

工程 编号	鲁地济勘字

济南海信九麓府建设项目

# 岩土工程勘察报告



山东省地矿测绘院

二〇一六年六月

工程名称：济南海信九麓府建设项目岩土工程勘察

工程编号：

勘察阶段：详 勘

批 准 人：

审 定 人：

审 核 人：

项目负责人：

编 写 人：

勘察单位：山东省地矿测绘院

日 期：二〇一六年六月

# 目 录

<b>1 前言</b> .....	<b>1</b>
1.1 工程概述 .....	1
1.2 勘察目的、任务及要求 .....	1
1.3 依据规范、标准及规程 .....	1
1.4 勘察阶段及等级划分 .....	2
1.5 勘察工作量布置及工作方法 .....	2
1.6 完成工作量及质量评述 .....	3
<b>2 气象与水文</b> .....	<b>3</b>
2.1 气象 .....	3
2.2 水文 .....	4
<b>3. 区域地质</b> .....	<b>4</b>
3.1 区域地层 .....	4
3.2 区域断裂 .....	5
3.3 区域地壳稳定性 .....	6
<b>4 场区岩土工程条件</b> .....	<b>7</b>
4.1 地形、地貌 .....	7
4.2 地下水特征 .....	7
4.3 地层结构及岩土物理力学性质 .....	7
<b>5 岩土工程分析与评价</b> .....	<b>12</b>
5.1 场地稳定性与适宜性评价 .....	12
5.2 地震效应评价 .....	12
5.3 特殊性岩土分析与评价 .....	12
5.4 地基土工程性质评价 .....	12
5.5 地下水与场地土腐蚀性评价 .....	13
<b>6 地基基础方案分析与评价</b> .....	<b>14</b>
6.1 天然地基方案分析与评价 .....	14
6.2 桩基础方案分析与评价 .....	16

6.3 建筑物变形特征预测 .....	19
<b>7 地下建筑物抗浮评价</b> .....	<b>19</b>
<b>8 基坑工程</b> .....	<b>19</b>
8.1 基坑开挖评价 .....	19
8.2 基坑降水及支护评价 .....	19
8.3 基坑工程注意事项 .....	20
<b>9 结论与建议</b> .....	<b>20</b>
9.1 结论 .....	20
9.2 建议 .....	21

## 附图表:

1、图例	01 张
2、建筑物与勘探点平面布置	01 张
3、工程地质剖面图	34 张
4、钻孔柱状图	51 张
5、勘探点主要数据一览表	03 张
6、标贯分层统计表	06 张
7、土工试验成果报告表	08 张
8、易溶盐化学分析报告表	01 张
9、水质分析报告表	01 张
10、固结试验成果图	12 张
11、综合固结试验成果图	03 张
12、预应力管桩单桩竖向极限承载力标准值估算计算书	01 份
13、钻孔灌注桩单桩竖向极限承载力标准值估算计算书	01 份
14、后注浆灌注桩单桩承载力标准值估算计算书	01 份
15、《济南海信九麓府建设项目波速测试报告》	01 份
16、岩土工程勘察委托任务书	01 份

## 符 号 说 明

w: 含水率	%
G <sub>s</sub> : 比重	
γ: 重度	kN/m <sup>3</sup>
γ <sub>d</sub> : 干重度	kN/m <sup>3</sup>
e: 孔隙比	
S <sub>r</sub> : 饱和度	%
W <sub>L</sub> : 液限	%
W <sub>p</sub> : 塑限	%
I <sub>p</sub> : 塑性指数	
I <sub>L</sub> : 液性指数	
c: 粘聚力	kPa
φ: 内摩擦角	度
a <sub>1-2</sub> : 压缩系数	MPa <sup>-1</sup>
E <sub>s1-2</sub> : 压缩模量	MPa
N: 标准贯入试验实测锤击数	击
N': 标准贯入试验锤击数修正值	击
f <sub>ak</sub> : 地基土承载力特征值	kPa
q <sub>sik</sub> : 桩的极限侧阻力标准值	KPa
q <sub>pk</sub> : 桩的极限端阻力标准值	KPa
n: 数据个数	
σ: 标准差	
δ: 变异系数	
X <sub>max</sub> : 最大值	
X <sub>min</sub> : 最小值	
X <sub>m</sub> : 平均值	
X <sub>k</sub> : 标准值	

## 1 前言

### 1.1 工程概述

受济南海博置业有限公司的委托，山东省地矿测绘院（以下简称我院）对其拟建的“济南海信九麓府”建设项目进行了详细勘察阶段的岩土工程勘察工作，为地基基础设计、施工提供所需的岩土工程资料。

野外勘探及原位测试工作时间为：2016年4月26~29日，2016年5月08~19日，2016年6月12~16日，2016年06月20日提交土工试验报告，2016年06月24日提交本岩土工程勘察报告。

拟建项目场地位于济南市二环西路以东，二环北路以南。该工程由山东同圆设计集团有限公司设计，平面尺寸见“建筑物与勘探点平面位置图”。拟建建筑主要设计参数见下表 1-1：

表 1-1 拟建建筑物设计参数一览表

楼号	地上层数 (层) /高度 (m)	地下 层数 (层)	结构 形式	长度 (m) ×宽度 (m)	室内坪 (m)	室外 坪 (m)	基础 埋深 (m)	拟用 基础 类型	基底 平均 压力 kN/m <sup>2</sup>	单桩承 载力特 征值 (KN)	最大柱 荷载 (kn)
1#住宅	33/96.30	3	剪力 墙	79.05× 15.05	27.35	26.90	10.25	桩基或 筏板	560	4200	--
2#住宅	33/96.50	3	剪力 墙	79.65× 15.05	27.40	26.75	10.05	桩基或 筏板	560	4200	--
3#住宅	32/93.25	2	剪力 墙	39.20× 15.05	27.05	26.60	7.25	桩基或 筏板	560	4200	--
4#住宅	17/50.30	3	剪力 墙	39.20× 14.15	27.50	26.80	10.1	桩基或 筏板	330	3000	--
5#住宅	28/82.40	3	剪力 墙	78.00× 15.05	27.55	27.05	10.6	桩基或 筏板	500	4200	--
6#住宅	29/85.30	2	剪力 墙	78.00× 15.05	27.45	26.95	7.6	桩基或 筏板	500	4200	--
配套 公建	4/15.45	1	框架	78.65× 15.00	26.85	26.40	5.7	桩基或 筏板	--	--	6500
沿街商铺(4# 底商部分)	1/3.9	无	框架	53.00× 4.00	27.10	26.80	1.0 (暂估)	独立 基础	--	--	1000
沿街商铺(4# 东侧部分)	2/8.7	2	框架	36.10× 10.00	27.10	26.80	9.2 (暂估)	独立 基础	--	--	1000
沿街商铺(5# 底商部分)	1/3.9	无	框架	85.00× 8.00	27.15	26.85	1.0 (暂估)	独立 基础	--	--	1000
沿街商铺(6# 底商部分)	1/3.9	无	框架	78.00× 6.00	27.05	26.75	1.0 (暂估)	独立 基础	--	--	1000
地下车库 (1F)	/	1	框架	89.40× 89.07	21.7 (暂估)	26.50	1.0 (暂估)	桩基或 筏板	--	--	4400
地下车库 (2F)	/	2	框架	157.00× 69.38	19.1 (暂估)	27.00	1.5 (暂估)	桩基或 筏板	--	--	4400

(注：表中地下车库部分基础埋深为室内坪标高-基础底标高，其余建筑物基础埋深=室外坪标高-基础底标高，)

### 1.2 勘察目的、任务及要求

本次勘察的主要目的是为施工图设计提供详细可靠的岩土工程资料及有关岩土工程参数，依据有关规范规定，确定本次勘察的目的、任务如下：

(1) 查明建筑场地的地层结构、均匀性、地层分布规律，各地基岩土层的物理力学性质，并对其均匀性、承载力作出评价；

(2) 查明建筑场地内有无影响场地稳定的不良地质作用，查明成因、分布、规模、发展趋势等，提供评价与整治所需的岩土技术参数和整治方案，并对场地的稳定性作出评价；

(3) 查明埋藏的古河道，暗浜、暗塘、洞穴或其它人工地下设施和孤石等对工程不利的埋藏物，查明特殊性岩土对场地、地基稳定性的影响；

(4) 查明场区地下水的埋藏条件、类型、水位埋深、年变幅及其腐蚀性等；

(5) 查明场地地基土对建筑材料的腐蚀性；

(6) 判定场建筑场地类别，提供抗震设计有关参数，对拟建场区场地和地基的地震效应作出评价；

(7) 对地基基础方案作出分析评价，提供相关岩土设计参数。

(8) 对采用地基处理或桩基适宜性、持力层选择提出建议，提供桩的极限侧阻力，极限端阻力和变形计算参数，对沉桩的可行性、施工时对环境的影响及桩基施工中应注意的问题提出意；

(9) 提供基坑开挖、设计所需的岩土参数，对基坑支护类型的选择进行分析评价；

(10) 确定场地土的标准冻结深度；

### 1.3 依据规范、标准及规程

(1) 《岩土工程勘察规范》GB50021-2001（2009年版）

(2) 《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ72-2004)

(3) 《建筑岩土工程勘察设计规范》(DB37/5052-2015)

(4) 《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)

- (5) 《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2012)
- (6) 《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)
- (7) 《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223-2008)
- (8) 《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)
- (9) 《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012)
- (10) 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》(JGJT87-2012)
- (11) 《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)
- (12) 《岩土工程勘察文件编制标准》DBK14—S3—2002 (山东省标准)
- (13) 《房屋建筑与市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》(2010 版)
- (14) 工程建设标准强制性条文 (房屋建设部分)
- (15) 《岩土工程勘察委托任务书》

#### 1.4 勘察阶段及等级划分

该项目勘察阶段为：详细勘察。

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)(2009 年版)第 3.1 条、《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ72-2004)第 3.0.1 条的规定，综合确定各建筑物的岩土工程勘察等级；根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)第 3.0.1 条的规定结合《岩土工程勘察委托任务书》确定拟建建筑物地基基础设计等级；根据《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223-2008)第 6.0.12 条的规定经与设计单位沟通确定各建筑物的建筑抗震设防分类。

表 1-2 各拟建建筑物勘察等级

建筑物名称	工程重要性	场地的复杂程度	地基的复杂程度	勘察等级	地基基础设计等级	建筑抗震设防分类
1#住宅	一级	二级	二级	甲级	甲级	标准设防
2#住宅	一级	二级	二级	甲级	甲级	标准设防
3#住宅	一级	二级	二级	甲级	甲级	标准设防
4#公建	二级	二级	二级	乙级	甲级	标准设防
5#公建	一级	二级	二级	甲级	甲级	标准设防
6#住宅	二级	二级	二级	乙级	甲级	标准设防

建筑物名称	工程重要性	场地的复杂程度	地基的复杂程度	勘察等级	地基基础设计等级	建筑抗震设防分类
配套公建	三级	二级	二级	乙级	甲级	标准设防
沿街商铺	三级	二级	二级	乙级	甲级	标准设防
地下车库	三级	二级	二级	乙级	甲级	标准设防

#### 1.5 勘察工作量布置及工作方法

##### 1.5.1 勘察工作量布置

按方格网结合建筑物外轮廓线及地下车库范围线，对拟建场地布设钻孔 107 个。勘探点间距 5.11m~30.00m，勘探线间距 6.00m~30.00m，勘探点间距、勘探线间距均满足规范要求。各拟建建筑物勘探点布置深度见下表 1-3：

表 1-3 各拟建建筑物勘探点深度布置表

建筑物名称		一般性孔深 (m)	控制性孔深 (m)
高层住宅 (1、2、3、4、5、6#楼)		50.0	55.0
沿街商铺	地上 1 层无地下	12.0	15.0
	地上 2 层地下 2 层	25.0	30.0
配套公建		25.0	30.0
地下车库 1 层		12.0	15.0
地下车库 2 层		25.0	30.0

详见“建筑物与勘探点平面位置图”。

##### 1.5.2 工作方法

本次勘察采用野外工程钻探、标准贯入试验、波速试验、取原状土样(扰动样)及水样、工程测量及室内土工试验等综合方法。

(1) 工程钻探：钻探工作采用 7 台 XY-1 型钻机，3 台 DPP-100 型钻机完成，当处于水位以上时，采用合金钻具干钻；水位以下的粘性土、粉土，采用泥浆护壁，合金钻具回转钻进。通过钻探查明了地基岩土的性质、厚度和分布情况，同时保证了各项试验的顺利进行。

(2) 取样：钻孔内使用薄壁取土器及单动三重管回转取土器采取 I 级土样。

(3) 原位测试：

①标准贯入试验：采用自动脱钩的落锤贯入法，保证孔底无残余，在锤击 15cm

后，测读 30cm 的读数。

②波速测试：本次选取 6 个钻孔采用综合工程物探仪测定高层建筑部位场地土的剪切波速值。

(4) 工程测量：本次勘察各钻孔孔位坐标采用 2000 国家大地坐标系，高程采用 1985 年国家高程基准，由我院采用动态 RTK 现场放样测量，RTK 采用“JNCORS”系统。

(5) 室内土工试验：试验项目主要有常规物理力学性质指标测试、三轴剪切试验、粘粒含量分析、高压固结试验、易溶盐含量测试、水质简分析。

## 1.6 完成工作量及质量评述

### 1.6.1 完成工作量

实际完成钻探孔 107 个,其中取土孔 29 个,取土、标贯孔 31 个,标贯孔 47 个,钻孔验收完成后均采用原土均匀回填,每 0.5~1.0m 分层捣实。具体完成工作量如下表 1-4:

表 1-4 实际完成工作量一览表

序号	工作内容		单位	工作量
1	钻探	孔数	个	107
		钻探进尺	米	3735.00
2	原位测试	标准贯入试验	点次	206
		波速试验	点/米	6/120
4	钻孔取样	原状土样 (I)	件	190
		扰动样 (III)	件	20
		水样	组	2
5	室内试验	常规试验	件	190
		三轴剪切试验	件	31
		粘粒含量分析试验	件	12
		颗粒分析试验	件	7
		高压固结试验	件	21
		易溶盐试验	组	4
		水质分析	组	2
6	工程测量		组日	2

### 1.6.2 质量评述

本次勘察任务野外施工质量较好，资料翔实可靠，能够满足施工图设计阶段的要求，报告依据《岩土工程勘察文件编制标准》、山东省标准（DBK14-S3-2002）和有关规范要求进行编制。

## 2 气象与水文

### 2.1 气象

#### 2.1.1 气温

济南市气温七月最高，一月最低，年平均气温为 14.3℃，累年极值最高气温为 42.5℃(1955 年 7 月 24 日)，极值最低气温为-19.7℃(1953 年 1 月 17 日)。从历年气温统计资料分析，其年平均气温呈逐渐增高趋势。

#### 2.1.2 降水量

济南市年平均降水量为 669.30mm，年最小降水量为 320.70mm，年最大降水量为 1283.40mm(1973 年)，历年月最大降水量为 504.50mm(1962 年 7 月)，24 小时最大降水量为 298.40mm(1962 年 7 月 13 日)；24 小时最大降雪量为 190mm(1971 年 3 月 2 日)。年内降水主要集中在 6、7、8 月份，多以暴雨形式降落，三个月的降水量占全年降水量的 65%。

#### 2.1.3 蒸发量

济南市月平均蒸发量一月份最小，为 61.10 mm；六月份最大，为 340.30mm；多年平均蒸发量为 2263.00mm。

#### 2.1.4 湿度与气压

绝对湿度，月平均为 8.54 毫巴，各月的大小不均，七月份平均为 18.93 毫巴，冬季最小为 3 毫巴以下，相对湿度月平均为 57.33%。气压平均为 1010.5 毫巴，一月份最高为 1021.2 毫巴，七月份最低为 996.5 毫巴。

#### 2.1.5 风速与风向

济南地区主要以 SSW 风向为主，累年极大风速为 33.3m/s(1951 年 7 月 21 日)，风向 W；最大月平均风速为 16.3m/s，最小月平均风速为 1.0m/s。

### 2.1.6 冻土

据济南市气象台 1954~1970 年资料，全年最早冻结日期为十二月中旬，最晚为次年二月中旬，一般在一月上旬开始冻结；最早解冻日期为一月上旬，最晚为三月上旬，平均为二月上旬。最长连续冻结日数为 81 天(1966 年 12 月 8 日~1967 年 3 月 6 日)，最短冻结日数为 13 天(1964 年 1 月 12 日~24 日)，平均连续冻结日数在 30 天左右。济南市标准冻结深度 0.50 米。

### 2.2 水文

场区属黄河流域，北距黄河约 1.5km。黄河现行河道，自平阴县东阿镇后姜沟进入济南，沿市境逶迤东北，流经平阴县、长清区、槐荫区、天桥区、历城区、章丘市，于济阳市仁风镇老桑家渡出境。境内总长 183.35km。其支脉河流均从右侧南岸汇入，自上而下主要有郎溪河、玉带河、清水沟、南大沙河、北大沙河、玉符河等，此外还有流经平阴县原店子、孔村、孝直三乡镇的汇河及源于章丘原阎家峪乡东南山峪的茶叶河，均为黄河支脉大汶河水系。济南市境内的入黄诸河流域面积共 1973.2km<sup>2</sup>。据泺口水文站资料，黄河多年平均径流量 435 亿 m<sup>3</sup>，2011 年径流量 215.3 亿 m<sup>3</sup>；多年平均流量 1387m<sup>3</sup>/s，2011 年实测平均流量 683 m<sup>3</sup>/s；最大流量 3580m<sup>3</sup>/s，出现在 9 月 22 日，最小流量 87.1 m<sup>3</sup>/s，出现在 2 月 16 日。

水少沙多是黄河下游的特点，泥沙年际和年内分布不均。泺口水文站 1986~2010 年，多年平均输沙量 3.45×10<sup>8</sup>t，1985 年最大达 21.5×10<sup>8</sup>t，1960 年最小仅 2.28×10<sup>8</sup>t。多年平均含沙量 18.72kg/m<sup>3</sup>，1973 年 9 月 6 日最大含沙量 221 kg/m<sup>3</sup>，最小含沙量为零。济南段主河槽年均淤厚约 0.05m。滩地捻军抬高约 0.1m，河道早已成为地上悬河。黄河最大洪水主要集中在 6~9 月份，凌汛一般发生在 12 月份至来年 2 月份；黄河在济南河段的结冰期最早在 12 月上旬，最晚在 1 月上旬开始结冰，流冰期为半月左右。

## 3. 区域地质

### 3.1 区域地层

济南市地处华北地层区鲁西及华北平原地层分区，济南市区、章丘及长清以北广大地区被新生代地层覆盖，南部基岩出露有新太古代泰山岩群，早古生代长清群、九龙群及马家沟群，晚古生代月门沟群、石盒子群及石千峰群，中生代淄博群、莱阳群

及青山群。新太古代地层仅零星分布于历城区与章丘市交界处的南部山区，早古生代碳酸盐岩地层出露于中南部广大山区，形成风景优美的蟠龙山、大峰山、五峰山、卧虎山、金象山、千佛山、英雄山、马鞍山、笔架山、围子山、九顶山等群山及莲花洞、黄花洞、鹁鸽洞、白云洞、朝阳洞、老虎洞、龙洞等碳酸盐岩溶洞；晚古生代碎屑岩夹煤系地层主要分布于历城及章丘中北部、济阳南部及槐荫区西北部地区，大部分被第四系覆盖，仅章丘的曹范、埠村、普集等地少量出露，是济南市煤矿资源的产出地层和主要产地；中生代碎屑岩及火山凝灰岩地层小范围分布于章丘东部的高官寨、刁镇、绣惠、普集等地，大部分被第四系覆盖，仅绣惠、普集东山上出露。

#### 3.1.1 新生代（第四纪—古近纪）松散地层

济南市新生代地层分布在广大中北部平原地区、山前地带、山间盆地及河流两侧。齐河—广饶断裂以北，华北拗陷区自下而上依次分布古近纪济阳群、新近纪黄骅群及第四纪地层，厚度最大可达 3000 m。齐河—广饶断裂以南缺失古近纪地层。市区大致在小清河以北、长清区在玉符河、南大沙河、北大沙河下游地带，自下而上依次分布新近纪黄骅群和第四纪平原组、黑土湖组及黄河组地层，总厚度 150~300m 不等；以南地区新近系仅零星分布巴漏河组，上覆第四系以大站组及羊栏河组为主，沂河组及临沂组条带状分布于河谷地带，总厚度数米至上百米不等。

表 3-1 济南市新生界地层划分表

年代地质			岩石地层				
界	系	统	群	组		代号	
新生界	第四系	全新统	黄河组	白云湖组	沂河组	Qhhh, Qhb, Qhy	
						临沂组	Qhl
						黑土湖组	Qhh
		更新统	平原组		大站组	Qpp, Qpd	
					羊栏河组	Qpp, Qpy	
	新近系	上新统	黄骅群	明化镇组	巴漏河组	N <sub>2m</sub> , N <sub>2b</sub>	
		中新统		馆陶组		N <sub>1g</sub>	
	古近系	渐新统	济阳群	东营组		E <sub>3d</sub>	
		始新统		沙河街组		E <sub>2-3f</sub>	
		古新统		孔店组		E <sub>1-2k</sub>	



### 3.1.2 基岩地层

由老到新、从南往北依次出露有新太古界，早古生代寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系，新生代三叠系、侏罗系和白垩系。岩石地层包括泰山群、九龙群、长清群、马家沟群、月门沟群、石盒子群、石千峰群、淄博群、莱阳群、青山群等十个群和雁翎关组、山草峪组、柳杭组、朱砂洞组、馒头组、张夏组、崮山组、炒米店组、三山子组、东黄山组、北庵庄组、土峪组、五阳山组、阁庄组、八陡组、本溪组、太原组、山西组、黑山组、万山组、奎山组、孝妇河组、孙家沟组、刘家沟组、坊子组、三台组、城山后组、八亩地组等 28 个组。

表 3-2 济南地区基岩地层表

年代地质			岩石地层			地层厚度 (m)	地质特征
界	系	统	群	组	代号		
中生界	白垩系	下统	青山群	八亩地组	K <sub>1b</sub>	1779	玄武岩、玄武安山岩、安山岩夹集块角砾岩及凝灰岩
			莱阳群	城山后组	K <sub>1c</sub>	40-403	灰黄色长石砂岩、浅灰红色粉砂岩夹灰绿色安山质沉凝灰岩
	侏罗系	上统	淄博群	三台组	J <sub>3</sub> K <sub>1s</sub>	600	砖红或杂色长石砂岩，下部夹两层紫色砾岩
		中统		坊子组	J <sub>2f</sub>	300	灰白色砂岩夹炭质页岩、紫色页岩，底部为复成分砾岩，不夹煤层
	三叠系	下统	石千峰群	刘家沟组	T <sub>1l</sub>	368	砖红色细粒长石石英砂岩
				孙家沟组	T <sub>1s</sub>	204	紫红色粉砂质泥岩，局部夹含燧石条带泥岩及凝灰质细砂岩，底部发育砂砾岩
早古生界	二叠系	乐平统	石盒子群	孝妇河组	P <sub>3x</sub>	>104	灰黄-黄绿色砂岩、泥岩及紫红色泥岩
		阳新统		奎山组	P <sub>2k</sub>	6-68	灰白色中-粗粒长石石英砂岩
				万山组	P <sub>2w</sub>	98-155	黄绿色砂岩与杂色泥岩，上、下夹铝土质泥岩
				黑山组	P <sub>2h</sub>	103	黄绿、灰绿色砂岩夹粉砂岩及泥岩
	石炭系	上石炭统	月门沟群	山西组	P <sub>1-2s</sub>	72	黑灰-深灰色泥岩、粉砂岩为主夹 3~4 层煤
				太原组	C <sub>2</sub> P <sub>1t</sub>	128	黑-灰黑色泥岩、粉砂岩夹 5 层灰岩及 5 层煤，顶底均以灰岩为标志层
				本溪组	C <sub>2b</sub>	>30	紫色、杂色铁铝质泥岩、铝土岩及粉细砂岩组合，底部为灰色铝土质泥岩、杂色泥岩。
晚古生界	奥陶系	上统	马家沟群	八陡组	O <sub>2-3b</sub>	145-189	深灰色、灰黄色中厚层微晶灰岩及藻屑粉晶灰岩为主夹少量灰质白云岩及白云质灰岩
		中统		阁庄组	O <sub>2g</sub>	24-142	黄灰色中薄层粉晶白云岩及细晶白云岩
				五阳山组	O <sub>2w</sub>	118-369	灰色中厚层泥晶灰岩、云斑灰岩夹中薄层白云岩为主，中下部灰岩中含燧石结核
				土峪段	O <sub>2t</sub>	40-74	土黄色、紫灰色中薄层微晶白云岩为主夹中层喀斯特化角砾岩
				北庵庄段	O <sub>2b</sub>	200-355	灰-深灰色中薄层微晶灰岩、厚层豹皮状灰岩为主，中上部夹少量白云岩及泥质白云岩
				东黄山段	O <sub>2d</sub>	9-40	黄灰、黄绿色薄层泥质条带白云岩及泥质灰岩，顶部膏溶现象发育，底部为复成分细砾岩

新太古界	寒武系	下统	九龙群	三山子组	C <sub>4</sub> O <sub>1s</sub>	37-231	褐灰-灰白色中厚层状白云岩，上部含有较多燧石结核及条带
		芙蓉统		炒米店组	C <sub>4</sub> O <sub>1c</sub>	169-276	灰色薄层泥质条带灰岩、生物碎屑、砾屑灰岩及中厚层竹叶状夹鲕状灰岩，局部发育柱状叠层石
		第三统		崮山组	C <sub>3-4g</sub>	50-115	竹叶状灰岩-薄层灰岩-页岩反复叠置而成
				张夏组	C <sub>3z</sub>	118-217	厚层鲕状灰岩、叠层石藻礁灰岩、藻凝块灰岩及黄绿色页岩、薄层灰岩等
	第二统	长清群	馒头组	C <sub>2-3m</sub>	164-309	灰紫-紫红色粉砂质页岩、长石石英砂岩及黄绿色页岩夹云泥岩、泥灰岩、鲕状灰岩	
			朱砂洞组	C <sub>2z</sub>	10-30	灰白色厚层含燧石结核和条带白云岩夹薄层泥岩、灰质白云岩、藻纹层白云岩	
泰山岩群				柳杭组	Ar <sub>3l</sub>	>4000	主要岩性为黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩及黑云变粒岩等
				山草峪组	Ar <sub>3s</sub>		
				雁翎关组	Ar <sub>3y</sub>		

### 3.2 区域断裂

济南地区南依泰山隆起，北临齐河~广饶大断裂，大地构造上处于鲁中南隆起与鲁西北拗陷的衔接地带。中生代以来，由于鲁西地块差异性升降运动强烈，发生了大规模的构造运动，形成了北西向、北东向和近东西向的构造体系，其中以北西向断裂最为发育。这些断裂将古生界寒武、奥陶、石炭、二叠系地层切割成大小不等的断块，形成了以古生代地层为主体、向北倾斜的单斜构造单元。区域地质构造以断裂为主，周围的主要断裂有千佛山断裂、炒米店断裂。（见图 1 区域地质构造纲要图）

#### 3.2.1 千佛山断裂

位于勘察区东侧约 6.0Km 处。呈近南北向展布，是济南市区较大的断层，南起变质岩区的金牛山，经大泉庄、孤山、天井峪、簸箕掌山西侧，向北穿越千佛山西哑口延伸过黄河，隐伏于第四系之下，全长 36km。该断层北西向段由 2—3 条近平行的断层组成，具早期张扭性后期压性特征，断裂主体倾向南西，在同一地点西盘地层时代较新，断距最大可达 450m，断面倾角陡，一般为 70°~80°，两盘地层呈东西条带状展布，是一条大型正断层。该断层自千佛山西哑口进入济南市区至黄河洛口段走向 N10°-30°W，倾向南西，断层东西两侧地层有明显不同，据钻探资料，断层西侧岩体与灰岩接触明显迁移，而断层以东岩体与灰岩接触带向北推移了近 1500m，由于该断层的切割作用，为济南四大泉群的形成创造了条件。

#### 3.2.2 炒米店断裂

位于勘察区西南侧，距勘察区约 10.0km。介于马山断裂和千佛山断裂之间，由一

组北北东向展布的地堑式断裂束所组成，又称炒米店地堑。总体走向近南北。地堑南部收缩变窄，宽约 250m，北部较开阔，宽约 2.5km。炒米店断裂各单支断层的断距一般 100m 左右。

### 3.3 区域地壳稳定性

本区最晚的构造体系应属燕山晚期的产物，喜马拉雅运动以来泰山等山脉缓慢上升，华北平原缓慢下降，以前无明显的大规模活动性断裂发生。因此，主要以地震活动来评价区域地壳稳定性。山东境内较大的活动断裂如郯庐、聊考断裂，严格控制着强震的发生。济南市东距郯庐断裂 165km，

西至聊考断裂 80km，处于地震震中网络的空白部位，缺乏强震产生的地质背景，因此，历史上地震规模较小，震源小，震级亦低，晚第三纪以来活动性断裂有千佛山断裂、马山断裂、平安店断裂，震级较弱。据中国地震目录记载，济南市自 1375 年以来，震级在 3 级以上的地震共有 16 次，其中破坏性地震二次，发生地震最高震级为 5.5 级，其余多为有感地震。长清以北老屯庄在 1622 年 4 月 17 日曾发生 5.5 级地震一次。千佛山断裂近 600 年来发震频率较高，发震 8 次，震级 3—3.5 级，震间平静期为 28—277 年，震级和平静期无增减趋势，且震中位置多在下盘北段，弱震密度相对较低。1978 年泺口地震震源 14km，为近期浅源地震，因震级低（3.1 级），对勘察区影响不大。另外，根据应变能释放理论，千佛山断裂小震频发将起着缓解强震作用。

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306—2015），勘察区地震动峰值加速度为 0.05g，对应地震基本烈度为 VI 度，属地壳稳定区。

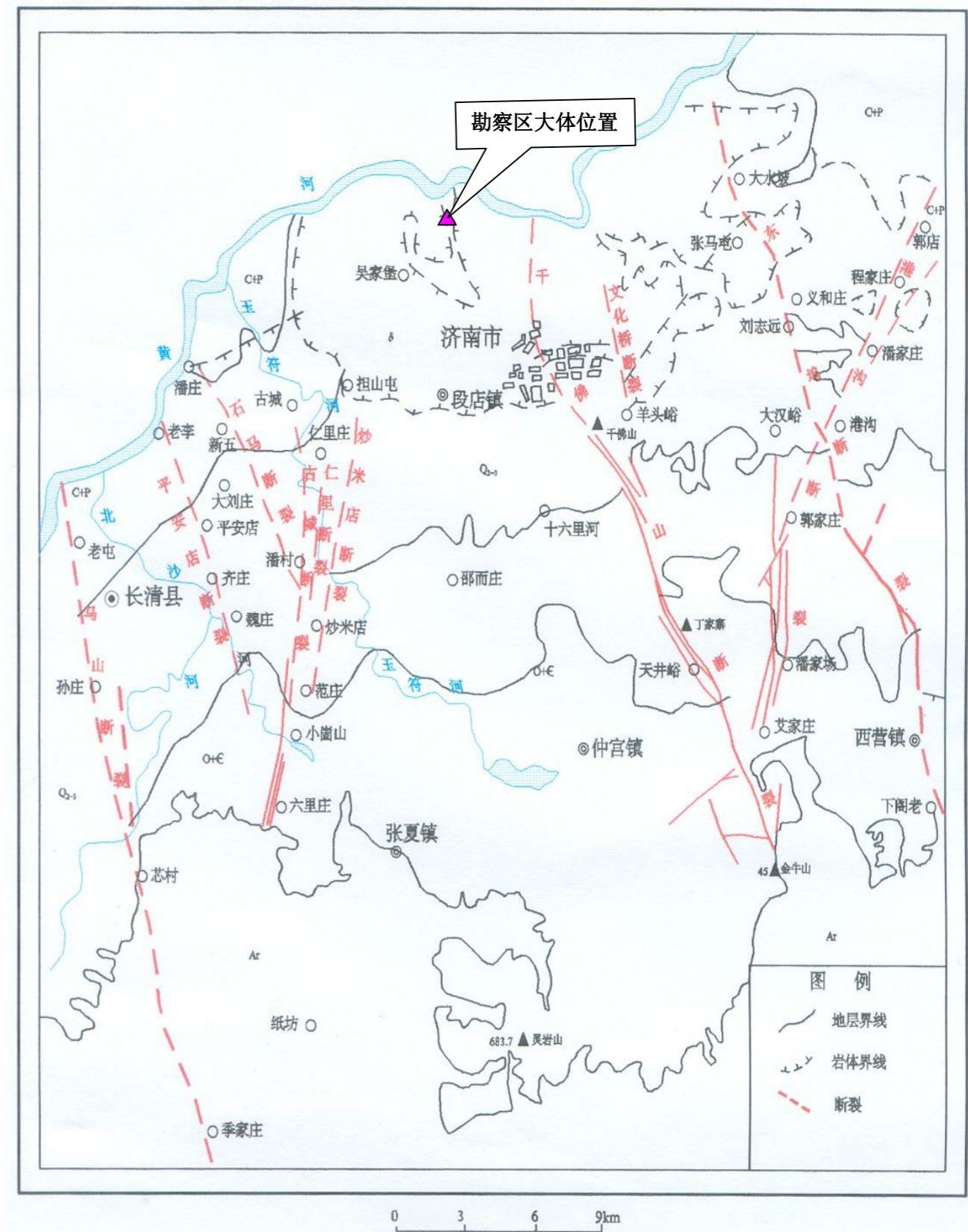


图 1 区域地质构造纲要图

### 4 场区岩土工程条件

#### 4.1 地形、地貌

拟建场区在地貌上属黄河冲积平原地貌单元，拟建物场地地势较平坦，微地貌为平地。由于场区西南侧局部存在水塘，造成地形略有起伏。实测各勘探点位标高最小值 22.32m，最大值 24.11m，各勘探点位标高最大高差为 1.79m。

#### 4.2 地下水特征

钻探期间，场区赋存地下水，地下水形态类型主要为第四系孔隙潜水。场区地下水主要靠大气降水及黄河侧渗补给，排泄方式主要为农业开采、蒸发以及地下迳流。现场实测地下水位埋深在 1.47~3.25m 之间，水位高程 20.52~21.01m 之间，场区内地下水年际变化幅度约 2~3m，拟建场地最高水位可按 24.00m 考虑并可作为抗浮设防水位参考值。具体稳定水位情况见下表 4-1。

表 4-1 稳定水位情况

数据个数	稳定水位埋深最小值 (m)	稳定水位埋深最大值 (m)	稳定水位埋深平均值 (m)	稳定水位标高最小值 (m)	稳定水位标高最大值 (m)	稳定水位标高平均值 (m)
107	1.47	3.25	2.60	20.52	21.01	20.86

#### 4.3 地层结构及岩土物理力学性质

根据野外钻探资料，结合室内土工试验及原位测试资料，拟建场地在勘察深度范围内地层可划分为 14 个主层及 7 个亚层。现按自上而下的揭露顺序详述如下：

##### ①层耕土 (Q<sup>pd</sup>):

黄褐色,松散,稍湿,主要以粘性土为主,含少量植物根系及腐殖质。

厚度:0.30~0.80m,平均 0.49m;层底标高:22.64~23.51m,平均 23.19m;层底埋深:0.30~0.80m,平均 0.49m。该层分布不连续,部分钻孔未揭露该层。该层属欠固结高压缩性土。

##### ②层粉质粘土 (Q<sub>4</sub><sup>al</sup>):

黄褐色,可塑,无摇振反应,干强度及韧性中等,稍有光泽,含少量铁锰质氧化物,局部夹薄层粉土。厚度:0.50~1.30m,平均 0.83m;层底标高:21.90~22.81m,平均 22.36m;层底埋深:1.00~1.70m,平均 1.33m。

表 4-2 ②层粉质粘土物理力学性质指标表

项目	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>m</sub>	n	σ	δ	X <sub>k</sub>
W	27.5	30.4	29.1	12	0.8	0.03	29.5
γ	17.8	18.1	18.0	12	0.1	0.01	18.0
e <sub>0</sub>	0.902	0.946	0.922	12	0.015	0.02	0.930
W <sub>L</sub>	36.8	38.5	37.7	12	0.6	0.02	/
W <sub>p</sub>	21.2	22.3	21.8	12	0.4	0.02	/
I <sub>p</sub>	15.3	16.7	15.9	12	0.4	0.03	/
I <sub>L</sub>	0.34	0.52	0.46	12	0.05	0.10	0.48
C <sub>q</sub>	30.8	32.9	32.0	5	0.9	0.03	31.2
Φ <sub>q</sub>	12.0	12.8	12.4	5	0.3	0.02	12.1
C <sub>uu</sub>	28.4	31.4	29.8	6	1.1	0.04	28.9
Φ <sub>uu</sub>	12.0	12.9	12.5	6	0.4	0.03	12.2
a <sub>1-2</sub>	0.32	0.39	0.36	12	0.02	0.06	0.37
ES <sub>1-2</sub>	4.90	5.94	5.34	12	0.31	0.06	5.2
N	4.0	5.0	4.2	9	0.4	0.10	4.0
N'	4.0	5.0	4.2	9	0.4	0.10	4.0

该层属中压缩性土。

##### ②-1 层淤泥质粉质粘土 (Q<sub>4</sub><sup>al</sup>):

灰褐色,流塑,干强度及韧性中,稍有光泽,含少量植物根系及腐殖质,具腥臭味,见贝壳螺母碎屑。厚度:0.70~3.50m,平均 2.06m;层底标高:18.95~22.78m,平均 20.86m;层底埋深:0.70~3.50m,平均 2.06m。该层分布不连续,主要分布于场区西南侧的水塘内。

表 4-3 ②-1 层淤泥质粉质粘土物理力学指标统计表

项目	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>m</sub>	n	σ	δ	X <sub>k</sub>
W	38.5	41.2	39.8	8	0.9	0.02	40.4
γ	17.5	17.8	17.7	8	0.1	0.01	17.6
e <sub>0</sub>	1.101	1.150	1.123	8	0.020	0.02	1.136
W <sub>L</sub>	37.3	40.0	38.6	8	0.9	0.02	/
W <sub>p</sub>	21.3	23.2	22.3	8	0.7	0.03	/
I <sub>p</sub>	16.0	16.8	16.3	8	0.3	0.02	/
I <sub>L</sub>	1.02	1.11	1.07	8	0.03	0.03	1.09
C <sub>q</sub>	2.9	3.9	3.4	8	0.4	0.11	3.1
Φ <sub>q</sub>	2.4	3.0	2.7	8	0.3	0.10	2.5
a <sub>1-2</sub>	0.70	0.76	0.73	8	0.02	0.03	0.74
ES <sub>1-2</sub>	2.80	3.02	2.92	8	0.08	0.03	2.9
N	1.0	2.0	1.3	8	0.5	0.37	0.9
N'	1.0	2.0	1.2	8	0.5	0.37	0.9

该层属高压缩性土。

③层粉土 (Q<sub>4</sub><sup>al</sup>):

褐黄色,稍密,湿,摇震反应迅速,干强度及韧性低,无光泽,含少量云母碎片,具锈染,局部夹薄层粉质粘土。场区普遍分布,厚度:0.30~2.10m,平均 1.48m;层底标高:20.36~21.29m,平均 20.85m;层底埋深:2.20~3.20m,平均 2.81m。

表 4-4 ③层粉土物理力学性质指标表

项目	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>m</sub>	n	σ	δ	X <sub>k</sub>
W	26.2	28.0	27.2	12	0.6	0.02	27.5
γ	18.5	19.4	19.2	12	0.2	0.01	19.1
e <sub>0</sub>	0.730	0.816	0.750	12	0.023	0.03	0.762
W <sub>L</sub>	27.5	28.8	28.2	12	0.4	0.01	/
W <sub>P</sub>	18.5	19.9	19.4	12	0.5	0.02	/
I <sub>P</sub>	8.2	9.3	8.8	12	0.3	0.03	/
I <sub>L</sub>	0.83	0.92	0.88	12	0.03	0.04	0.90
C <sub>q</sub>	7.5	9.1	8.5	6	0.6	0.07	8.0
Φ <sub>q</sub>	22.0	22.8	22.5	6	0.3	0.01	22.2
C <sub>uu</sub>	7.6	8.6	8.3	6	0.4	0.05	7.9
Φ <sub>uu</sub>	20.9	22.5	21.9	6	0.7	0.03	21.4
a <sub>1-2</sub>	0.20	0.27	0.23	12	0.02	0.08	0.24
Es <sub>1-2</sub>	6.44	8.73	7.71	12	0.57	0.07	7.4
ρ <sub>c</sub>	7.8	9.1	8.5	6	0.5	0.06	/
N	4.0	7.0	5.5	13	1.0	0.18	4.0
N'	4.0	6.9	5.4	13	0.9	0.17	4.0

该层属中压缩性土。

④层粘土 (Q<sub>4</sub><sup>al</sup>):

黄褐色,可塑,无摇振反应,干强度及韧性高,有光泽,含少量铁锰质氧化物。场区普遍分布,厚度:0.40~2.50m,平均 1.45m;层底标高:18.24~20.14m,平均 19.39m;层底埋深:2.60~5.50m,平均 4.10m。

表 4-5 ④层粘土物理力学性质指标表

项目	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>m</sub>	n	σ	δ	X <sub>k</sub>
W	36.5	49.3	39.8	12	3.3	0.08	41.5
γ	17.4	17.8	17.6	12	0.1	0.01	17.5
e <sub>0</sub>	1.087	1.294	1.146	12	0.053	0.05	1.174
W <sub>L</sub>	46.1	58.8	49.9	12	3.3	0.07	/
W <sub>P</sub>	24.7	33.9	27.4	12	2.4	0.09	/
I <sub>P</sub>	20.8	24.9	22.6	12	1.3	0.06	/
I <sub>L</sub>	0.49	0.62	0.55	12	0.04	0.07	0.57
C <sub>q</sub>	29.6	34.1	31.4	6	1.9	0.06	29.8
Φ <sub>q</sub>	10.6	11.2	10.9	6	0.2	0.02	10.8
C <sub>uu</sub>	29.0	30.8	29.8	6	0.6	0.02	29.3
Φ <sub>uu</sub>	10.7	11.8	11.3	6	0.4	0.03	11.0
a <sub>1-2</sub>	0.42	0.53	0.46	12	0.03	0.07	0.47

项目	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>m</sub>	n	σ	δ	X <sub>k</sub>
Es <sub>1-2</sub>	4.33	4.97	4.72	12	0.23	0.05	4.6
N	4.0	7.0	5.5	15	1.0	0.18	5.0
N'	3.8	6.8	5.2	15	0.9	0.18	4.8

该层属中~高压缩性土。

⑤层粉土 (Q<sub>4</sub><sup>al</sup>):

褐黄色,局部浅灰色,稍密,湿,摇震反应迅速,干强度及韧性低,无光泽,含云母片,具锈染,局部夹薄层粉砂及粘土。场区普遍分布,厚度:2.20~6.10m,平均 4.38m;层底标高:13.20~15.40m,平均 14.09m;层底埋深:7.50~10.20m,平均 9.37m。

表 4-6 ⑤层粉土物理力学性质指标表

项目	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>m</sub>	n	σ	δ	X <sub>k</sub>
W	26.1	28.2	27.3	17	0.6	0.02	27.5
γ	18.4	19.5	19.2	16	0.3	0.02	19.1
e <sub>0</sub>	0.722	0.821	0.754	16	0.028	0.04	0.766
W <sub>L</sub>	27.1	28.9	28.2	17	0.5	0.02	/
W <sub>P</sub>	18.8	19.9	19.5	17	0.3	0.01	/
I <sub>P</sub>	8.2	9.3	8.7	17	0.3	0.04	/
I <sub>L</sub>	0.84	0.92	0.89	17	0.02	0.03	0.90
C <sub>q</sub>	7.0	9.5	8.2	10	0.7	0.08	7.8
Φ <sub>q</sub>	21.7	23.0	22.5	10	0.4	0.02	22.2
C <sub>uu</sub>	7.8	8.6	8.2	6	0.2	0.03	8.0
Φ <sub>uu</sub>	20.9	22.4	21.6	6	0.6	0.03	21.1
a <sub>1-2</sub>	0.21	0.24	0.23	16	0.01	0.05	0.23
Es <sub>1-2</sub>	7.31	8.34	7.79	16	0.35	0.05	7.6
ρ <sub>c</sub>	7.7	9.1	8.3	6	0.5	0.06	/
N	6.0	12.0	9.1	15	2.4	0.37	8.1
N'	5.3	10.2	8.0	15	1.9	0.24	7.1

该层属中压缩性土。

⑤-1层粘土 (Q<sub>4</sub><sup>al</sup>):

黄褐色,局部灰褐色,可塑,无摇振反应,干强度及韧性高,有光泽,含少量铁锰质氧化物。厚度:0.30~3.30m,平均 1.14m;层底标高:14.56~18.40m,平均 16.69m;层底埋深:5.50~9.20m,平均 6.72m。该层层位不稳定,分布不连续,于大部分钻孔揭露该层。

表 4-7 ⑤-1层粘土物理力学性质指标表

项目	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	X <sub>m</sub>	n	σ	δ	X <sub>k</sub>
W	33.7	47.5	40.0	11	4.4	0.11	42.4
γ	17.5	18.3	17.7	11	0.2	0.01	17.6
e <sub>0</sub>	0.966	1.245	1.134	11	0.078	0.07	1.177
W <sub>L</sub>	44.8	57.9	50.1	11	4.5	0.09	/
W <sub>P</sub>	23.2	33.4	28.0	11	3.2	0.11	/
I <sub>P</sub>	19.5	24.5	22.1	11	1.6	0.07	/

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
$I_L$	0.49	0.59	0.54	11	0.03	0.06	0.56
$C_q$	30.7	32.8	31.8	6	0.7	0.02	31.2
$\Phi_q$	10.5	11.4	11.0	6	0.3	0.03	10.7
$C_{uu}$	28.6	30.6	30.0	6	0.9	0.03	29.1
$\Phi_{uu}$	11.2	11.7	11.5	6	0.2	0.02	11.3
$a_{1-2}$	0.39	0.51	0.45	11	0.03	0.08	0.47
$ES_{1-2}$	4.40	5.04	4.79	11	0.20	0.04	4.7
N	5.0	7.0	6.4	11	0.7	0.11	6.0
$N'$	4.5	6.4	5.6	11	0.6	0.10	5.3

该层属中~高压缩性土。

⑥层粘土 ( $Q_4^{al}$ ):

褐黄色,局部灰褐色,可塑,无摇振反应,干强度及韧性高,有光泽,含少量铁锰质氧化物。场区普遍分布,厚度:0.70~2.70m,平均 1.77m;层底标高:11.76~13.31m,平均 12.33m;层底埋深:10.00~12.30m,平均 11.13m。

表 4-8 ⑥层粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	30.3	39.3	33.0	10	2.9	0.09	34.7
$\gamma$	17.7	18.0	17.9	10	0.1	0.01	17.8
$e_0$	0.965	1.128	1.008	10	0.053	0.05	1.039
$W_L$	40.0	51.8	42.8	10	4.0	0.09	/
$W_P$	21.5	28.1	23.7	10	1.8	0.08	/
$I_P$	17.4	23.7	19.0	10	2.5	0.13	/
$I_L$	0.45	0.53	0.49	10	0.03	0.06	0.50
$C_q$	29.8	35.7	32.5	9	2.2	0.07	31.1
$\Phi_q$	10.9	13.1	11.8	9	0.7	0.06	11.3
$a_{1-2}$	0.36	0.46	0.39	10	0.03	0.08	0.41
$ES_{1-2}$	4.63	5.53	5.15	10	0.28	0.06	5.0
N	7.0	10.0	8.4	12	0.9	0.11	8.0
$N'$	5.7	8.1	6.9	12	0.7	0.11	6.6

该层属中压缩性土。

⑦层粉质粘土 ( $Q_4^{pl}$ ):

灰黑色~浅灰色,可塑,无摇振反应,干强度及韧性中等,稍有光泽,含少量铁锰质氧化物,混少量小径姜石,姜石粒径约为 0.2~2.0cm,含量约 5~10%,局部富集。场区普遍分布,厚度:2.70~5.10m,平均 4.34m;层底标高:6.80~8.72m,平均 7.59m;层底埋深:14.00~17.00m,平均 15.92m。

表 4-9 ⑦层粉质粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	22.5	24.0	23.3	12	0.5	0.02	23.6
$\gamma$	18.7	19.5	19.3	12	0.2	0.01	19.1
$e_0$	0.682	0.738	0.701	12	0.015	0.02	0.709
$W_L$	29.7	31.6	30.5	12	0.6	0.02	/
$W_P$	17.3	18.5	18.1	12	0.3	0.02	/
$I_P$	11.9	13.3	12.5	12	0.4	0.03	/
$I_L$	0.41	0.44	0.42	12	0.01	0.02	0.43
$C_q$	24.6	27.6	26.1	12	1.0	0.04	25.5
$\Phi_q$	12.0	13.1	12.7	12	0.3	0.02	12.5
$a_{1-2}$	0.29	0.33	0.31	12	0.01	0.04	0.31
$ES_{1-2}$	5.11	5.89	5.56	12	0.22	0.04	5.4
N	9.0	13.0	10.5	13	1.3	0.13	9.8
$N'$	6.9	9.8	8.0	13	0.9	0.12	7.6

该层属中压缩性土。

⑦-1 层粉土 ( $Q_4^{pl}$ ):

褐黄色,局部灰褐色,稍密~中密,湿,摇震反应迅速,干强度及韧性低,无光泽,含少量云母碎片。厚度:0.20~1.50m,平均 0.57m;层底标高:10.80~12.71m,平均 11.79m;层底埋深:10.50~13.00m,平均 11.80m。该层层位不稳定,分布不连续,于大部分钻孔揭露该层。

表 4-10 ⑦-1 层粉土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	26.5	27.6	27.2	6	0.4	0.01	27.5
$\gamma$	19.0	19.5	19.2	6	0.2	0.01	19.1
$e_0$	0.716	0.768	0.751	6	0.018	0.02	0.766
$W_L$	27.6	28.4	28.1	6	0.3	0.01	/
$W_P$	19.0	19.7	19.4	6	0.2	0.01	/
$I_P$	8.4	8.8	8.7	6	0.2	0.02	/
$I_L$	0.87	0.93	0.90	6	0.03	0.03	0.92
$C_q$	7.7	8.6	8.1	6	0.3	0.04	7.8
$\Phi_q$	22.3	22.8	22.5	6	0.2	0.01	22.3
$a_{1-2}$	0.21	0.24	0.23	5	0.01	0.05	/
$ES_{1-2}$	7.34	8.17	7.74	5	0.33	0.04	/
N	9.0	12.0	10.7	7	1.0	0.09	10.0
$N'$	7.1	9.4	8.5	7	0.7	0.09	7.9

该层属中压缩性土。

⑧层粉质粘土 ( $Q_4^{al}$ ):

黄褐色,可塑~硬塑,无摇振反应,干强度及韧性中等,稍有光泽,含少量铁锰质氧化物及小径姜石,姜石粒径约为 0.5~2.0cm,含量约 5~10%,局部富集,局部夹薄层粉土。

场区普遍分布,厚度:6.80~9.00m,平均 7.89m;层底标高:-0.98~0.43m,平均-0.34m;层底埋深:22.30~24.60m,平均 23.87m。

表 4-11 ⑧层粉质粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	22.5	27.2	25.0	11	1.2	0.05	25.7
$\gamma$	18.8	19.5	19.1	11	0.2	0.01	19.0
$e_0$	0.674	0.802	0.740	11	0.031	0.04	0.758
$W_L$	32.5	35.2	33.2	11	0.8	0.02	/
$W_P$	19.0	21.0	19.6	11	0.7	0.03	/
$I_P$	13.3	14.2	13.6	11	0.3	0.02	/
$I_L$	0.20	0.49	0.39	11	0.08	0.20	0.44
$C_q$	27.6	31.7	29.3	10	1.3	0.04	28.5
$\phi_q$	12.0	14.3	13.4	10	0.8	0.06	12.9
$a_{1-2}$	0.24	0.35	0.31	11	0.03	0.09	0.32
$ES_{1-2}$	4.95	6.98	5.72	11	0.49	0.09	5.4
N	12.0	16.0	13.3	13	1.5	0.12	12.6
$N'$	8.5	11.2	9.4	13	1.0	0.10	8.9

该层属中压缩性土。

⑨层粉砂 ( $Q_4^{al}$ ):

褐黄色,中密~密实,饱和,主要由长石和石英等矿物成分组成,分选性好,颗粒级配较差,局部胶结呈碎块状、碎片装,局部夹薄层粉土。厚度:0.50~3.00m,平均 1.82m;层底标高:-3.41~-0.74m,平均-2.17m;层底埋深:23.50~27.00m,平均 25.69m。

表 4-12 ⑨层粉砂标准贯入试验数据指标统计表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
N	32.0	36.0	33.7	13	1.6	0.05	32.9
$N'$	20.8	23.8	22.0	13	1.0	0.05	21.5

表 4-13 ⑨层粉砂颗粒分析试验指标统计表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$
0.25~0.075	62.5	69.2	65.5	7	2.4	0.04
0.075~0.005	30.8	37.5	34.5	7	2.4	0.07

该层属低压缩性土。

⑨-1 粘土 ( $Q_4^{al}$ ):

黄褐色,可塑~硬塑,无摇振反应,干强度及韧性高,有光泽,含少量铁锰质氧化物及少量姜石,姜石粒径 0.2~2.0cm,含量约 5~8%。厚度:0.60~3.70m,平均 1.46m;层底标高:-3.56~-1.33m,平均-2.77m;层底埋深:25.00~27.00m,平均 26.24m。该层分布不连续,

见于部分钻孔中。

表 4-14 ⑨-1 粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	26.8	30.9	28.8	8	1.2	0.04	29.6
$\gamma$	17.5	19.4	19.1	8	0.6	0.03	18.7
$e_0$	0.773	0.976	0.814	8	0.067	0.08	0.860
$W_L$	40.6	42.6	41.4	8	0.7	0.02	/
$W_P$	22.5	23.8	23.2	8	0.4	0.02	/
$I_P$	17.7	18.8	18.2	8	0.4	0.02	/
$I_L$	0.21	0.40	0.31	8	0.05	0.17	0.34
$C_q$	36.8	39.2	38.0	8	0.8	0.02	37.5
$\phi_q$	13.1	15.5	14.4	8	0.7	0.05	13.9
$a_{1-2}$	0.25	0.32	0.29	8	0.02	0.09	0.30
$ES_{1-2}$	5.66	7.09	6.40	8	0.46	0.07	6.1
N	12.0	17.0	14.3	6	1.9	0.13	12.8
$N'$	7.8	11.1	9.3	6	1.2	0.13	8.4

该层属中压缩性土。

⑩粉质粘土 ( $Q_4^{al}$ ):

褐黄色,可塑,无摇振反应,干强度及韧性中等,稍有光泽,含少量铁锰质氧化物及少量姜石,姜石粒径约为 0.5~2.5cm,含量约为 5~10%,局部富集。场区普遍分布,厚度:1.80~4.30m,平均 2.94m;层底标高:-6.96~-4.85m,平均-5.79m;层底埋深:28.50~30.50m,平均 29.32m。

表 4-15 ⑩粉质粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	23.7	27.0	25.6	11	1.1	0.04	26.2
$\gamma$	19.2	19.6	19.3	11	0.1	0.01	19.3
$e_0$	0.684	0.754	0.731	11	0.023	0.03	0.743
$W_L$	32.4	35.2	33.9	11	1.0	0.03	/
$W_P$	19.1	21.0	20.1	11	0.7	0.03	/
$I_P$	12.7	14.4	13.8	11	0.5	0.04	/
$I_L$	0.33	0.45	0.40	11	0.04	0.09	0.42
$C_q$	27.1	29.7	29.1	10	0.8	0.03	28.7
$\phi_q$	12.9	14.5	13.6	10	0.5	0.04	13.3
$a_{1-2}$	0.29	0.32	0.31	11	0.01	0.04	0.31
$ES_{1-2}$	5.41	5.99	5.67	11	0.20	0.03	5.6
N	14.0	19.0	16.1	13	1.6	0.10	15.3
$N'$	9.0	12.0	10.2	13	0.9	0.09	9.8

该层属中压缩性土。

(11)层粉质粘土 ( $Q_4^{al}$ ):

黄褐色,褐黄色,可塑,无摇振反应,干强度及韧性中等,稍有光泽,见少量铁锰质氧化物及少量姜石,姜石粒径约为 0.5~4.0cm,含量约为 15~20%,局部较富集且胶结呈块状。场区普遍分布,厚度:4.00~7.00m,平均 5.40m;层底标高:-12.01~-10.24m,平均-11.20m;层底埋深:33.20~35.60m,平均 34.71m。

表 4-16 (11)层粉质粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	22.2	32.0	26.0	11	2.3	0.09	27.3
Y	18.3	19.5	19.0	9	0.4	0.02	18.8
$e_0$	0.664	0.934	0.765	9	0.074	0.10	0.811
$W_L$	30.6	45.1	34.2	11	3.8	0.11	/
$W_P$	18.5	26.6	20.4	11	2.1	0.10	/
$I_P$	12.1	18.5	13.8	11	1.7	0.12	/
$I_L$	0.29	0.51	0.41	11	0.07	0.18	0.45
$C_q$	26.9	39.9	30.8	7	4.5	0.14	27.5
$\Phi_q$	12.6	15.2	13.6	7	0.8	0.06	13.0
$a_{1-2}$	0.27	0.33	0.31	9	0.02	0.06	0.32
$ES_{1-2}$	5.47	6.45	5.79	9	0.33	0.06	5.6
N	16.0	21.0	18.6	10	1.8	0.10	17.6
$N'$	9.8	12.4	11.1	10	1.0	0.09	10.6

该层属中压缩性土。

(12)层混姜石粘土 ( $Q_3^{al}$ ):

浅棕黄色,可塑~硬塑,无摇振反应,干强度及韧性高,有光泽,含少量铁锰质氧化物,混少量姜石,姜石粒径约为 0.5~4.0cm,含量约为 20~25%,局部较富集。场区普遍分布,厚度:1.20~6.40m,平均 5.13m;层底标高:-17.71~-12.51m,平均-16.39m;层底埋深:36.20~41.50m,平均 39.89m。

表 4-17 (12)层混姜石粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	29.0	32.0	31.0	12	0.8	0.03	31.4
Y	18.1	18.7	18.3	12	0.2	0.01	18.2
$e_0$	0.851	0.949	0.918	12	0.027	0.03	0.932
$W_L$	42.6	51.2	45.1	12	2.4	0.05	/
$W_P$	23.5	26.8	25.5	12	1.1	0.04	/
$I_P$	17.8	24.4	19.7	12	2.3	0.12	/
$I_L$	0.20	0.33	0.28	12	0.04	0.13	0.30
$C_q$	37.9	40.2	39.3	12	0.6	0.02	39.0
$\Phi_q$	14.0	15.5	14.9	12	0.5	0.04	14.6
$a_{1-2}$	0.26	0.33	0.29	12	0.02	0.08	0.30
$ES_{1-2}$	5.81	7.42	6.69	12	0.49	0.07	6.4

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
N	18.0	23.0	20.0	11	1.4	0.07	19.2
$N'$	10.3	12.9	11.4	11	0.8	0.07	11.0

该层属中压缩性土。

(12)-1 层粉细砂 ( $Q_3^{al}$ ):

灰绿色~灰黄色,密实,主要由长石和石英等矿物成分组成,该层粉细砂胶结呈短柱状、柱状,局部呈块状,  $L=3\sim 50\text{cm}$ 。厚度:0.40~3.80m,平均 1.33m;层底标高:-17.76~-12.40m,平均-16.24m;层底埋深:35.10~41.30m,平均 39.82m。该层分布不连续,部分钻孔揭露,层位不稳定。于该层进行标准贯入试验 6 次,均出现反弹。

该层属低压缩性土。

(13)层含姜石粉质粘土 ( $Q_3^{al}$ ):

棕黄色~浅棕红,可塑~硬塑,无摇振反应,干强度及韧性中等,稍有光泽,见少量铁锰质氧化物及少量姜石,姜石粒径约为 0.5~3.0cm,含量约为 10~15%。场区普遍分布,厚度:6.00~9.30m,平均 7.95m;层底标高:-25.50~-24.11m,平均-24.81m;层底埋深:47.10~49.30m,平均 48.31m。

表 4-18 (13)层含姜石粉质粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	21.5	26.7	24.5	12	1.6	0.06	25.3
Y	18.6	19.4	19.1	12	0.2	0.01	18.9
$e_0$	0.688	0.814	0.740	12	0.037	0.05	0.759
$W_L$	29.1	36.6	33.4	12	2.2	0.07	/
$W_P$	18.1	21.0	19.8	12	1.1	0.05	/
$I_P$	11.0	15.6	13.6	12	1.2	0.09	/
$I_L$	0.19	0.54	0.35	12	0.10	0.28	0.40
$C_q$	27.2	35.9	31.7	8	3.1	0.10	29.6
$\Phi_q$	13.8	16.8	14.7	8	1.1	0.07	14.0
$a_{1-2}$	0.23	0.32	0.29	12	0.03	0.09	0.30
$ES_{1-2}$	5.37	7.47	6.05	12	0.57	0.09	5.7
N	22.0	26.0	24.1	12	1.4	0.06	23.4
$N'$	11.0	14.0	12.9	12	0.7	0.06	12.5

该层属中压缩性土。

(13)-1 层粉细砂 ( $Q_3^{al}$ ):

灰黄色~灰绿色,密实,饱和,主要由长石和石英等矿物成分组成,该层粉细砂钙质胶结呈块状、短柱状、柱状,  $L=5\sim 70\text{cm}$ 。厚度:0.30~1.50m,平均 0.81m;层底标高:-22.31~-17.57m,平均-20.34m;层底埋深:40.40~46.00m,平均 43.82m。该层分布不连

续，部分钻孔揭露，层位不稳定。于该层进行标准贯入试验 7 次，均出现反弹。

该层属低压缩性土。

(14)层粘土 ( $Q_3^{al}$ ):

棕红~棕黄色,可塑~硬塑,无摇振反应,干强度及韧性高,有光泽,含少量铁锰质氧化物及少量姜石,姜石粒径约为 0.2~1.5cm,含量约为 5%。

该层未穿透，最大揭露厚度为 7.90 米。

表 4-19 (14)层粘土物理力学性质指标表

项目	$X_{min}$	$X_{max}$	$X_m$	n	$\sigma$	$\delta$	$X_k$
W	26.5	34.4	30.4	11	2.5	0.08	31.7
$\gamma$	18.4	19.0	18.8	11	0.2	0.01	18.7
$e_0$	0.787	0.966	0.866	11	0.044	0.05	0.890
$W_L$	40.2	46.3	44.7	11	1.7	0.04	/
$W_P$	23.0	27.0	25.5	11	1.3	0.05	/
$I_P$	17.2	21.6	19.2	11	1.1	0.06	/
$I_L$	0.12	0.44	0.25	11	0.09	0.34	0.30
$C_q$	40.1	43.5	42.0	9	1.2	0.03	41.3
$\Phi_q$	14.0	16.9	15.4	9	0.8	0.05	14.9
$a_{1-2}$	0.21	0.37	0.27	11	0.05	0.17	0.29
$ES_{1-2}$	5.31	8.75	7.09	11	1.05	0.15	6.5
N	25.0	31.0	27.4	12	1.8	0.06	26.5
$N'$	13.0	15.8	14.2	12	0.8	0.06	13.8

该层属中压缩性土。

## 5 岩土工程分析与评价

### 5.1 场地稳定性与适宜性评价

拟建场地属黄河冲积平原地貌单元，场地地形较平坦。通过本次勘察及查阅《山东省地震构造图》、《山东省新构造图》等地质资料，场区及相邻区域的地质构造形迹以断裂为主。勘察区附近的断裂构造主要为千佛山断裂和炒米店断裂，由于距离拟建场区较远，可忽略发震断裂错动对于地面建筑的影响。勘察区未见滑坡、泥石流、崩塌等不良地质作用的迹象，结合《城乡规划工程地质勘察规范》(CJJ57—2012)第 8 章及附录 C、附录 D 有关规定及场地稳定性划分要求，该场地属基本稳定场地，场地适宜性属较适宜。

### 5.2 地震效应评价

依据《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010)有关规定，场区抗震设防烈度为 6

度，设计基本地震加速度值为 0.05g，设计地震分组为第三组。

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 4.1.3 的有关规定，在拟建场区内布置 6 个波速测试孔，根据《济南海信九麓府建设项目波速测试报告》，拟建场地岩土层等效剪切波速  $V_{se}$  范围在  $196.2 \leq V_{se} \leq 221.3m/s$  之间。

据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第 4.1.3 条和 4.1.6 条判定场地土类型为中软场地土，场地覆盖层厚度  $h > 50m$ ，综合判定该建筑场地类别为 III 类，特征周期为 0.65s。该场地建筑抗震地段类别为一般地段。

### 5.3 特殊性岩土分析与评价

通过现场钻探显示，该场区特殊性岩土主要为②-1 层淤泥质粉质粘土，含少量植物根系、腐殖质及贝壳螺母碎屑。主要分布在场区南侧 4#楼、配套服务中心西侧边线附近、南侧地下车库出入口及 5#楼部分区域，该区域原为池塘。该层淤泥质粉质粘土承载力低，具高压缩性，根据各拟建建筑物具体设计参数，建议对基础影响范围内的该层淤泥质土全部挖除。

### 5.4 地基土工程性质评价

#### 5.4.1 地基土工程性质

拟建场地地基土主要由耕土、素填土及冲积形成的粘性土及粉砂土组成。

按照《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009 年版)有关规定，对场地内岩土评价如下：①层耕土，结构松散，欠固结，均匀性差，力学强度低；②-1 层淤泥质粉质粘土，结构松散，欠固结，具高压缩性，力学强度低；②层粉质粘土,可塑，属中压缩性土，力学强度一般；③层粉土，稍密，属中压缩性土，力学强度一般；④层粘土，可塑，中~高压缩性，力学强度一般；⑤层粉土，稍密，属中压缩性土，力学强度一般；⑤-1 层粘土，可塑，层位不稳定，分布不连续，属中~高压缩性，力学强度一般；⑥层粘土，可塑，属中压缩性土，力学强度一般；⑦-1 层粉土，稍密~中密，分布不连续，属中压缩性土，力学强度一般；⑦粉质粘土，可塑，属中压缩性土，力学强度一般；⑧层粉质粘土，可塑~硬塑，属中压缩性土，力学强度一般；⑨层粉砂，中密，局部密实，分布不连续，属低压缩性土，力学强度一般；⑨-1 层粘土，可塑~



硬塑，属中压缩性土，力学强度一般；⑩层粉质粘土，可塑，属中压缩性土，力学强度一般；⑪层粉质粘土，可塑，属中压缩性土，力学强度一般；⑫层混姜石粘土，可塑~硬塑，属中压缩性土，力学强度较好，可作为良好的桩端持力层；⑫-1层粉细砂，密实，层位不稳定，分布不连续，胶结呈块状、短柱状、柱状，力学强度较好；⑬层含姜石粉质粘土，可塑~硬塑，属中压缩性土，力学强度较好，可作为良好的桩端持力层；⑬-1层粉细砂，密实，层位不稳定，分布不连续，胶结呈块状、短柱状、柱状，力学强度较好；⑭层粘土，可塑~硬塑，层位稳定，分布连续，属中压缩性土，岩土力学强度较好，可作为良好的桩端下卧层。

#### 5.4.2 地基稳定性评价

各拟建建筑物主要受力层范围内，地层稳定，土层分布较均匀，不具备形成土洞、塌陷和其他变形的条件，且周边无临空面或采空区，不会产生滑移现象；场区西南侧原为池塘，现已干涸，地层上部存在淤泥质粉质粘土，建议将该层淤泥质土全部挖除，处理后，本场地建筑物地基稳定。

#### 5.4.3 地基承载力

根据土工试验指标及原位试验综合分析，按《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)(2009年版)、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ94—2008)等有关规定，结合当地建筑经验，各岩土层的地基承载力特征值  $f_{ak}$  (kPa)、压缩模量  $E_{s1-2}$  (MPa)、预应力混凝土管桩、泥浆护壁钻孔灌注桩的极限侧阻力标准值  $q_{sik}$  (kPa)、桩的极限端阻力标准值  $q_{pk}$  (kPa)、后注浆钻孔灌注桩侧阻力  $\beta_{si}$ 、端阻力增强系数  $\beta_p$  建议值见下表 5-1。

表 5-1 各地基岩土层的工程设计参数建议值表

层号	岩土名称	承载力特征值 $f_{ak}$ (KPa)	压缩模量建议值 $E_s$ (MPa)	预应力混凝土管桩		泥浆护壁钻孔灌注桩		后注浆钻孔灌注桩	
				桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}$ (Kpa)	桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}$ (Kpa)	桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}$ (Kpa)	桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}$ (Kpa)	侧阻力增强系数 $\beta_{si}$	端阻力增强系数 $\beta_p$
②	粉质粘土	80	5.3	38		36		1.3	
③	粉土	90	7.7	30		28		1.4	
④	粘土	85	4.7	50		48		1.3	

层号	岩土名称	承载力特征值 $f_{ak}$ (KPa)	压缩模量建议值 $E_s$ (MPa)	预应力混凝土管桩		泥浆护壁钻孔灌注桩		后注浆钻孔灌注桩	
				桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}$ (Kpa)	桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}$ (Kpa)	桩的极限侧阻力标准值 $q_{sik}$ (Kpa)	桩的极限端阻力标准值 $q_{pk}$ (Kpa)	侧阻力增强系数 $\beta_{si}$	端阻力增强系数 $\beta_p$
⑤	粉土	100	7.8	40		38		1.5	
⑤-1	粘土	90	4.8	60		58		1.3	
⑥	粘土	120	5.1	60		58		1.4	
⑦	粉质粘土	130	5.5	65		63		1.4	
⑦-1	粉土	130	7.7	60		58		1.5	
⑧	粉质粘土	150	5.7	70		68		1.4	
⑨	粉砂	190	15.0	75		73		1.6	
⑨-1	粘土	160	6.4	75		73		1.4	
⑩	粉质粘土	180	5.6	70	2300	68	800	1.4	1.3
⑪	粉质粘土	200	5.8	75	2600	73	900	1.4	1.3
⑫	混姜石粘土	220	6.7	80	3300	78	1100	1.5	1.4
⑫-1	粉细砂	250	20	70	4000	68	1200	1.7	24
⑬	含姜石粉质粘土	240	6.0	75	3000	73	1000	1.6	1.4
⑬-1	粉细砂	300	25	70	4500	68	1300	1.7	24
⑭	粘土	260	7.1	82	3500	80	1200	1.6	1.4

#### 5.5 地下水与场地土腐蚀性评价

##### 5.5.1 地下水的腐蚀性评价

本次勘察在场区 11#、95#孔内采取 2 件水试样进行水质简分析。

根据《水质分析报告表》，按《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)(2009年版)的划分原则，该场地地下水对建筑材料的腐蚀性判定如下表：

表 5-2 主要腐蚀介质含量一览表

项目	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	矿化度 M	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	侵蚀 CO <sub>2</sub>	CL <sup>-</sup>	PH 值	水化学类型
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mmol/L)	(mg/L)	(mg/L)		
11#	352.1	4.3	1440.6	9.13	/	106.6	7.5	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl-Na+K·Ca
95#	360.4	5.4	1439.4	8.19	/	108.1	7.5	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl-Na+K·Ca

按照《岩土工程勘察规范》GB50021-2001 第 12 章有关规定，对场地内地下水的腐蚀性评价如下：

**表 5-3 水的腐蚀性评价**

水样类型	1.按环境类型水对混凝土结构腐蚀性评价 (表 12.2.1)						评价结论
	环境类型	腐蚀介质 (mg/L)					
	II类	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>	总矿化度	
	界限值	300~1500	<2000	<500	<43000	<20000	
	测试值	352.1~360.4	4.3~5.4	0.0	0.0	1440.6~1439.2	
	干湿交替	弱	微	微	微	微	弱
	长期浸水	微					微
地下水(钻孔内)	2.按地层渗透性水对混凝土结构腐蚀性评价 (表 12.2.2)						评价结论
	B类	PH值	侵蚀性 CO <sub>2</sub> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L)			
	界限值	>5.0	<30	>1.0			
	测试值	7.5	0.0	543.7~556.7			
	指标评价	微	微	微			
3.水对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价 (表 12.2.4)							
腐蚀介质	水中的 Cl <sup>-</sup> 含量 (mg/L)					评价结论	
指标范围	界限值		测试值				
干湿交替	100~500		106.6~108.1				
长期浸水	<10000						

该场地环境类型为 II 类,按 B 类地层渗透类型,综合评价拟建场区地下水腐蚀性为:在干湿交替环境条件下,地下水对混凝土结构具弱腐蚀性,对钢筋混凝土结构中的钢筋具弱腐蚀性;在长期浸水环境条件下,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。

**5.5.2 场地土的腐蚀性评价**

本次勘察在场区 1#、94#孔内采取 4 件水位以上土试样进行土的易溶盐分析试验。

依据《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)(2009 年版)第 12.2 节有关土的腐蚀性评价标准,结合易溶盐分析报告,评价地基土对建筑材料的腐蚀性如下表:

**表 5-4 主要腐蚀介质含量一览表**

取样编号	取样深度(米)	易溶盐含量(g/kg 土)	PH 值	主要离子浓度 (单位: mg/kg 土)			
				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1-1	1.0	949.1	7.5	256.9	1.8	115.7	287.1
1-2	2.0	979.5	7.5	265.3	2.2	119.7	293.4
94-1	1.0	934.6	7.5	249.6	2.0	111.2	290.3
94-2	2.0	986.2	7.5	263.9	2.5	121.2	298.8

按照《岩土工程勘察规范》GB50021-2001第12章有关规定,对场地内水位以上地基土腐蚀性评价如下:

**表 5-5 土的腐蚀性评价**

1.按环境类型土对混凝土结构腐蚀性评价 (表 12.2.1)					评价结论
环境类型	腐蚀介质 (mg/kg)				
II类	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	OH <sup>-</sup>	
界限值	<450	<3000	<64500	<30000	
测试值	249.6~265.3	1.8~2.5	/	/	微
腐蚀等级	微	微	/	/	
2.按地层渗透性土对混凝土结构腐蚀性评价 (表 12.2.2)					
B类	界限值		测试值		评价结论
PH值	>5.0		7.5		
综合评定结果 (按照 12.2.3 条): 具微腐蚀性。					
3.土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价 (表 12.2.4)					
B类	界限值		测试值		评价结论
Cl <sup>-</sup> (mg/kg)	<250		111.2~121.2		

场地环境类型为 II 类,按 B 类地层渗透类型,综合评价拟建场区地基土腐蚀性为:地基土对混凝土结构腐蚀性具微腐蚀性,对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

**6 地基基础方案分析与评价**

**6.1 天然地基方案分析与评价**

**6.1.1 地基均匀性评价**

根据拟建建筑物特征,结合场地地层情况,各楼基底标高处对应地层见下表 6-1。

**表 6-1 各拟建建筑物基底对应地层一览表**

建筑物名称	室内坪标高(m)	基底标高(m)	对应地层	备注
1#住宅	27.35	16.65	⑤层	
2#住宅	27.40	16.70	⑤层	
3#住宅	27.05	19.35	⑤层	
4#住宅	27.50	16.70	⑤层	
5#住宅	27.55	16.45	⑤层	
6#住宅	27.45	19.35	⑤层	
配套公建	26.85	20.70(暂估)	④层	
沿街商铺(4#底商部分)	27.10	26.10(暂估)	①层	局部需回填
沿街商铺(4#东侧部分)	27.10	17.6(暂估)	⑤层、⑤-1层	
沿街商铺(5#底商部分)	27.15	26.15(暂估)	①层、②-1层	局部需回填
沿街商铺(6#底商部分)	27.05	26.05(暂估)	②-1层	局部需回填

建筑物名称	室内坪标高(m)	基底标高(m)	对应地层	备注
地下车库 (1F)	21.7(暂估)	20.7(暂估)	④层	
地下车库 (2F)	19.1(暂估)	17.6(暂估)	⑤层、⑤-1层	

根据《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ72-2004)第 8.2.4 条的规定,根据地层条件及基础埋深,对各建筑物的地基均匀性进行评价,见下表 6-2。

表 6-2 各拟建建筑物地基均匀性评价一览表

建筑物名称	评价条件	结论
1#住宅	基底置于同一地基土上,持力层底面标高坡度最大值 3.868%,在基础宽度方向上的厚度差值最大值 0.09m,下卧层在基础宽度方向上的厚度差最大值为 0.3m	均匀地基
2#住宅	基底置于同一地基土上,持力层底面标高坡度最大值 0.091%,在基础宽度方向上的厚度差值最大值 0.16m,下卧层在基础宽度方向上的厚度差值为 0m	均匀地基
3#住宅	基底置于同一地基土上,持力层底面标高坡度最大值 0.797%,在基础宽度方向上的厚度差值最大值 0.50m,下卧层在基础宽度方向上的厚度差最大值为 0.39m	均匀地基
4#住宅	基底置于同一地基土上,持力层底面标高坡度最大值 1.337%,在基础宽度方向上的厚度差值最大值 0.45m,下卧层在基础宽度方向上的厚度差最大值为 0.4m	均匀地基
5#住宅	基底置于同一地基土上,持力层底面标高坡度最大值 2.158%,在基础宽度方向上的厚度差值最大值 0.56m,下卧层在基础宽度方向上的厚度差最大值为 0.6m	均匀地基
6#住宅	基底置于同一地基土上,持力层底面标高坡度最大值 1.564%,在基础宽度方向上的厚度差值最大值 0.54m,下卧层在基础宽度方向上的厚度差最大值为 0.7m	均匀地基
配套公建	基底置于同一地基土上,持力层底面标高坡度最大值 0.421%,在基础宽度方向上的厚度差值最大值 0.28m,下卧层在基础宽度方向上的厚度差最大值为 0.5m	均匀地基
沿街商铺 (4#底商部分)	属欠固结高压缩性土,力学性质不均,差异显著	不均匀地基
沿街商铺 (4#东侧部分)	基底置于不同的地基土上,地基土压缩性差异大	不均匀地基
沿街商铺 (5#底商部分)	基底置于不同的地基土上,地基土压缩性差异大	不均匀地基
沿街商铺 (6#底商部分)	属高压缩性土,力学性质不均,差异显著	不均匀地基
地下车库 (1F)	基底置于同一地基土上,持力层底面标高坡度最大值 1.252%,在基础宽度方向上的厚度差值最大值 0.59m,下卧层在基础宽度方向上的厚度差最大值为 0.4m	均匀地基
地下车库 (2F)	基底置于不同的地基土上,地基土压缩性差异大	不均匀地基

### 6.1.2 地基承载力特征值验算

#### (1) 沿街商铺、配套公建、地下车库部分

根据钻孔揭露地层结合拟建建筑物设计参数,沿街商铺部分基底对应地层为①层耕土、②-1层淤泥质粉质粘土,承载力低,不能满足上部荷载要求,建议将其全部挖出,以②层粉质粘土及以下地层作为基础持力层;配套公建、地下车库(1F)基底对应地层为④层粘土,地下车库(2F)基底对应地层为⑤层粉土、⑤-1层粘土。

根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)第 5.2.4 条对地基承载力特征

值进行修正:

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

式中  $f_a$ : 修正后的地基承载力特征值, kPa;

$f_{ak}$ : 地基承载力特征值;

$\gamma$ : 基础底面以下土的重度,地下水位以下取浮重度;

$\gamma_m$ : 基础底面以上土的加权平均重度(以水位标高为 24.00m 估算);

$\eta_b$ 、 $\eta_d$ : 基础宽度和埋深的地基承载力修正系数。

$b$ —基础底面宽度 (m),当基础底面宽度小于 3.0m 时按 3m 取值,大于 6m 时按 6m 取值;

$d$ —基础埋置深度 (m)

表 6-3 深宽修正后地基承载力特征值一览表

建筑物名称	地下层数	计算层号	$f_{ak}$	$\gamma$	$\gamma_m$	$\eta_b$	$\eta_d$	基础形式	基础埋深 (m)	修正的地基承载力特征值 (kPa)	基础埋深起算标准
沿街商铺 (4#底商部分)	无	②	80	8.0	6.0	0.0	1.0	独立基础	0.5	80.0	自自然地坪起算
沿街商铺 (4#东侧部分)	2	⑤	100	9.2	8.2	0.5	2.0	独立基础	3.0	141.0	按周边建筑荷载折算
		⑤-1	90	7.8	8.1	0.0	1.0		3.0	110.2	按周边建筑荷载折算
沿街商铺 (5#底商部分)	无	②	80	8.0	6.0	0.0	1.0	独立基础	0.5	80.0	自自然地坪起算
沿街商铺 (6#底商部分)	无	④	85	7.6	7.7	0.0	1.0	独立基础	1.0	85	需回填
配套公建	1	④	85	7.6	8.3	0.0	1.0	筏板基础	2.5	101.6	按周边建筑荷载折算
地下车库 (1层)	1	④	85	7.6	8.1	0.0	1.0	独立基础	1.0	89.0	按地下车库地面起算
地下车库 (2层)	2	⑤	100	9.2	8.1	0.5	2.0	独立基础	1.5	130.0	自地下车库地面起算
		⑤-1	90	7.7	8.2	0.0	1.0		1.5	109.7	

经验算,拟建沿街商铺选用天然地基,采用独立基础,以②层粉质粘土及以下地层作为基础持力层时,修正后的地基承载力特征值能满足上部荷载要求;1层地下车库采用天然地基,独立基础,以④层粘土作为基础持力层,2层地下车库采用天然地基,独立基础,以⑤层粉土及⑤-1层粘土作为基础持力层,配套公建采用天然地基,筏板基础,以④层粘土作为基础持力层时,修正后的地基承载力特征值能满足上部荷

载要求。具体基础型式及基础大小应根据建筑物结构特点、荷载情况等由设计单位计算确定，并进行变形验算。

(2) 拟建高层住宅部分

拟建 1#、2#、3#、4#、5#、6#住宅楼基底对应地层为⑤层粉土。

①根据《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)第 5.2.4 条对地基承载力特征值进行修正。

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

式中  $f_a$ : 修正后的地基承载力特征值, kPa;

$f_{ak}$ : 地基承载力特征值;

$\gamma$ : 基础底面以下土的重度(地下水位以下取浮重度)  $kN/m^3$ ;

$\gamma_m$ : 基础底面以上土的加权平均重度(地下水位以下的土层取有效重度)  $kN/m^3$  (以水位标高为 24.00m 估算);

$\eta_b$ 、 $\eta_d$ : 基础宽度和埋深的地基承载力修正系数;

$b$ —基础底面宽度 (m), 当基础底面宽度小于 3.0m 时按 3m 取值, 大于 6m 时按 6m 取值;

$d$ —基础埋置深度 (m)

表 6-4 深宽修正后地基承载力特征值一览表

建筑物名称	地下层数	计算层号	$f_{ak}$	$\gamma$	$\gamma_m$	$\eta_b$	$\eta_d$	基础形式	折算后的基础埋深 (m)	修正的地基承载力特征值
1#	3	⑤	100	9.2	8.3	0.5	2.0	筏板基础	3.5	163.6
2#	3	⑤	100	9.2	8.4	0.5	2.0	筏板基础	3.5	164.2
3#	2	⑤	100	9.2	8.1	0.5	2.0	筏板基础	3.0	154.3
4#	3	⑤	100	9.2	8.4	0.5	2.0	筏板基础	3.5	164.2
5#	3	⑤	100	9.2	8.4	0.5	2.0	筏板基础	3.5	164.2
6#	2	⑤	100	9.2	8.0	0.5	2.0	筏板基础	2.7	149.0

②根据《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ72-2004)中公式 A.0.1 估算极限地基承载力:

$$f_u = 1/2 N_r \xi_r b \gamma + N_q \xi_q \gamma_o d + N_c \xi_c C_k \quad (A.0.1)$$

式中:  $f_u$ — 极限承载力 (Kpa);

$N_r$ 、 $N_q$ 、 $N_c$ —承载力系数, 分别取 1.4、2.66、8.70;

$\xi_r$ 、 $\xi_q$ 、 $\xi_c$ —基础形状系数, 分别取 0.97、1.01、1.02;

$b$ 、 $l$ —分别为基础底面宽度和长度 (m), 分别取值为 6.0m, 80.0m;

$\gamma$ 、 $\gamma_m$ —分别为基底以下和基底以上土的平均重度, 地下水位以下取浮重度 ( $kN/m^3$ ), 分别取值为 9.2, 8.4;

$d$ —基础埋置深度, 取 3.5m;

$C_k$ —基底下持力层内粘聚力标准值, 取 29.8 kPa。

(注:  $l$ 、 $\gamma_m$ 、 $d$  均取大值)

经估算: 实际基础尺寸对应的⑤层粉土天然地基极限承载力  $f_u=380.91kPa$ , 安全系数取 2, 地基承载力特征值为 190.455 kPa。

根据以上计算, 各拟建高层住宅采用天然地基筏板基础, 以⑤层粉土作为基础持力层, 修正后的地基承载力特征值不能够满足拟建建筑物的上部荷载要求, 建议采用桩基础进行地基处理。

6.2 桩基础方案分析与评价

根据拟建建筑物荷载情况及场地地质情况, 结合当地工程经验, 当采用桩基础进行地基处理时, 可选用的桩型有预应力混凝土管桩、泥浆护壁钻孔灌注桩及后注浆灌注桩, 现分别进行单桩承载力估算。

6.2.1 预应力混凝土管桩

按《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)第 5.3 节规定, 各层土极限侧阻力标准值  $q_{sik}$  (kPa)、极限桩端阻力标准值  $q_{pk}$  (kPa)取值见前表 5-1。

估算预应力混凝土管桩单桩竖向极限承载力标准值, 据《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-2008) 5.3.8-1 公式。

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = \mu \sum q_{sik} l_i + q_{pk} (A_j + \lambda_p A_{pl})$$

$\mu$  = 桩身周长;

$q_{sik}$  = 桩侧第  $i$  层土的极限侧阻力标准值;

$l_i$  = 桩穿越第  $i$  层土的厚度;

$q_{pk}$  = 极限端阻力标准值;

$A_j$  = 空心桩桩端净面积;

$\lambda_p$  = 桩端土塞效应系数;

$A_{pl}$  = 空心桩敞口面积。

计算结果如下表:

**表 6-5 预应力混凝土管桩单桩竖向承载力估算表**

楼号	孔号	桩径 (mm)	桩长 (m)	桩顶标高 (m)	桩端持力层	桩端进入持力层深度(m)	单桩竖向极限承载力标准值 (KN)	单桩竖向承载力特征值 (KN)
1#	5	600	35	16.65	(13)	2.25	5283.70	2641.85
	21	600	35	16.65	(13)	1.30	5205.60	2602.80
2#	1	600	35	16.70	(13)	1.92	5248.00	2624.00
	18	600	35	16.70	(13)	1.08	5165.40	2582.70
3#	9	600	35	19.35	(12)	2.90	5245.00	2622.50
	26	600	35	19.35	(12)	3.86	5284.90	2642.45
4#	83	600	35	16.70	(13)	2.10	5247.00	2623.50
	94	600	35	16.70	(13)	1.99	5210.90	2605.45
5#	71	600	35	16.45	(13)	1.29	5172.90	2586.45
	90	600	35	16.45	(13)	2.17	5309.80	2654.90
6#	67	600	35	19.35	(12)	3.25	5257.80	2628.90
	87	600	35	19.35	(12)	5.08	5345.80	2672.90

有关计算步骤及结果详见勘察报告附件部分“预应力管桩单桩竖向极限承载力标准值估算计算书”。

计算结果仅供参考,其单桩承载力标准值应根据有关规范进行现场载荷试验,以试验数据为准。并严格按照《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)及《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2014)有关规定进行施工和检测。设计单位可根据建筑物具体的荷重情况,适当调整桩长或桩径。

### 6.2.2 泥浆护壁钻孔灌注桩

按《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)第 5.3 节规定,建议各层土极限侧阻力标准值  $q_{sik}$  (kPa)、极限桩端阻力标准值  $q_{pk}$  (kPa)取值见前表 5-1。

根据《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)第 5.3.6 条

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum \Phi_{si} q_{sik} l_i + \Phi_p q_{pk} A_p$$

$q_{sik}$ ——桩侧第  $i$  层土的极限侧阻力标准值;

$q_{pk}$ ——极限端阻力标准值;

$\Phi_{si}$ 、 $\Phi_p$ ——大直径桩侧阻力、端阻力尺寸效应系数 ( $\Phi_{si}=1$ 、 $\Phi_p=1$ );

$u$ ——桩身周长;

$l_i$ ——桩周第  $i$  土层的厚度;

$A_p$ ——桩端面积。

计算结果如下表:

**表 6-6 泥浆护壁钻孔灌注桩单桩竖向承载力估算表**

楼号	孔号	桩径 (mm)	桩长 (m)	桩顶标高 (m)	桩端对应的持力层	桩端进入持力层深度 (m)	单桩竖向极限承载力标准值 (KN)	单桩竖向承载力特征值 (KN)
1#	5	800	35	16.65	(13)	2.25	6583.50	3291.75
	21	800	35	16.65	(13)	1.30	6595.00	3297.50
2#	1	800	35	16.70	(13)	1.92	6575.70	3287.85
	18	800	35	16.70	(13)	1.08	6567.50	3283.75
3#	9	800	35	19.35	(12)	2.90	6386.40	3193.20
	26	800	35	19.35	(12)	3.86	6427.70	3213.85
4#	83	800	35	16.70	(13)	2.10	6553.00	3276.50
	94	800	35	16.70	(13)	1.99	6520.70	3260.35
5#	71	800	35	16.45	(13)	1.29	6553.10	3276.55
	90	800	35	16.45	(13)	2.17	6630.60	3315.30
6#	67	800	35	19.35	(12)	3.25	6391.40	3195.70
	87	800	35	19.35	(12)	5.08	6872.50	3436.25

计算结果仅供参考,其单桩承载力标准值应根据有关规范进行现场载荷试验,以试验数据为准。并严格按照《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)及《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2014)有关规定进行施工和检测。设计单位可根据建筑物具体的荷重情况,适当调整桩长或桩径。

### 6.2.3 后注浆钻孔灌注桩

按《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)表 5.3.10, 建议各层土极限侧阻力标准值  $q_{sik}$  (kPa)、极限桩端阻力标准值  $q_{pk}$  (kPa)、侧阻力增强系数  $\beta_{si}$ 、端阻力增强系数  $\beta_p$  取值见前表 5-1。

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{gsk} + Q_{gpk}$$

$$= u \sum q_{sjk} l_j + u \sum \beta_{si} q_{sik} l_{gi} + \beta_p q_{pk} A_p$$

$Q_{sk}$ ——后注浆非竖向增强段的总极限侧阻力标准值;

$Q_{gsk}$ ——后注浆竖向增强段的总极限侧阻力标准值;

$Q_{gpk}$ ——后注浆总极限端阻力标准值;

$q_{sik}$ 、 $q_{sjk}$ 、 $q_{pk}$ ——分别为后注浆竖向增强段第  $i$  土层初始极限侧阻力标准值、非竖向增强段第  $j$  土层初始极限侧阻力标准值; 初始端阻力标准值;

$u$ ——桩身周长;

$l_j$ ——后注浆非竖向增强段第  $j$  层土厚度;

$l_{gi}$ ——后注浆竖向增强段内第  $i$  层土厚度: 对于泥浆护壁成孔灌注桩, 当为单一桩端后注浆时, 竖向增强段为桩端以上 12m; 当为桩端、桩侧复式注浆时, 竖向增强段为桩端以上 12m 及各桩侧注浆断面以上 12m, 重叠部分应扣除, 对于干作业灌注桩, 竖向增强段为桩端以上, 桩侧注浆面上下各 6m;

$\beta_{si}$ 、 $\beta_p$ ——分别为后注浆竖向侧阻力、端阻力增强系数

$l_i$ ——桩周第  $i$  土层的厚度;

$A_p$ ——桩端面积。

计算结果如下表:

表 6-7 后注浆泥浆护壁钻孔灌注桩单桩竖向承载力估算表

楼号	孔号	桩径 (mm)	桩长 (m)	桩顶标高 (m)	桩端对应的持力层	桩端进入持力层深度 (m)	单桩竖向极限承载力标准值 (KN)	单桩竖向承载力特征值 (KN)
1#	5	800	35	16.65	(3)	2.25	9542.10	4771.05
	21	800	35	16.65	(3)	1.30	9501.30	4750.65
2#	1	800	35	16.70	(3)	1.92	9530.30	4765.15
	18	800	35	16.70	(3)	1.08	9433.30	4716.65

楼号	孔号	桩径 (mm)	桩长 (m)	桩顶标高 (m)	桩端对应的持力层	桩端进入持力层深度 (m)	单桩竖向极限承载力标准值 (KN)	单桩竖向承载力特征值 (KN)
3#	9	800	35	19.35	(2)	2.90	9160.50	4580.25
	26	800	35	19.35	(2)	3.86	9229.10	4614.55
4#	83	800	35	16.70	(3)	2.10	9405.70	4702.85
	94	800	35	16.70	(3)	1.99	9488.30	4744.15
5#	71	800	35	16.45	(3)	1.29	9426.60	4713.30
	90	800	35	16.45	(3)	2.17	9500.90	4750.45
6#	67	800	35	19.35	(2)	3.25	9148.00	4574.00
	87	800	35	19.35	(2)	5.08	9299.90	4649.95

有关计算步骤及结果详见勘察报告附件部分“后注浆灌注桩单桩承载力标准值估算计算书”。

计算结果仅供参考, 其单桩承载力标准值应根据有关规范进行现场载荷试验, 以试验数据为准。并严格按照《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)及《建筑基桩检测技术规范》(JGJ106-2014)有关规定进行施工和检测。设计单位可根据建筑物具体的荷重情况, 适当调整桩长或桩径。

### 6.2.4 桩基方案对比

(1)预应力混凝土管桩具有施工速度快、噪声小等优点, 但根据钻探情况场地地层中局部姜石含量较高, 存在姜石胶结, 且(2)层混姜石粘土、(3)层含姜石粉质粘土中存在胶结呈块状、短柱状、柱状的(2)-1、(3)-1 粉细砂夹层, 胶结密实, 强度较大。预应力混凝土管桩难以穿越以上地层, 当采用预应力混凝土管桩时, 需要采取引孔或其他有效措施, 施工前应先进进行试桩。

(2)钻孔灌注桩施工可行性较好, 但是对土体扰动较大, 单桩承载力较小。泥浆护壁钻孔灌注桩成孔时产生大量泥浆, 应采取专门的排放及清运措施, 防止污染周边环境。

(3)后注浆灌注桩复式注浆使桩侧桩土间界面的几何和力学条件得以改善, 桩端注浆可使桩底沉渣、施工桩钻孔时桩端受到扰动的持力层得到有效的加固或压密, 进而较大提高桩的承载力。

按照现行技术标准, 结合场地岩土工程条件和建筑物具体荷载情况, 以及当地成熟的工程经验, 从经济合理的角度分析, 建议优先选择后注浆灌注桩成桩工艺。

### 6.2.5 对桩基设计和施工注意事项的建议

(1) 建议设计部门按设计基桩的实际几何尺寸和设计入土深度，进一步估算单桩竖向极限承载力标准值。作为结构设计的依据性资料的单桩竖向抗压承载力特征值，应严格按照相关规范要求，通过试验桩确定。

(2) 一般情况下试验桩和工程桩不应采用相同的检测要求。

(3) 桩基施工应严格控制成孔成桩质量，加强监督、检查工作。并遵循《建筑桩基技术规范》JGJ94—2008 的有关规定。灌注混凝土前，应对桩底沉渣进行控制，确保满足规范及设计要求。

(4) 钻孔灌注桩施工时应应对泥浆集中清理外运，安全文明施工，尽量减少对周围环境的影响。

(5) 后注浆钻孔灌注桩施工时，应规范注浆时间及注浆顺序，后注浆作业开始前先进行试注浆，从而优化确定注浆参数，采用注浆量和注浆压力双控法保证注浆质量，桩身混凝土达到设计强度时，应及时进行承载力的检测工作。

(6) 在施工期间及竣工后一定时期内应对各拟高层建筑物按照有关规范规定进行沉降变形观测。

### 6.3 建筑物变形特征预测

拟建场地地层结构稳定，厚度、压缩性较均匀，当各拟建建筑物上部荷载均匀，采用天然地基独立基础、筏板基础或桩基础时，建成后，以均匀沉降为主。但应注意拟建地下车库区域属于超补偿基础，建议设计单位考虑地下车库与相邻高层建筑的差异沉降，采取一定的建筑、结构措施，消除差异沉降对于拟建建筑物的影响。

## 7 地下建筑物抗浮评价

建议抗浮设防水位按 24.0m。拟建高层住宅、配套公建及沿街商铺建筑自重可满足抗浮要求，地下车库部分需进行抗浮验算。当拟建地下车库部分建筑物自重无法满足抗浮要求时，可采用增加配重或上部覆土结合抗浮桩或抗浮锚杆的抗浮措施。

依据《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)、《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ72-2004)、《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2002) 的有关规定，并结合当地建筑经验，抗浮桩及抗浮锚杆设计参数详见下表 7-1。

表 7-1 抗浮桩及抗浮锚杆设计参数表

层号	岩土名称	抗浮桩（钻孔灌注桩）		抗浮锚杆
		$q_{si}$ 抗压极限侧阻力 (kPa)	$\lambda_i$ 抗拔系数	$q_{si}$ 岩土体与锚固体粘结强度特征值 (kPa)
⑤	粉土	38	0.7	13
⑤-1	粘土	58	0.7	20
⑥	粘土	58	0.7	20
⑦	粉质粘土	63	0.7	22
⑦-1	粉土	58	0.7	20
⑧	粉质粘土	68	0.7	23

(注：表中数据仅适用于初步设计，施工时应通过试验检验。)

## 8 基坑工程

根据拟建建筑物基础设计参数对应钻孔标高，基坑开挖深度约为 3.0~7.5m（局部需回填），依据《建筑基坑支护技术规范》(JGJ120-2012) 的相关规定，基坑工程等级为二级。建设单位应选择有资质有经验的单位进行基坑围护及降水方案设计、基坑围护施工和检测，保障基坑安全。

### 8.1 基坑开挖评价

拟建建筑物与原有建筑物较远，环境条件较简单。但基坑侧壁土质较弱，基坑开挖时应保证坑壁土体及坑顶地面的稳定。基坑土方开挖应严格按设计要求进行，合理确定相邻深浅不同基坑的开挖、隐蔽施工顺序，基坑周边堆载不得超过设计荷载限制。土方开挖应在保持降水的条件下进行，基底以上 300mm 的土体应采取人工法清除，避免机械开挖造成基底土体扰动。基坑土方开挖完成后，应防止水浸和暴露，及时进行施工。

### 8.2 基坑降水及支护评价

#### 8.2.1 基坑降水

勘察期间钻孔实测地下水位埋深在 1.47~3.25m 之间，水位高程 20.52~21.01m 之间，场区内地下水年际变化幅度约 2~3m。基坑降水方案建议采用管井降水，必要时可采取设置地下阻水帷幕的地下水控制措施。

## 8.2.2 基坑支护

基坑边坡可采用维持降水条件下采用适当放坡结合土钉墙或复合土钉墙的支护结构型式。根据相关规范规定，自然放坡时各土层容许坡度值可按 1:1 考虑。

表 8-1 基坑支护设计参数推荐值表

地层	抗剪指标标准值		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	渗透系数 K 建议值 (cm/s)
	粘聚力 $C_{un}$	内摩擦角 $\varphi_{un}$		
①耕土	10.0 (经验值)	15.0 (经验值)	16.0 (经验值)	$3.0 \times 10^{-5}$
②粉质粘土	28.9	12.2	18.0	$5.0 \times 10^{-5}$
③粉土	7.9	21.4	19.2	$5.0 \times 10^{-4}$
④粘土	29.3	11.0	17.6	$1.0 \times 10^{-6}$
⑤粉土	8.0	21.1	19.2	$5.0 \times 10^{-4}$
⑤-1 粘土	29.1	11.3	17.7	$1.0 \times 10^{-6}$

## 8.3 基坑工程注意事项

8.3.1 环境保护：针对基坑开挖产生的噪音和扬尘等污染采取一定措施，以减轻各种污染。用于工程回填的土方，为防止扬尘，采取喷洒水的方法，对施工道路采取硬化措施，对施工现场及生活区进行洒水和清扫，防止扬尘。合理安排施工顺序，将噪声污染严重的工序安排在白天。

8.3.2 建议按照《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012)、《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497-2009) 的内容进行相关监测工作。具体监测项目应在专门的基坑支护设计方案中提出。

## 9 结论与建议

### 9.1 结论

1. 拟建场地属黄河冲积平原地貌单元，场地地形较平坦。通过本次勘察及查阅《山东省地震构造图》、《山东省新构造图》等地质资料，场区及相邻区域的地质构造形迹以断裂为主。勘察区附近的断裂构造主要为千佛山断裂和炒米店断裂，由于距离拟建场区较远，可忽略发震断裂错动对于地面建筑的影响。勘察区未见滑坡、泥石流、崩塌等不良地质作用的迹象，结合《城乡规划工程地质勘察规范》(CJJ57-2012) 第 8 章及附录 C、附录 D 有关规定及场地稳定性划分要求，该场地属基本稳定场地，场地适宜性属较适宜。

2. 依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 有关规定，场区抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g，设计地震分组为第三组。

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 4.1.3 的有关规定，在拟建场区内布置 6 个波速测试孔，根据《济南海信九麓府建设项目波速测试报告》，拟建场地岩土层等效剪切波速  $V_{se}$  范围在  $196.2 \leq V_{se} \leq 221.3$  m/s 之间。

据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 第 4.1.3 条和 4.1.6 条判定场地土类型为中软场地土，场地覆盖层厚度  $h > 50$  m，综合判定该建筑场地类别为 III 类，特征周期为 0.65s。该场地建筑抗震地段类别为一般地段。

3. 根据土工试验指标及原位试验综合分析，按《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001) (2009 年版)、《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008) 等有关规定，结合当地建筑经验，各岩土层的地基承载力特征值  $f_{ak}$  (kPa)、压缩模量  $E_{s1-2}$  (MPa)、预应力混凝土管桩、泥浆护壁钻孔灌注桩的极限侧阻力标准值  $q_{sik}$  (kPa)、桩的极限端阻力标准值  $q_{pk}$  (kPa)、后注浆钻孔灌注桩侧阻力  $\beta_{si}$ 、端阻力增强系数  $\beta_p$  建议值见前表 5-1。

4. 钻探期间，场区赋存地下水，地下水形态类型主要为第四系孔隙潜水。场区地下水主要靠大气降水及黄河侧渗补给，排泄方式主要为农业开采、蒸发以及地下径流。现场实测地下水位在 2.63~3.25m 之间，水位高程 20.85~21.01m 之间，场区内地下水年际变化幅度约 2~3m，拟建场地最高水位可按 24.0m 考虑并可作为抗浮设防水位参考值。

5. 该场地环境类型为 II 类，按 B 类地层渗透类型，综合评价拟建场区地下水腐蚀性为：在干湿交替环境条件下，地下水对混凝土结构具弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具弱腐蚀性；在长期浸水环境条件下，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。

场地环境类型为 II 类，按 B 类地层渗透类型，综合评价拟建场区地基土腐蚀性为：地基土对混凝土结构腐蚀性具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

6. 基坑工程评价见第 8 章节。



7. 根据《中国季节性冻土标准冻深线图》，场区季节性冻土的标准冻结深度为0.50m。

## 9.2 建议

1. 拟建高层住宅：建议优先选择后注浆钻孔灌注桩成桩工艺，以⑩层混姜石粘土及以下地层作为桩端持力层。设计单位可根据建筑物具体的荷重情况，适当调整桩长或桩径。

拟建沿街商铺：建议采用天然地基，独立基础，以②层粉质粘土及以下地层作为基础持力层。具体基础型式及基础大小应根据建筑物结构特点、荷载情况等由设计验算确定。

拟建配套公建：由于荷载较大，建议采用天然地基，筏板基础，以④层粘土及以下地层作为基础持力层。

拟建地下车库部分：1层地下车库建议采用天然地基，筏板基础，以④层粘土及以下地层作为基础持力层。2层地下车库建议采用天然地基，筏板基础，以⑤-1层粘及⑤层粉土或以下地层作为基础持力层。

2. 建议按照《建筑物变形测量规范》（JGJ8-2007）、《国家一、二等水准测量规范》（GB/T 12897-2006）的相关规定，对高层建筑进行沉降观测。建议按照《建筑变形测量规范》（JGJ8-2007）、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）、《建筑基坑工程监测技术规范》（GB50497-2009）的相关内容进行基坑位移变形监测、沉降观测。

3. 基槽开挖后应进行普遍钎探工作，及时施工，避免泡槽、晒槽，并通知勘察、设计等有关部门共同验槽。