

件下对钢筋混凝土中的钢筋具有微腐蚀性。

分析剥蚀堆积地貌单元区域地下水侵蚀性 CO₂ 浓度偏高，因为该区域地下水主要赋存于填土层及第 ①₁ 层粗砾砂中，该处未改造前，植被茂密，常年累月的腐植物的堆积，致使该处地下水侵蚀性 CO₂ 浓度较高。

4、地下水位以上土的腐蚀性

勘察期间分别在场区地下水位以上各填土中分别取土样 2 件进行分析试验，结果见表 4-21。

土样腐蚀性分析试验成果表									表 4-21
对混凝土结构的腐蚀性									
孔号 (深度)	层号	按环境类型					按地层渗透性		
		环境 类型	指标	SO ₄ ²⁻ (mg/kg)	Mg ²⁺ (mg/kg)	总矿化度 (mg/kg)	渗透 类型	指标	PH值
3-2 (0.2-0.4)	①	Ⅲ	含量	148.03	6.96	481.63	A	含量	7.00
			等级	微	微	微		等级	微
10-5 (0.2-0.4)	①	Ⅲ	含量	58.07	4.88	381.16	A	含量	7.00
			等级	微	微	微		等级	微
4-4 (0.8-1.0)	① ₁	Ⅲ	含量	27.87	1.58	204.52	A	含量	7.20
			等级	微	微	微		等级	微
6-3 (0.9-1.1)	① ₁	Ⅲ	含量	40.00	2.28	138.53	A	含量	6.80
			等级	微	微	微		等级	微
5-6 (0.8-1.0)	①	Ⅲ	含量	166.86	7.50	532.27	B	含量	7.20
			等级	微	微	微		等级	微
13-3 (0.9-1.1)	①	Ⅲ	含量	43.57	4.98	170.48	B	含量	6.50
			等级	微	微	微		等级	微
对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性									
孔号	土的类型			土中的 Cl ⁻ 含量 (mg/kg)				腐蚀等 级	
3-2	A			70.70				微	
10-5	A			28.22				微	
4-4	A			17.98				微	
6-3	A			19.43				微	
5-6	B			79.06				微	

13-3	B	21.50	微
------	---	-------	---

根据土质分析成果，依据《岩土工程勘察规范》（2009 年版）（GB50021-2001）规定，综合判定场区填土对混凝土结构具有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性。

水、土对建筑材料腐蚀的防护，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》（GB50046）的规定。

5、地层渗透性

勘察期间，通过简易提水试验，并根据周边场区水文地质资料，场区第 ① 层素填土渗透系数经验值 k≈10m/d；第 ①₁ 层粗砾砂填土渗透系数经验值 k≈20~30m/d；第 ①₂ 层含淤泥素填土 k≈10m/d；第 ⑤ 层粗砾砂渗透系数经验值 k≈20m/d；第 ①₁ 层粗砾砂渗透系数经验值 k≈10m/d；场区基岩强风化带渗透系数经验值 k≈0.2~0.5m/d。

五、场地稳定性、建筑适宜性及地震效应评价

（一）区域稳定性

根据本地区有关区域地质资料分析，本场区主要受华夏系构造体系次一级伴生与派生构造的影响。历史地震观测资料表明：自有记载以来，本市未发生过破坏性地震，以弱震、微震为主，且震中离散，无明显线性分布。影响本工程场区的断裂主要是沧口断裂及其次生断裂，场区距离沧口断裂主断面约 6 km，距其次生断裂约 3km。

沧口断裂是青岛市市内规模最大的断裂构造，长约 82km。根据所收集资料及钻探揭露，主断裂面走向 NE50°~60°，倾向 NW，倾角 70°~80°，呈舒缓波状。该断裂具有长期活动、往返运动的特点，其主要活动期为燕山晚期，以左行压扭性活动为主；其次为喜山期，以右行扭张性活动为其特色。因此，其结构面的力学性质十分复杂，表现为复性结构面的特征。总体上看，断层控制了白垩纪的火山喷发和沉积作用，以及崂山地区燕山晚期花岗岩的侵入活动，并将该岩体断错。此外，沿断裂带有多期岩脉侵入。

该断裂根据其几何形态及活动性质等总体上可分为 4 段，北段（窑上~西

南泊段)向SE陡倾,以右旋水平走滑为主,兼少量逆冲;中北段(松山~太平庄段)向NW陡倾,活动性质为正断右旋走滑;中南段(丹山~胶州湾段)向NW陡倾,活动性质以正断为主;南段(黄岛段)向NW陡倾,以逆冲为主。

根据前人对其年代的测定研究,认为其最后一次活动距今约10万年,相当于上更新世中晚期。通过野外对其覆盖层“上更新统晚期洪冲积粉土层(距今2万年B.P)”的观察,其保存完整,未见被错断的迹象,从而表明沧口断裂在喜山晚期、全新世时期处于相对稳定状态,属非全新活动性断裂。

(二) 场区地质构造

本工程场区位于沧口断裂北侧,距离其次生断裂约3km,该断裂最新活动时代为中更新世晚期,属非全新活动性断裂,可忽略该断裂对地面建筑的影响。

根据野外钻探资料结合区域地质资料分析,场区未揭露断层、褶皱等大型构造活动,未揭露地层错段等现象,场区内构造活动趋向于稳定状态。综上所述,场区整体属于构造地质相对稳定地块。

(三) 地震效应

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)规范之规定,青岛市黄岛区抗震设防烈度为7度,设计基本地震加速度值为0.10g,属设计地震分组第三组。

1、场地土类型及场地类别的判定

1) 场地上类型

依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)中第4.1.3条规定,根据现场剪切波速测试,场地上分类判别见下表:

场地土分类表 表 5-1				
层号	岩土名	剪切波速 (m/s)	《建筑抗震设计规范》	
			判别标准 Vs(m/s)	场地土分类
①	素填土	161~164	150<Vs≤250	中软土
① ₁	堆砌砂质填土	165~179	150<Vs≤250	中软土
① ₂	含淤泥质填土	152	150<Vs≤250	中软土
②	细砂	180~236	150<Vs≤250	中软土
② ₁	粉质黏土	165*	150<Vs≤250	中软土

层号	岩土名	剪切波速 (m/s)	《建筑抗震设计规范》	
			判别标准 Vs(m/s)	场地上分类
③	粉质黏土	166~193	150<Vs≤250	中软土
③ ₁	伟晶砂	230~241	150<Vs≤250	中软土
③ ₂	花岗岩强风化上亚带	513~550	500<Vs≤800	软质岩石
③ ₃	花岗岩强风化下亚带	580*	500<Vs≤800	软质岩石
④	花岗岩中风化带	700*	500<Vs≤800	软质岩石
④ ₁	花岗岩微风化带	900*	Vs>800	岩石
④ ₂	辉斑岩全风化带	353~436	250<Vs≤500	中硬土
④ ₃	煌斑岩强风化带	382~551	250<Vs≤500	中硬土
④ ₄			500<Vs≤800	软质岩石
④ ₅	煌斑岩微风化带	1000*	Vs>800	岩石
④ ₆	红闪花岗岩微风化带	1000*	Vs>800	岩石
④ ₇	砂状细砾岩	380*~520*	250<Vs≤500	中硬土
④ ₈			500<Vs≤800	软质岩石
④ ₉	碎块状砾岩	650*	500<Vs≤800	软质岩石
④ ₁₀	花岗岩麻岩强风化带	530*	500<Vs≤800	软质岩石
④ ₁₁	花岗岩麻岩中等风化带	700*	500<Vs≤800	软质岩石
④ ₁₂	花岗岩麻岩微风化带	900*	Vs>800	岩石

注:表中带“*”数值为经验值。

2) 场地类别判定

工程场区第四系厚度中等~较厚,以全新统人工填土层、陆相洪冲积层为主,局部揭露上更新统陆相洪冲积层。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010),本次勘察于每幢高层楼座及幼儿园处选取1个钻孔进行剪切波速测试,结合规划室外坪标高,各钻孔测试结果如表5-2~5-3:

各孔等效剪切波速统计一览表 表 5-2							
特征值 孔号			1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
各土层	第①层	Vs(m/s)	164	161	164	160	161
层剪	素填土	h _s (m)	1.4	1.0	0.6	0.9	1.0
							0.8

切波 速 均 值 $V_s(m/s)$ 及 厚 度 $h(m)$	第① ₁ 层	$V_s(m/s)$	165	165	174	150	181	165
	粗砾砂素填土	$h_s(m)$	2.2	1.0	1.4	1.1	1.5	1.5
	第① ₂ 层	$V_s(m/s)$	/	152	/	137	/	/
	含砾泥炭填土	$h_s(m)$	/	1.0	/	0.5	/	/
	第⑤层	$V_s(m/s)$	/	/	184	173	/	216
	粗砾砂	$h_s(m)$	/	/	1.5	0.6	/	3.7
	第③ ₁ 层	$V_s(m/s)$	/	/	178			
	粉质粘土	$h_s(m)$	/	/	1.0			
	第⑪ ₁ 层	$V_s(m/s)$	/	/	/	/	181	/
	粉质粘土	$h_s(m)$	/	/	/	/	0.5	/
	第⑪ ₂ 层	$V_s(m/s)$	/	/	/	/	283	/
	粗砾砂	$h_s(m)$	/	/	/	/	1.7	/
	第⑨ ₁ 层	$V_s(m/s)$	382	/	/	/	/	/
	煌斑岩强风化带	$h_s(m)$	2.0	/	/	/	/	/

各孔等效剪切波速统计一览表 表 5-3								
特征值			7-5	8-4	10-5	11-2	12-2	13-2
各土 层剪 切波 速均 值 $V_s(m/s)$ 及 厚 度 $h(m)$	第① ₁ 层	$V_s(m/s)$	167	162	160	161	162	/
	素填土	$h_s(m)$	2.0	1.4	0.6	0.8	0.4	/
	第① ₂ 层	$V_s(m/s)$	/	179	162	/	/	/
	粗砾砂素填土	$h_s(m)$	/	1.4	1.6	/	/	/
	第⑤层	$V_s(m/s)$	238	266	186	/	/	/
	粗砾砂	$h_s(m)$	2.2	1.9	0.8	/	/	/
	第③ ₁ 层	$V_s(m/s)$	/	/		/	174	180
	粉质粘土	$h_s(m)$	/	/		/	1.6	2.7
	第⑪ ₁ 层	$V_s(m/s)$	/	/		266	262	241
	粗砾砂	$h_s(m)$	/	/		1.9	0.8	1.8
	第⑪ ₂ 层	$V_s(m/s)$	/	/		/	389	/
	煌斑岩强风化带	$h_s(m)$	/	/		/	2.9	/
	武下基岩各风化带	$V_s(m/s)$	>500					
	等效剪切波速 $V_{se}(m/s)$		198	199	167	223	257	200

根据表 5-2~5-3 计算结果，场区等效剪切波速 $V_{se}=159\sim 257m/s$ ，由现场钻

探揭露，结合规划室外坪，工程建成后场区覆盖层厚度约 5.0~11.0 米，因此，场区的场地类别分为 II 类建筑场地，特征周期为 0.45s。

2、液化判别

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010) (2016 年版) 规定，青岛市黄岛区抗震设防烈度为 7 度。依据规范规定，应对地下饱和砂土进行液化判别。根据钻探揭露，拟建场区第①₁层粗砾砂素填土、第⑤层粗砾砂及第⑪₁层粗砾砂均为饱和砂土，但第⑪₁层粗砾砂地质年代为第四纪晚更新世 (Q_3)，根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版) 4.3.3 条规定，沉积年代为第四纪晚更新世 (Q_3) 及其以前时，7、8 度时可判为不液化。因此仅对第①₁层粗砾砂素填土及第⑤层粗砾砂采用标准贯入试验判别法进行进一步液化判别。对其按现地面标高进行液化判别，其判别结果如下表。

场区液化判别成果表（标准贯入试验法）									表 5-4
钻孔	层号	液化判 别标准 贯入锤 击数基 准值 N_0	饱和土标 准贯入点 深度 d_s (m)	地下水位 埋深 d_w (m)	调整 系数	粘粒 含量 P_c (%)	实测 击数 N	临界 击数 N_c	判别 结果
1-2	① ₁	7	2.8	0.0	1.05	3	12	8.5	不液化
1-4	⑤	7	3.95	0.0	1.05	3	13	9.9	不液化
2-2	① ₁	7	1.85	0.0	1.05	3	14	7.0	不液化
3-5	① ₁	7	1.85	0.0	1.05	3	13	7.0	不液化
	⑤	7	3.25	0.0	1.05	3	15	9.1	
4-4	① ₁	7	2.35	0.0	1.05	3	15	7.8	不液化
4-7	⑤	7	3.95	0.0	1.05	3	14	9.9	不液化
5-3	① ₁	7	1.85	0.0	1.05	3	12	7.1	不液化
6-3	① ₁	7	1.85	0.0	1.05	3	15	7.0	不液化

6-4	⑤	7	3.45	0.0	1.05	3	14	9.3	不液化
7-5	⑤	7	3.45	0.0	1.05	3	15	9.3	不液化
10-4	⑤	7	2.3	0.0	1.05	3	17	7.8	不液化

根据上表液化判别结果，场区第①₁层粗砾砂素填土及第⑤层粗砾砂为不液化土层。

3、震陷判别

根据钻探揭露，并结合波速试验，场区岩土层等效剪切波速值均大于140m/s，根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版）5.7.11 条文规定，判定场区岩土层均可不考虑震陷影响。

（四）不良地质作用及特殊性岩土

1、不良地质作用

勘察期间，场区及周边地区未见滑坡、液化、崩塌、震陷、泥石流、岩溶等不良地质作用，未见地下洞室、墓穴、采空区、孤石等对建筑不利的埋藏物，但场区大部范围有暗埋河道，场区西侧有大口井，井径约 14.5 米，据了解井深约 9-12 米，设计时应充分考虑对工程产生的不利影响。

2、特殊性岩土

场区的特殊性岩土为填土层和风化岩。

场区内第①层素填土广泛分布于整个场区，以回填砂土及风化碎屑为主，场区南侧（11#剖线以南）以回填黏性土为主，局部混有植物根系，偶见碎（块）石，粒径约 1-2cm，不均匀；第①₁层粗砾砂素填土较广泛分布于场区中部及北部，以粗砾砂为主，混碎（块）石，不均匀；第①₂层含淤泥素填土零星分布于场区中部及北部，以砂土为主，混淤泥质土，局部混腐植物及碎布等生活垃圾，不均匀。

总体来说，场区填土层成分复杂，松散，一般具有较高的压缩性，整体强度低，自稳性差。

场区范围内风化岩主要为第⑯₂层花岗岩强风化上亚带、第⑯₃层花岗岩强风化下亚带、第⑬₁层煌斑岩全风化带、第⑯₁层煌斑岩强风化带、第⑯₃层砂状碎裂岩、第⑰₃层碎块状碎裂岩及第⑱₃层花岗片麻岩强风化带。花岗

岩强风化上下亚带较广泛分布于整个场区，蚀变强烈，第⑯₂层花岗岩强风化上亚带，岩芯手搓成粗砾状，第⑯₃层花岗岩强风化下亚带岩芯手搓呈粗砾砂~角砾状；第⑬₁层煌斑岩全风化带及第⑯₁层煌斑岩强风化带呈脉状分布，蚀变强烈，其中第⑬₁层煌斑岩全风化带岩芯手搓呈土状，⑯₁层煌斑岩强风化带岩芯手搓呈土状~粉细砂状；第⑯₃层砂状碎裂岩和第⑰₃层碎块状碎裂岩仅个别钻孔揭露，呈带状分布，宽度一般较小，倾角较陡，具体处理措施应视开挖后具体情况而定，总体而言，对地基稳定性和均匀性影响较小；第⑱₃层花岗片麻岩强风化带仅分布场区东侧边界处，风化程度高，矿物蚀变强烈，裂隙密集发育，岩芯呈粗砾砂~角砾状，手搓不易搓碎。钻探未揭露球状风化体。强风化基岩在遇水或长期暴露在空气中时会加速软化，强度下降，在基槽开挖时注意及时封闭开挖面。

因此，填土层及风化岩在设计、施工时应注意其特殊工程性状并采取相应措施以防其对工程产生不利影响。

（五）场地稳定性及建筑适宜性评价

勘察期间，场区除存在填土和风化岩等特殊岩土外，未见不良地质作用，未见对建筑不利的埋藏物，未见全新活动性断裂，场区第四系覆盖层厚度中等~较厚，无软弱土及液化土层，总体而言，场地稳定性和建筑适宜性一般，属建筑抗震一般地段。

六、岩土工程分析与评价

（一）岩土参数的统计分析

1、岩土参数特征值的确定

场区岩（土）体参数按土层划分，分别统计平均值、标准差和变异系数及标准值，按《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）2009 年版第 14.2.2 条及 14.2.4 条规定确定，部分参数按两倍标准差及人工判断进行了异常删除。总体评价认为统计结果的离散性符合要求。

2、部分岩土参数确定及选用的原则与说明

1）岩石单轴抗压强度 R_c 的确定

因岩石较破碎，无法直接取样进行饱和单轴抗压强度试验，故取岩石进行点荷载试验，由室内点荷载试验实测所得 $Is_{(50)}$ 值，用公式 $R_c = 22.82 \times Is_{(50)}^{0.75}$ 计算求得 R_c 值。

2) 岩石地基承载力的确定

根据室内试验，结合我院对本地区工程岩体的研究成果及有关规范、规程规定综合判定。

3) 土层地基承载力的确定

根据原位测试 N 值及室内试验取得的变形模量 E_0 、压缩模量 E_{SI-2} 、黏聚力 c 、内摩擦角 ϕ 、液性指数 I_L 、孔隙比 e 值，结合我院对本地区工程土体的研究成果及有关规范、规程规定综合判定。

(二) 岩土体工程性状评价

勘察场地范围内第四系岩土层厚度一般~较厚，以全新统人工填土层及陆相洪冲积层为主，局部揭露上更新统陆相洪冲积层。地层结构简单，层序清晰：场区基岩主要为燕山晚期的花岗岩和花岗片麻岩，呈岩基产出，穿插煌斑岩及细粒花岗岩岩脉，局部岩体受地质应力作用形成碎裂岩。其中本次勘察中填土层广泛分布于整个场区，不均匀，工程性状较差，基坑开挖稳定性较差；第⑤层粗砾砂及第⑤₁层粉质黏土较广泛分布于 11#剖面以北区域（侵蚀堆积地貌单元），强度一般，压缩性中等。第⑪层粉质黏土和第⑪₁层粗砾砂主要分布于第 11#剖面以南区域（剥蚀堆积地貌单元），强度较高，压缩性中等~低，工程性状较好。下伏基岩各风化带整体强度较高，压缩性低，分布连续、均匀、稳定，可作为良好的基础持力层。各岩土层物理力学指标特征值见表 6-1。

各岩土层主要物理力学指标特征值汇总表

表 6-1

层号	岩土层名称	f_{ak}/f_k (kPa)	模量 (MPa)	γ (kN/m ³)	C' (kPa)	ϕ (°)
①	素填土	/	/	18	/	18°
① ₁	粗砾砂素填土	/	/	19	/	20°
① ₂	含淤泥质素填土	/	/	17	/	15°
⑤	粗砾砂	180	12/ E_0	18	/	25°
⑤ ₁	粉质黏土	160	5.5/ E_{SI-2}	19.4	22.3	12.7

⑪	粉质黏土	240	8.9/ E_{SI-2}	18.9	33.0	17.8
⑪ ₁	粗砾砂	340	22/ E_0	20	/	33°
⑪ ₂	花岗岩强风化上亚带	800/	40/ E_0	23	/	42°
⑪ ₃	花岗岩强风化下亚带	1000/	45/ E_0	23	/	45°
⑪ ₄	花岗岩中等风化带	/3000	15.0×10 ³ / E	24	/	50°
⑪ ₅	花岗岩微风化带	/5500	25.0×10 ³ / E	25	/	55°
⑬ ₁	煌斑岩全风化带	200/	10/ E_0	19	29.3	14.0
⑬ ₂	煌斑岩强风化带	400/	20/ E_0	21	/	35°
⑬ ₃	煌斑岩微风化带	/5500	25.0×10 ³ / E	25	/	55°
⑬ ₄	细粒花岗岩微风化带	/5500	25.0×10 ³ / E	25	/	55°
⑬ ₅	砂状碎裂岩	250/	16/ E_0	21	/	40°
⑬ ₆	碎块状碎裂岩	1500/	5.0×10 ³ / E	24	/	48°
⑬ ₇	花岗片麻岩强风化带	800/	40/ E_0	23	/	42°
⑬ ₈	花岗片麻岩中等风化带	/3000	15.0×10 ³ / E	24	/	50°
⑬ ₉	花岗片麻岩微风化带	/5500	25.0×10 ³ / E	25	/	55°

注： f_{ak}/f_k 地基承载力特征值； E_0 变形模量； E 弹性模量； γ 重力密度； c ：黏聚力； ϕ ：内摩擦角（带°未等效内摩擦角）。

(三) 地基基础方案分析与评价

1、方案分析

拟建建筑物为 11 幢 9~26 层住宅楼、1 幢 2 层的售楼处，1 座 3 层的幼儿园教学楼，通设 1~2 层地下车库。1#幼儿园教学楼抗震设防类别为乙类，其他建筑物抗震设防类别为丙类，拟采用独立基础或筏板基础。根据勘察期间现场踏勘及钻探揭露，结合场区的地质条件，各楼座基底所对应岩土层如下表所示。

拟建建筑物基底所对应的岩土层一览表

表 6-2

拟建建筑物名称（楼号）	层数	基底标高（m）	基底对应岩层
1	3	26.5	基底高出地面约 3 米，距基岩强风化带约 7~8 米。
2、4、7	21~26	20.4~20.5	基底对应的岩土层主要为花岗岩强风化上亚带~下亚带，局部穿插煌斑岩全风化带~通风化带。局部对应第⑤ ₁ 层粗砾砂层，距基岩微风化带约 0.2~0.6m。

3	26	20.5	基底对应的岩土层主要为花岗岩强风化上亚带~下亚带及花岗片麻岩强风化带~中等风化带，局部穿插煌斑岩全风化带~强风化带及碎裂岩。
6、8、9、10、12、13	9~26	20.2~20.6	基底对应的岩土层主要为花岗岩强风化上亚带~下亚带，局部穿插煌斑岩全风化带~强风化带及碎裂岩。
5	21	20.7	基底对应的岩土层主要为第⑪层粉质黏土及第⑩ ₁ 层粗砂层，距基岩强风化上亚带约 0.4~1.4 米。
11	2	25.0	基底对应的岩土层主要为填土层，距第⑤层粗砂层约 0.2~1.0m。
一层车库区域	/	24.5	基底多对应填土层、第⑤层粗砂层及第⑤ ₁ 层粉质黏土，东侧局部露出现地面约 0.3~0.7 米，距基岩强风化带约 1.0~5.5m。
二层车库区域	/	20.8	基底多对应花岗岩强风化上亚带~下亚带，局部穿插岩脉，中部及以南区域局部对应第⑤层粗砂层、第⑤ ₁ 层粉质黏土、第⑪层粉质黏土及第⑩ ₁ 层粗砂层，距基岩强风化带约 0.3~1.1m。

根据表 6-2 所示，结合拟建物特征，该建筑物地基基础方案分析如下：

1 号楼荷重虽小，但抗震设防类别较高，建议采用桩基础，以基岩强风化带作为桩端持力层；若抗震设防满足要求，也可采用独立基础，以强夯处理后的人工地基层为基础持力层。

2、4、5 及 7 号楼建议采用筏板基础，天然地基，建议挖除第四系土层，换填毛石混凝土至基底标高处，以花岗岩强风化上下亚带作为基础持力层。基底对应煌斑岩处，建议铺设垫层用以调整地基刚度，提高地基整体均匀性。

3、6、8、9、10、12 及 13 号楼建议采用筏板基础，天然地基，以花岗岩强风化上下亚带或花岗片麻岩强风化带~中等风化带作为基础持力层。基底对应煌斑岩及碎裂岩处，建议铺设垫层用以调整地基刚度，提高地基整体均匀性。

11 号楼采用独立基础，天然地基，建议挖除填土层，使基础下落到第⑤层粗砂层中，以第⑤层粗砂层作为基础持力层。

二层车库部分建议采用独立基础，天然地基，局部对应第⑤层粗砂层及第⑩₁层粗砂层处，建议下挖至花岗岩强风化上下亚带，以花岗岩强风化上下亚带作为基础持力层。

一层车库部分建议首先考虑采用独立基础结合柱墩，以花岗岩强风化上下亚带作为基础持力层；若车库部分对沉降要求不敏感，考虑到承载力要求较低，也可采用独立基础，以强夯加固处理后的人工地基层为基础持力层。

大口井位置建议视开挖情况而定，初步建议清除大口井井底沉积物，回填毛石混凝土至基底标高。

2、桩基础方案分析

1) 桩型的选择与分析

根据拟建物特征及场区工程地质条件，1 号楼（幼儿园）可供选择桩型有预制桩、灌注桩及人工挖孔桩。

预制桩基础质量可控制、有保障，施工周期短，不受地下水的影响，单柱荷重不太大时采用该桩型较合理。但场区第①₁层粗砂素填土中混碎（块）石，颗粒粒径约 3~7cm，个别粒径达 20cm，含量约 30%~50%，若预制桩贯入至该层，贯入困难且易发生断桩现象，不能满足桩身完整性要求。

场区整体来说，水位相对较高，且该区域第四系土层以松散~稍密的填土层为主，若采用人工挖孔桩施工，易发生坍塌事故，因此，该工程不宜采用人工挖孔桩基础。

灌注桩桩长容易控制，场地适应性较好，挤土效应小，基桩施工过程中对相邻桩影响小；桩体抗侧移能力较预制桩好，稳定性较好。但场区离居民区较近，桩基施工时应合理制定施工计划，以免对周边居民生活造成较大影响。

综合分析，本项目建议采用钻孔灌注桩。当采用钻孔灌注桩时，建议以花岗岩强风化带作为桩端持力层，且进入持力层深度不应小于 1 倍桩径。该区域煌斑岩岩脉较发育，煌斑岩全风化带~强风化带承载力较低，且止桩困难，建议穿透岩脉，使桩端进入基岩强风化带上。

2) 桩基参数

灌注桩初步设计参数表 表 6-3

土的名称	钻孔灌注桩		饱和单桩抗压强度标准值
	q_{pk} (kPa)	q_{fjk} (kPa)	f_{pk} (MPa)
第⑤层粗砂	70	/	∅
第⑤ ₁ 层粉质黏土	50	/	∅
第⑩ ₁ 层粉质黏土	70	∅	∅
第⑩ ₂ 层花岗岩强风化上亚带	180	5000	/
第⑩ ₃ 层花岗岩强风化下亚带	220	6000	∅

第⑪层花岗岩中等风化带	/	/	40
第⑫ ₁ 层煌斑岩全风化带	65	/	/
第⑫ ₁ 层煌斑岩强风化带	90	3500	/
第⑬ ₁ 层煌斑岩中等风化带	/	/	80
第⑬ ₂ 层细粒花岗岩微风化带	/	/	70
第⑭ ₁ 层砂状碎裂岩	100	3500	/
第⑭ ₂ 层碎裂状碎裂岩	240	7000	/
第⑮ ₁ 层花岗岩片麻岩强风化带	180	5000	/
第⑮ ₂ 层花岗岩片麻岩中等风化带	/	/	34
第⑮ ₃ 层花岗岩片麻岩微风化带	/	/	60

注：1、依据《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）提供。
2、上述参数仅供初步设计参考，最终设计取值应根据现场试验确定。

3）估算单桩承载力

根据钻探揭露，以 4-2 号钻孔为例，桩径按 600mm，按桩端进入第⑭₂层花岗岩强风化带 1.00m 考虑，根据《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）5.3.5 条估算，单桩竖向极限承载力标准值约 2240kN（桩基承载力应以试桩结果为准）。

4）成桩可行性分析

拟建工程采用钻孔灌注桩，第四系主要为松散~稍密的填土层，成孔较易，但由于场区水位较高，受施工扰动影响，易引起孔壁破坏，导致塌孔，对此可加强控制泥浆稠度，保持孔内泥浆高度大于地下孔隙水头，以防止塌孔事故发生。下伏基岩以基岩强风化带为主，强度高，自稳能力较好。

5）桩基施工对环境的影响分析

根据勘察期间踏勘，拟建场区及周边无地下管网，但工程场区离居民区较近，桩基施工时应合理制定施工计划，以免对周边居民生活造成较大影响；泥浆应专门处理，以免污染周边环境。

6）桩基施工注意事项

- a、施工前应选取有代表性的地段进行现场试桩，以准确确定单桩承载力、桩长和施工工艺。
- b、成孔过程中由于排渣、钻进，桩周易形成泥皮，影响桩侧阻力的有效发

挥，因此，建议施工过程中选择适当的成孔工艺，及时减小孔壁间泥皮的形成时间，选择造浆效率高的优质黏土。

c、为防止发生断桩、夹泥等现象，建议灌桩时加强对混凝土搅拌时间和塌落度的控制。

d、该区域煌斑岩全风化带~强风化带较发育，桩基施工时桩长控制应以标高控制结合钻进速度控制。同时了解地下水水力对桩基施工中孔壁稳定性及灌注施工的影响，并制定有效的预防措施及解决方案。

e、桩基施工完毕后，需经检测合格后方可使用。

3、强夯方案分析

若经设计测算，1 号幼儿园及一层车库区域可采用强夯地基时，则强夯地基施工应注意以下事项：

- 1）施工前应编写强夯设计方案，并应选取有代表性地段进行试夯，以确定强夯参数。
- 2）对于揭露第①₂层含淤泥素填土及第⑤₁层粉质黏土区域，建议换填粗颗粒骨料后再进行强夯处理。因为场区第①₂层含淤泥素填土及第⑤₁层粉质黏土埋深较浅，以防强夯处理后该两层土被夯成“橡皮土”。
- 3）场区地下水位较高，且场区下有暗埋河道，采用强夯方案时应考虑地下水的不良影响，地下水对人工地基的冲刷作用建议进行专家评审。
- 4）务必控制好后期回填材料，不能掺杂生活垃圾，粘粒含量不宜超过 30%，粒径超过 10cm 的碎石含量不宜超过 20%。
- 5）强夯施工结束后应及时做好检测工作，检测合格后方可使用。
- 6）强夯前应充分论证强夯施工对周边环境的影响并做好监测工作。
- 7）强夯处理范围应大于建筑物基础范围，每边超出基础外缘的宽度宜为基底设计处理深度的 1/2~1/3，且不应小于 3m。

（四）地基的均匀性、稳定性评价

本工程 1 号楼采用桩基础时，地基均匀性较好，若采用独立基础，人工地基，1 号楼地基均匀性一般~较差；11 号楼采用独立基础，第⑤层粗砾砂作为基础持力层，地基均匀性一般~较好；其他楼座采用筏板基础，天然地基，以基

岩强风化带作为基础持力层，局部穿插岩脉及碎裂岩，各土层承载力及模量存在一定差异，因此本工程地基均匀性一般。本工程基础以下未见溶洞、暗浜、暗塘、人工洞室等不良地质作用，本工程地基稳定性较好。

本工程一层车库与二层车库交界处存在约4.0米的边坡，稳定性较差，建议该处边坡做支护或者错台处理，以提高该处地基的稳定性。

（五）建筑物变形特征预测分析

根据拟建物特征，结合场区工程地质条件，本工程1号及11号楼采用独立基础，建筑物变形以相邻柱基础的差异沉降为主；其他楼座采用筏板基础，天然地基，以基岩强风化带作为基础持力层，建筑物变形以整体沉降为主。本工程地基对应的基岩风化程度、岩脉及碎裂岩的强度、模量存在较大差异，设计时应采取适当措施以调整可能发生的不均匀沉降。

（六）基坑开挖及支护

本工程基坑北侧紧邻村中现状道路（道路边线与用地红线重合），其他边界周边无重要建筑物。根据基坑基底标高，结合现地面标高，场区一层车库范围基底标高与现地面标高基本吻合，因此本工程仅二层车库范围需要基坑支护，基坑周边环境及岩土层情况见下表。

基坑周边环境及岩土层一览表 表 6-3

基坑部位	开挖深度 (m)	与周边关系及岩性特征
北侧	1.2~7.0	距红线约 5.0~21.0 米。开挖深度内以第四系土层及基岩强风化带为主。
西侧	5.0~7.0	距红线约 18.0~25.0 米。开挖深度内以第四系土层及基岩强风化带为主。
南侧	3.6~4.5	距红线 5.5~14.0 米。开挖深度内以第四系土层为主。
东侧	4.0	距拟意坡底 45 米，距红线约 85 米，开挖深度内以第四系土层为主。

结合表 6-3 所示，基坑北侧、西侧、南侧、东侧均有一定放坡空间，建议采用放坡结合复合土钉墙支护。

基坑开挖深度范围内第四系土层较厚，松散~中密状态，基坑开挖过程中，应分层开挖支护，严禁超挖，同时对基坑边坡及周边环境进行沉降及位移观测，为设计及施工提供边坡动态信息。

场区岩脉及碎裂岩较发育，岩体较破碎，稳定性较差，基坑支护时应采取一定措施来加固该破碎区域。

当采用土钉或锚杆支护时，初步计算基坑支护设计参数建议按下表选取，具体取值应通过现场试验确定。

土钉和锚杆的极限粘结强度标准值一览表 表 6-4

层号	岩土层名称	土钉的极限粘结强度标准值 q_{se} (kPa)	锚杆的极限粘结强度标准值 q_{sa} (kPa)
①	素填土	15	20
① ₁	粗砾砂素填土	25	25
① ₂	含砾混杂填土	10	16
⑤	粗砾砂	55	85
⑤ ₁	粉质黏土	30	40
⑩	粉质黏土	35	55
⑩ ₁	粗砾砂	70	140
⑩ ₂	花岗岩强风化上亚带	/	160
⑩ ₃	花岗岩强风化下亚带	/	200
⑬ ₁	煌斑岩全风化带	35	55
⑬ ₂	煌斑岩强风化带	/	90
⑬ ₃	砂状碎裂岩	/	120
⑬ ₄	花岗岩麻岩强风化带	/	160

注：取自《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）； q_{se} 为土钉采用成孔注浆工艺和锚杆一次常压注浆时的取值，该值仅适用于初步设计，施工时应通过试验检验。

基坑开挖过程中要考虑地下水的影响，根据场区水文地质条件可知，场区孔隙潜水对本工程基坑开挖有较大影响，该层地下水主要赋存于填土层、第⑤层粗砾砂及第⑩₁层粗砾砂中，勘察期间，测得钻孔地下水水位埋深 0.40~5.20

米，绝对标高 22.87~26.59 米。通过简易提水试验可知，场区地下水水量一般~较大，基坑开挖时建议采用止水帷幕进行止水，止水帷幕进入基岩强风化带中。场区基岩裂隙水对基坑开挖有一定影响，该层地下水赋存于基岩强风化带中，一般水量较小，建议采用集水明排方式降水。雨季施工时，应做好地表水疏排，防止地表水流入基坑。

根据《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012 相关规定，本工程基坑破坏后果严重；工程地质条件较简单，但地下水位较高。综合考虑，本工程基坑工程安全等级为二级。

基坑开挖、支护方案应委托具备相应资质的专业设计单位根据场地条件、岩土参数，尚应考虑周边道路管线、现场施工组织等分析后进行支护方案设计，在设计方案充分论证的前提下，方可开挖、支护施工。

（七）地下水作用分析与评价

勘察期间，场区钻孔钻探深度内揭露有稳定分布的地下水，地下水类型为孔隙潜水，勘察期间，测得钻孔地下水水位埋深 0.40~5.20 米，绝对标高 22.87~26.59 米。场区地下水年变幅约 1~2 米。据了解，该场区的历史最高水位为 27.00 米，位于场区西北角。

抗浮设计水位与场区岩土层条件、水文地质环境及周边场区规划设计有密切关系，本次勘察根据拟建物特点，结合场区规划室外坪综合考虑，建议场区西北角（11-1#钻孔处）抗浮设计水位按绝对标高 28.5m 考虑，东北角（7#钻孔处）抗浮设计水位按绝对标高 28.0m 考虑，东南角（4-3#钻孔处）抗浮设计水位按绝对标高 26.0m，西南角（13-8#钻孔处）抗浮设计水位按绝对标高 26.0m。中间部分内插，每米水头按 10kPa 计算地下水浮托力，具体抗浮设防水位可参考抗浮设防水位等值线图（附图 1-2）。抗浮设计时可考虑增加配重或抗浮锚杆抗浮。当采用抗浮锚杆时，初步设计估算岩石与锚固体极限粘结强度标准值 f_{ak} 取值可参照下表。最终以试验结果为准。

各岩土层岩石（土体）与锚固体极限粘结强度标准值一览表 表 6-5

层号	岩土层名称	锚固体与岩土层间粘结强度标准值 f_{ak} (kPa)
⑤	粗砂	100
⑤ ₁	粉质黏土	40

⑪	粉质黏土	45
⑪ ₁	粗砂	160
⑬ ₁	煌斑岩全风化带	45
⑬ ₂	花岗岩强风化上亚带	260
⑬ ₃	花岗岩强风化下亚带	300
⑬ ₄	煌斑岩强风化带	160
⑬ ₅	砂状碎岩	160
⑬ ₆	花岗岩片麻岩强风化带	260
⑬ ₇	花岗岩中等风化带	1200
⑬ ₈	碎块状碎裂岩	500
⑬ ₉	花岗岩片麻岩中等风化带	1000
⑬ ₁₀	花岗岩微风化带	1800
⑬ ₁₁	煌斑岩微风化带	1800
⑬ ₁₂	细粒花岗岩微风化带	2600
⑬ ₁₃	花岗岩片麻岩微风化带	1600

注： f_{ak} 为岩石与锚固体极限粘结强度标准值，取自《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）。

仅用于抗浮初步设计，施工时应通过试验检验。

场区西侧及南侧有小型水沟，为上游水库的泄洪通道，施工前应改道保留，以防工程建成后该区域地下水及地表水排水路径会受到影响，对场区抗浮产生不利影响。

（八）地质条件可能造成的工程风险分析建议

1、区域及场地地质构造稳定性

根据区域地貌和微地貌特征、第四纪沉积、地震活动的空间分布和断裂活动的构造年代学资料，场区构造活动趋向于稳定状态，不具备发生破坏性地震的构造条件，地震危险性主要受远场区“中~强”地震的影响，区域上属相对稳定地块。

本工程场区位于沧口断裂北侧，距离其次生断裂约 3 km，沧口断裂在喜山晚期，全新世时期处于相对稳定状态，属非全新活动性断裂。其对场区影响相对较小，场区岩土层未发现错段迹象，场区内揭露煌斑岩、细粒花岗岩岩脉，

局部发育碎裂岩，岩体较破碎，总体而言，场区属于构造地质相对稳定地块。

2、地质环境稳定性

勘察期间，场区及周边地区未见滑坡、危岩、崩塌、泥石流、岩溶、采空区、地裂缝、地面沉降、海水倒灌等不良地质作用，发生其它地质灾害的可能性小，地质环境稳定性较好。

3、场地地质条件特殊性

1) 场区未揭露液化、震陷、膨胀、湿陷、污染、软化等特殊性质土，揭露的特殊性岩土为人工填土和风化岩。填土层成分复杂且不均匀，无湿陷性，处于松散~稍密状态，基坑支护开挖过程中易发生滑塌，建议采用复合土钉墙支护形式。场区风化岩主要为花岗岩强风化带、花岗片麻岩强风化带及煌斑岩全风化带~强风化带，强度及模量差异较大，风化岩整体均匀性差~一般，稍具可软化性，基本无膨胀性。风化岩对本工程地基的均匀性有一定影响，在设计时应采取适当措施以抵御可能发生的不均匀沉降，以防差异沉降过大；施工阶段应加强验槽，注意其特殊工程性状，视开挖揭露情况及时采取相应处理措施或调整设计方案。

2) 场区地下水水位较高，水量一般，建议采用止水帷幕和集水明排方式降水，基坑施工期间，应保障地下水位在基坑底以下不少于 0.5m。

4、工程施工可能面临或导致的风险分析

1) 场区填土层厚度较大，建议分层开挖，及时支护，避免基坑坍塌造成生命财产损失。

2) 一层车库范围内楼座基底与车库基底有 4.5~5.5 米的高差，在楼座基槽开挖过程中应对基槽进行支护，以防边坡坍塌造成生命财产损失。

3) 基坑支护锚杆施工过程中，若遇填土层造成塌孔无法成孔时，建议采用跟管钻进的形式；若遇地下水量较大时，建议做好止水措施；合理安排施工工况，并及时注浆，避免由于锚杆施工过程或工况安排不合理造成基坑边坡的失稳。

4) 避免基坑周边堆载及车辆荷载超限，以基坑支护开挖及使用过程的安全性。

5) 场区基槽开挖范围内，以基岩强风化带为主，并且岩性复杂，岩脉以煌斑岩全风化带~强风化带为主，见水易再次风化，因此建议基槽开挖后及时验槽并封闭，以防再次风化对地基稳定性产生不利影响。

七、结论及建议

(一) 基本结论

1、场区原发育两条河流，现已回填改造。勘察期间，场区整体较平缓，呈西高东低之势，场区钻孔孔口标高 23.86~29.61 米。

场区地貌单元为侵蚀堆积~剥蚀堆积缓坡，后经人工回填改造。

2、侵蚀堆积地貌单元场区地下水按环境类型 II 类判定，在无干湿交替及干湿交替情况下对混凝土结构具有微腐蚀性；按地层渗透性 A 类判定，对混凝土结构具有微腐蚀性；在干湿交替的情况下对钢筋混凝土中的钢筋具有弱腐蚀性，在长期浸水条件下对钢筋混凝土中的钢筋具有微腐蚀性。

剥蚀堆积地貌单元场区地下水按环境类型 II 类判定，在无干湿交替及干湿交替情况下对混凝土结构具有微腐蚀性；按地层渗透性 A 类判定，对混凝土结构具有中等腐蚀性，按最不利原则判定，地下水对混凝土结构具有中等腐蚀性；在干湿交替的情况下对钢筋混凝土中的钢筋具有微腐蚀性，在长期浸水条件下对钢筋混凝土中的钢筋具有微腐蚀性。

场区填土对混凝土结构具有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具有微腐蚀性。

3、场区区域上属相对稳定地块根据相关规范，结合场区工程地质条件，场区场地类别为 II 类。

4、场区场地稳定性和建筑适宜性一般，属建筑抗震一般地段。

5、青岛市抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度值为 0.10g，属设计地震分组第三组。

6、青岛地区标准冻结深度 0.50 米。

(二) 建议

1、根据钻探揭露，结合拟建建筑物特征，1 号楼建议采用独立基础，以强

夯处理后的人工地基作为基础持力层；2~10 号楼建议采用筏板基础，天然地基，以花岗岩强风化上下亚带作为基础持力层；11 号楼采用独立基础，天然地基，以第⑤层粗砾砂作为基础持力层。

一层车库部分建议采用独立基础结合柱墩，以花岗岩强风化上下亚带作为基础持力层；若车库部分对沉降要求不敏感，也可采用独立基础，以强夯加固处理后的人工地基作为基础持力层；二层车库部分建议采用独立基础，天然地基，以花岗岩强风化上下亚带作为基础持力层。

2、结合场区规划室外坪、基底标高及地下水位，对本场区的抗浮设计水位提出了建议。建筑物地下部分应严格作好防水、防渗处理。

3、基坑建议采用放坡结合复合土钉墙支护；基坑降水可采用止水帷幕结合集水明排的方式。

4、基坑开挖过程中，建议设置长期变形观测点进行实时观测。

（三）有关说明

本报告中所作的分析和提出的建议是基于场地的钻孔资料和报告中已阐述的其它资料。钻孔所揭露的岩性及深度为实测所得，但孔间地质界限是根据区域地质及地层发育一般规律进行合理地推测，不排除与实际情况有出入的可能，建议加强验槽、检测及监理工作，以及时发现问题，共同研究具体处理措施，进行有效处理。

场区还有 12 个钻孔未进行钻探，该区域岩土工程分析视根据周边钻孔资料推测所得，可能与实际情况存在较大出入，建议该区域进行施工勘察。