活区，预制桩施工方法宜采用静压法，桩端进入持力层的深度，以桩端标高及终压力双重控制。沉桩时，由于挤土效应会引起较高的孔隙水压力，导致土体隆起和土体水平位移。为解决该桩型施工中对周围环境及已施工桩基的影响，可合理安排沉桩顺序，严格控制沉桩速率等方法，必要时设置竖向排水通道、设置防挤沟等。

（11）场区地下水为孔隙潜水及微承压水，预制桩属挤土桩，沉桩施工时土体中会产生较高的孔隙水压力，可能引起临近地下水位上升、土体侧向挤出及向上隆起，应设置合理桩间距，改进施工方法、控制施工速度，避免对临近建筑物产生不良影响。孔隙水压力会随时间逐渐消退，最终会稳定到施工前的地下水位状态。

5.12 基坑工程评价

5.12.1 基坑工程安全等级划分

拟建场区大部分为空地，地形平坦地势开阔，周边环境及地质条件较简单附近无重要建筑物，基础埋深6.7m，基坑开挖自然地面下约4.5m，基底为软塑状的黏性土，依据《建筑岩土工程勘察设计规范》DB37/5052-2015 第 3.2.10 条有关规定，确定本基坑工程安全等级为二级。

5.12.2 基坑工程计算有关参数

依据室内土工试验资料及当地建筑经验，建议基坑工程计算有关参数取值如下表：

表 5-8 基坑工程计算有关参数取值表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层号 | 岩土名称 | | 黏聚力标准值 ck(kPa) | 内摩擦角标准值 φk(º) | γ  (kN/m3) |
| ① | 素填土 | | \*5.0 | \*15.0 | \*17.0 |
| ② | 粉 | 土 | 10.4 | 26.8 | 18.8 |
| ③ | 粉质黏土 | | 17.0 | 8.2 | 18.0 |
| ④ | 粉 | 土 | 9.8 | 28.7 | 19.0 |
| ⑤ | 粉质黏土 | | 21.0 | 9.7 | 18.4 |
| ⑥ | 粉 | 土 | 11.6 | 27.2 | 19.0 |

注：1.表中 ck、φk 为直剪快剪试验标准值，2.带\*的为经验值。

5.12.3 基坑支护

拟建场区开挖深度范围内土层主要为粉土，黏聚力小，边坡稳定性差，容易塌落。 因红线范围内有未拆除的居民用房，且在1#办公楼、8#～10#办公楼附近，若基坑开挖前，将未拆除的居民用房拆除，则周围环境条件相对简单，可采取放坡开挖的支护措施，放坡时可按 1:1 的比例放坡，必要时可采用挂网土钉等处理措施。若未能拆除，1#办公楼、8#～10#办公楼的东侧及北侧应采取放坡开挖及排桩相结合的支护措施，其他部位可采用放坡开挖的支护措施。

基坑支护方案应委托具有相应资质的单位进行专门的支护设 计，根据设计方案选用合理的支护形式和基坑监测方法，基坑施工时严格按设计方案进行支护，确保基坑稳定性和安全施工。

5.12.4 基坑施工的几点建议

1）基坑开挖应根据周边环境、地下水埋深情况设计支护结构，确定开挖 方案，并尽量避开雨季施工。

2）基坑施工前应查明周边管线情况。

3）基坑周边禁止堆放大的荷载或超重车辆通过。

4）基坑边界周围地面应设排水沟，且避免漏水、渗水进入基坑内。

5）开挖至坑底标高后应及时进行基础工程施工。

5.13 基坑降水

勘察期间，从钻孔中测得场区地下水稳定水位埋深5.15-6.57m，稳定水位高程41.69-42.24m。基坑开挖时，视其情况，若需降水可采用轻型井点降水与盲沟集水明排相结合方法，工程降水时应做好排水工作，避免回灌。基坑降水有关参数见表：

表 5-9 基坑降水有关参数取值表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 层号 | 岩 性 | 渗透系数 Kv (m/d) |
| ③ | 粉质黏土 | 0.03 |
| ④ | 粉 土 | 0.5 |
| ⑤ | 粉质黏土 | 0.05 |
| ⑥ | 粉 土 | 0.5 |

5.14 地下室抗浮评价

勘探期间地下水稳定水位埋深5.15-6.57m，稳定水位高程41.69-42.24m。地下水位年自然变幅约2m。地下水抗浮设防水位可按标高46.50m考虑。拟建1#、9#、15#楼裙房，物业管理用房及纯地下车库进行抗浮验算时，可采用增加覆重、加重底板等措施，当无法满足抗浮要求时，可采用抗拔桩或抗浮锚杆等抗浮措施。

根据《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）和《建筑岩土工程勘察设计规范》（DB37/5052-2015）等的相关规定，建议抗拔桩桩侧表面各土层的抗压极限侧阻力标准值qsik（按照泥浆护壁钻孔灌注桩取值）、抗拔系数λ和抗浮锚杆土体与锚固体极限黏结强度标准值frbk按照表5-9选取。抗浮桩和抗浮锚杆的抗拔承载力应通过现场抗拔静载荷试验确定。

| 表5-10 抗拔桩或抗浮锚杆 | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 层序 | 地层名称 | 抗浮桩 | | 抗浮锚杆 | |
| qsik（kPa） | 抗拔系数λ | frbk（kPa） | |
| ③ | 粉质黏土 | 35 | 0.7 | 30 | |
| ④ | 粉土 | 48 | 0.7 | 45 | |
| ⑤ | 粉质黏土 | 45 | 0.7 | 38 | |
| ⑥ | 粉土 | 50 | 0.7 | 45 | |
| ⑦ | 粉质黏土 | 55 | 0.7 | 55 | |
| ⑧ | 粉砂 | 60 | 0.5 | 63 | |
| ⑨ | 粉细砂 | 70 | 0.5 | 70 | |

注：抗浮锚杆为一次常压注浆。

5.15 推荐地基持力层、地基处理方案

拟建1#、9#、15#楼裙房，物业管理用房及纯地下车库采用天然地基方案，以③层粉质黏土作基础持力层，尚应进行抗浮验算，可采用独立基础。

拟建5#、7#、8#～11#办公楼、12#酒店，设计单位可根据修正后的地基承载力特征值结合上部荷载，若采用天然地基能满足要求，则优先考虑采用天然地基方案，宜采用筏板基础。若采用天然地基不能满足要求，建议采用桩承台（预制桩）基础方案。

拟建3#、6#办公楼可优先考虑采用天然地基方案，以②层粉土作基础持力层，基础设计时，应考虑软弱下卧层③层粉质黏土的影响，可采用筏板基础或条形基础。若采用天然地基不能满足要求，建议采用桩承台（预制桩）基础方案。

拟建1#、2#办公楼及15#楼酒店采用后注浆钻孔灌注桩方案，以⑩层粉质粘土作桩端持力层，其后注浆钻孔灌注桩单桩承载力应以现场静载荷试验确定的值为准，初步设计时，可按本报告表5-5中参数进行估算。

# **6 结论与建议**

6.1 结论

6.1.1 根据区域地质数据，场区内无断裂构造通过，根据现场踏勘及勘探亦 不存在对抗震不利的高陡临空面和地基土压缩层内的地下空洞，场地内无地裂缝、滑坡、崩塌、土洞塌陷、建筑边坡等影响场地整体稳定性的不良地质作用，未发现该场地内埋藏有河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物。场区内地层较 连续，分布基本均匀，地基土的强度总体尚可。经综合分析论证，场区为相对稳定场地，适宜本工程的建设。

6.1.2 场区土层 20m 深度范围内的等效剪切波速值在 172－183m/s 之间，拟建场区覆盖层厚度大于 50m。判定本场区场地土类型为中软场地土，建筑场地类别为Ⅲ类，属抗震一般地段。

6.1.3 场区地下水以第四系松散层孔隙水为主。勘察期间从钻孔中测得场区 稳定水位标高41.69-42.24m，平均 42.11m。水位年变幅2m 左右,据调查，年最高水位标高约47.00m，抗浮设计水位可按标高47.00m使用。

按 II 类环境类型，干湿交替考虑，判定地下水对混凝土结构具微腐蚀性， 对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性；按 II 类环境类型，长期浸水考虑，判定地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

场区环境类型按 II 类 B 类，判定拟建场区上部土层对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性。

6.1.4依据《建筑抗震设计规范》（GB50011－2010）有关规定及《中国 地震动参数区划图》（GB18306-2015）附表 G，菏泽市抗震设防烈度为 7 度，设计地震分组为第二组，地震动反应谱特征周期为0.55s，本场区设计基本地震加速度值为0.15g。

根据《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008）相关规定，本工程抗震设防类别为重为标准设防类（丙类）。

6.1.5菏泽市区标准冻土深度可按 0.35m 考虑。

6.1.6 文中标高为绝对高程。高程基准点位于长江路中心线上一点处，用 钢钉标记标，坐标 X＝3899256.9492，Y＝503047.8458，H＝48.80m。

6.2 建议

6.2.1拟建1#、9#、15#楼裙房，物业管理用房及纯地下车库采用天然地基方案，以③层粉质黏土作基础持力层，尚应进行抗浮验算，可采用独立基础。

拟建5#、7#、8#～11#办公楼、12#酒店，设计单位可根据修正后的地基承载力特征值结合上部荷载，若采用天然地基能满足要求，则优先考虑采用天然地基方案，宜采用筏板基础。若采用天然地基不能满足要求，建议采用桩承台（预制桩）基础方案。

拟建3#、6#办公楼可优先考虑采用天然地基方案，以②层粉土作基础持力层，基础设计时，应考虑软弱下卧层③层粉质黏土的影响，可采用筏板基础或条形基础。若采用天然地基不能满足要求，建议采用桩承台（预制桩）基础方案。

拟建1#、2#办公楼及15#楼酒店采用后注浆钻孔灌注桩方案，以⑩层粉质粘土作桩端持力层，其后注浆钻孔灌注桩单桩承载力应以现场静载荷试验确定的值为准，初步设计时，可按本报告表5-5中参数进行估算。

6.2.2 基础设计时应考虑不同地基基础产生的差异沉降变形。

6.2.3 基槽开挖后应做好验槽工作，采用天然地基的基槽开挖后应及时做好钎探工作，以验证地基的均匀性及进一步验证地基下有无影响场地稳定的墓穴、空洞、枯井、建筑基础等对建筑物不利的埋藏物。

6.2.4 当采用钻孔灌注桩成孔施工时，应做好泥浆护壁，防止砂层塌孔，影 响成孔成桩质量。成孔后应及时清孔，确保清孔干净，减少沉渣。同时采取有 效措施及时处理泥浆，以防污染环境。

6.2.5 在进行钻孔灌注桩基础施工时，宜采用先成桩后开挖的施工工艺。

6.2.6 桩基施工前建议采用静载荷试验就单承载力进行试桩检验。桩基施工 后建议采用大、小应变就成桩质量进行检验。

6.2.7 进行桩基变形验算时，压缩模量 Es 应按实际应力范围取值。

6.2.8 基坑开挖前应先委托有资质的单位进行基坑支护设计，基坑稳定性计 算参数见表 5-7。

6.2.9 建议基坑周边做好排水措施，避免雨水及其它用水渗入基坑，影响基 坑稳定及安全施工。

6.2.10 建议基坑降水采用井点降水与盲沟集水明排相结合方法，必要时， 可通过现场抽水试验确定降水参数.

6.2.11拟建1#、9#、15#楼裙房，物业管理用房及纯地下车库进行抗浮验算时，可采用增加覆重、加重底板等措施，当无法满足抗浮要求时，可采用抗拔桩或抗浮锚杆等抗浮措施。相关参数按照表5-9选取。抗浮桩和抗浮锚杆的抗拔承载力应通过现场抗拔静载荷试验确定。

6.2.12 建议对拟建高层建筑物应进行变形观测。

6.2.13 本报告中的计算如果存在与设计文件相悖之处，应以设计文件为准，待场地条件允许后，建设方应通知我单位对10#、11#、45#勘探孔进行补勘。