

日照市区花岗岩残积土工程地质特性研究

王光栋¹, 孙霞², 王忠民³, 田乃风⁴

(1. 日照市国土资源局, 山东日照 276826; 2. 五莲县国土资源局, 山东五莲 262300; 3. 莒县国土资源局, 山东莒县 276500; 4. 山东省第八地质矿产勘查院, 山东日照 276826)

摘要:残积土作为一种特殊土,其工程地质性质往往因母岩类型、地质环境及风化条件的不同差异很大。该文通过对野外资料、室内试验及原位测试等手段所获得的大量数据的整理分析,对日照市区花岗岩残积土的工程地质性质进行了初步研究,论述了日照市区花岗岩残积土的成因、分布、工程地质性质以及工程建设中残积土利用的问题。在残积土物理、力学性质试验的基础上,结合当地的工程实践经验,提出了花岗岩残积土的压缩模量(E_s)、地基承载力特征值(f_{ak})等物理力学指标的建议值,为日照市城市建设的发展提供了一定的地质依据。

关键词:花岗岩残积土;工程地质特性;工程利用;日照市区

中图分类号: P588.12⁺¹; P584

文献标识码: A

0 引言

在日照市区以及周边区域,广泛分布花岗岩残积土层,该土层为新元古代晋宁期和中生代燕山晚期花岗岩在湿热的条件下经长期化学、物理风化作用而形成。随着日照市城市建设的飞速发展,高层建筑以及工业厂房愈来愈多,利用花岗岩残积土作为天然基础持力层、桩基持力层的工程建设项目也越来越多,从而对花岗岩残积土的特性研究提出了更深、更高的要求。

花岗岩残积土作为一种特殊性岩土,其特有的物理力学性质日益引起广大工程勘察设计技术人员的关注。日照市区花岗岩残积土按照土中大于2 mm颗粒的含量划分,可分为3类:砾质黏性土、砂质黏性土和黏性土,该文根据大量工程地质勘察实践经验,着重就日照市最为常见的砾质黏性土、砂质黏性土这两类残积土的工程地质特性进行了初步研究探讨。

1 区域地质概况

1.1 岩浆岩分布特征

日照市区岩浆岩十分发育,几乎所有基岩裸露区均为岩浆岩。侵入时代主要为新元古代晋宁期和

中生代燕山晚期,主要包括6个超单元:

(1) 莱州超单元

西水沓单元:分布在市区西北部烟墩岭一带,呈残留包体状存在于云山单元二长花岗岩中。岩性为浅纹状中粒斜长角闪岩。

(2) 荣成超单元

冠山单元:分布在市区西部及西南部,岩性为条纹状中粗粒含角闪黑云二长花岗岩。丝山单元:分布在市区西部小代疃和竹园一带,岩性为斑(条)纹状中粗粒含角闪黑云二长花岗岩。

(3) 玲珑超单元

云山单元:分布在市区西侧孔家湖子及南侧焦家庄子一带,岩性为片麻状中细粒含黑云二长花岗岩。方勾山单元:分布在市区西侧东邵疃—丁家皋陆一带,岩性为弱片麻状细粒二长花岗岩。汪家村单元:分布在市区南奎山前一带,岩性为弱片麻状中细粒二长花岗岩。

(4) 西湖超单元

樊家岭单元:分布在市区西部黄山前和东邵疃一带,岩性为似片麻状细粒含辉黑云角闪闪长岩。

(5) 伟德山超单元

* 收稿日期:2009-03-17;修订日期:2009-06-08;编辑:曹丽丽

作者简介:王光栋(1974—),男,山东莒县人,高级工程师,主要从事矿产资源管理及地质灾害防治工作。

崖西单元:分布在东部奎山至秦家楼一带,岩性为粗斑状中粒角闪二长花岗岩。后野单元:分布在东部,岩性为巨斑状中粒角闪二长花岗岩。

(6)崂山超单元

青台山单元:主要分布在市区中部奎山街道办事处北郭家湖子一带,岩性为中粒二长花岗岩。下书院单元:分布在市区东南奎山周围,岩性为中粒正长花岗岩。另外区内及周围发育一些岩脉,主要岩性为:正长斑岩、闪长岩、辉绿玢岩、花岗斑岩等^[1]。

1.2 地质构造

日照市区的大地构造位置处于胶南隆起的南端,西侧有NE向青岛-日照大断裂通过。区内出露基岩为不同时代的岩浆岩,脆性断裂发育,主要见于奎山、高兴和岚山等基岩出露区,主要有NE向、NW向和近EW向3组。

1.3 地貌单元

日照市区地貌单元属黄海陆域低山丘陵,地貌成因类型主要有:①构造剥蚀低级夷平面,地貌形态属剥蚀残丘;主要分布于区内除下述范围外的其他地段。②河流侵蚀堆积地貌,主要包括河漫滩相和河流阶地;主要分布于市区内傅疃河、营子河等河流两侧以及老城区一带。③海水冲蚀和堆积,地貌形态属滨海滩涂,主要分布于区内海岸带沿线。

2 花岗岩体风化机理

地表或接近地表的岩石在大气、水、生物活动等因素的影响下,发生物理的和化学的变化,致使岩体崩解和破碎的作用称为风化作用。影响岩石风化的因素主要有气候、地形地貌及岩石的类型特征。

日照市区地处暖温带海洋湿润气候区。岩体节理、裂隙较发育,部分场地地下水中游离CO₂含量较高。风化岩中的主要造岩矿物(石英除外)都存在不同程度的风化蚀变现象,以水溶液为主要因素,包括溶解、水化、水解、氧化及碳酸盐化作用,促使长石蚀变成高岭土、角闪石蚀变成绿泥石、黑云母蚀变成蛭石。因而该区风化壳的成因确定为以化学风化作用为主,物理风化作用次之。花岗岩的结构、构造、矿物成分等都充分制约着风化的进程,矿物的生成环境与地表差异越大,矿物越易风化。花岗岩岩体中的解理发育程度亦影响风化作用,因为解理破坏了花岗岩的连续性和完整性,增强了水溶液在岩

体中的渗透能力,从而加速了花岗岩的风化。花岗岩按照风化程度的强弱,可分为未风化、微风化、中风化、强风化、全风化和残积土等。

3 花岗岩残积土分布规律

岩石风化后产生的碎屑物质,一部分被风和大气降水带走,一部分留在原地,这种保留在原地的风化碎屑称为残积土层。近代风化壳,因地壳有升有降,地表水、地下水的活动也随之而异。所以风化壳的分带和分布规律,在不同地貌单元上就有着不同的特点,往往有叠加的现象。例如现代河床及河漫滩覆盖层之下,往往就有比较新鲜的岩石出露,在一级或高级阶地覆盖之下,多为风化较严重的岩石分布,而在两岸基岩裸露区风化壳的分带就比较完整。由此可见,地貌单元与风化壳分带有比较密切的关系。

日照市区花岗岩风化壳发育最全、厚度最大处为地形稍有起伏的缓坡或构造裂隙发育带,而地形坡度较大处花岗岩风化壳厚度最小,有的仅几十厘米,甚至缺失。海岸、阶地地带风化壳保存比较完整,河床、河漫滩地段由于受到河流的侵蚀作用,风化壳一般发育较差^①。

4 花岗岩残积土物理力学性质

花岗岩残积土是一种具有软化性、扰动性、崩解性的特殊性土,它主要由黏性土或砂土及具棱角状的碎石所组成,没有经过分选作用,也无层理。具有较强的结构联系和较高的结构强度,属于中低压缩性土,常呈超固结状态。抗剪强度较高,孔隙比较大,液性指数较低,压缩模量较低。粗颗粒含量越高,则所测定的液性指数指标越不能代表原土状态。

4.1 室内土工试验

日照市区残积土主要为灰褐色—褐黄色,呈可塑—硬塑状态,含少量铁锰结核,砾砂含量不等,砾砂成分以长石、石英颗粒为主,呈棱角状;刃面粗糙,切面稍有光滑,干强度中等;含砂量随深度增大而增加,无摇振反应。日照市区残积土主要为砾质黏性土,其次为砂质黏性土,黏性土较少见(表1)。

① 日照市地质矿产局,日照市矿产资源勘查开发利用对策研究,2000年。

表1 原状残积土样物理力学指标统计

项目	含水率%	重力密度 kN/m ³	孔隙比	饱和度 %	比重	液限%	塑限%	液性 指数	塑性 指数	压缩模量 MPa	黏聚力 kPa	内摩 擦角°
样本数	69	69	69	69	69	69	69	68	69	55	61	61
最大值	31.9	2.03	0.902	100	2.74	44.3	26	0.69	19.3	7.93	84	23.9
最小值	17.4	1.86	0.581	66	2.71	27.5	12.5	0.01	10.6	3.45	19	3.2
平均值	24.2	1.96	0.732	90	2.72	34.8	20.1	0.29	14.7	5.29	52.6	10.4
标准差	3.20	0.04	0.06	6.59	0.01	4.36	2.52	0.17	2.62	1.20	15.92	4.99
变异系数	0.13	0.02	0.09	0.07	0.00	0.13	0.13	0.58	0.18	0.23	0.30	0.48
标准值	24.9	1.95	0.746	91	2.72	33.9	19.5	0.26	14.2	5.02	49.1	9.3

统计分析发现:孔隙比较大、液性指数、黏聚力和内摩擦角的变异性较大,压缩模量的数值严重失真,产生误差的原因具体为以下几点:

(1)由粗颗粒(砾粒、粗砂及部分中砂)构成土骨架,粗颗粒之间主要由游离氧化物包裹及充填实现联结,还有部分来自原岩矿物晶粒间的残存联结,由于填充粗粒骨架的中细砂及粉砂的含量少,因此孔隙比较大。

(2)液性指数的变异系数很大,主要原因是受到天然含水量的影响所致,由于环境条件和地形地貌的影响,残积土的天然含水量的变化比较大,因而液性指数变异性较大。

黏聚力和内摩擦角变异性较大是因为:在垂直方向上,随着风化程度的减弱,自上而下,黏粒和胶结物含量都逐渐减少而粗粒含量逐渐增加,故内摩擦角增大而内聚力减低。

(3)由于日照市残积土层比较薄,导致在同一土层粗粒含量变异性较大,再加上剪切试验面上粗砂含量不同,更加造成两者参数变异性很大。

(4)日照市区花岗岩残积土压缩模量(E_s)经验值在10~15 MPa之间,与土工试验做出的压缩模量差别很大,造成数据失真的原因是:土中含有较多粗颗粒和试验方法的局限性。该土层颗粒组成明显具有两头大、中间小的特点,大于2 mm的颗粒含量超过20%,其物质成分为强度高、压缩性小的石英。室内试验制样过程中,试件切割把较多的石英粗颗粒从试件中剥离出来,使试件表面呈蜂窝状,然后又用强度低、压缩性高的细粒土补平表面。用这种方法制成的试样不能正确反映原土样的颗粒组成,其结果失真是必然的;同时用压缩性高的细粒土取代试样内的部分石英颗粒,导致压缩模量偏低、压缩系数偏高也是必然的。比较原位测试成果,室内试验

的压缩模量(E_s)仍然偏小,说明残积土容易受到较大的扰动。因此,沉降分析的力学指标应该以原位试验成果为依据。

由于日照市区本身残积土厚度较薄,研究和利用程度较低,导致收集的土工试验数据较少,在以后地质勘察工程中应加强对不同地貌残积土的差异性研究,条件成熟时再进行适当分区。

4.2 标准贯入试验

该次选取日照市区一些有代表性的工程地质勘察项目标准贯入试验,统计发现:日照市残积土层厚度为0.55~2.45 m,其中滩涂地貌残积土保存性最好,河漫滩次之,剥蚀残山地貌最差,残积土标贯击数为5.0~28.0,标准值为6.8~13.0 MPa,变异系数为0.097~0.425,按岩土工程勘察规范(GB50021-2001)提供的地基承载力特征值(f_{ak})为140~270 kPa。该区实践经验表明,标贯击数与承载力的相符性较好,残积土层承载力设计值(f_a)为160~300 kPa。一般建筑物的承载力可以按照标贯试验击数查《花岗岩残积土承载力表》按内插法求得,压缩模量可按标贯击数在10~15 MPa之间取值,重要建筑物则宜根据多种原位测试方法综合确定。标准贯入试验是现场试验,不宜受到明显的扰动,基本上反映了残积土的真实承载力(表2)。

4.3 浅层平板载荷试验

日照市区花岗岩由于剥蚀作用占主导地位,导致花岗岩残积土保存厚度较薄,研究程度较低,一般除低层建筑以及工业厂房外不采用花岗岩残积土作为基础持力层,只是在为数不多的工程厂区、高层建筑区做过载荷试验,载荷试验结果表明残积土层承载力设计值(f_a)为150~220 kPa,变形模量为8~15 MPa。载荷试验成果的代表性不强,建议在以后

表2 标准贯入试验成果统计 (MPa)

工程代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
地貌类型	滩涂地貌	剥蚀准平原	滩涂地貌	剥蚀残山地貌	剥蚀残山地貌	河漫滩地貌	剥蚀残山地貌	河漫滩地貌	滩涂地貌	剥蚀残山地貌	剥蚀残山地貌	滩涂地貌	河漫滩地貌	剥蚀残山地貌	剥蚀残山地貌	河漫滩地貌	河漫滩地貌	滩涂地貌	河漫滩地貌	滩涂地貌
样本数	70	37	38	31	56	29	15	29	18	24	27	9	11	41	11	21	8	7	9	8
最大值	24.0	28.0	22.0	27.0	26.0	17.0	23.0	17.0	26.0	20	21.0	26.0	17.0	21.0	12.0	26.0	21.0	17.0	18.0	12.0
最小值	6.0	6.0	5.0	6.0	13.0	6.0	5.0	6.0	6.0	8.0	6.0	10.0	7.0	7.0	8.0	8.0	10.0	10.0	7.0	6.0
平均值	13.0	13.9	11.1	12.7	13.6	11.1	14.0	11.1	15	12.2	12.7	13.50	11.0	11.6	10.5	14.3	14.2	13	10.4	8.6
标准差	4.834	4.431	3.399	4.818	2.502	0.816	5.745	0.816	6.375	2.345	3.965	4.825	3.126	3.436	1.293	4.129	3.105	3.57	3.283	2.615
变异系数	0.372	0.318	0.306	0.379	0.183	0.020	0.410	0.020	0.425	0.191	0.097	0.356	0.287	0.295	0.123	0.287	0.218	0.275	0.315	0.303
标准值	12.0	12.6	10.1	11.2	13.0	11.0	11.3	11.0	12.4	11.4	11.4	10.50	9.2	10.7	9.8	12.8	12.1	10.4	8.3	6.8
地层厚度	1.73	1.12	1.54	1.50	1.05	2.07	0.65	2.07	1.69	0.85	0.55	1.08	0.86	1.41	1.27	0.90	1.30	2.45	0.94	1.76

的工作过程中,应根据地貌类型进行分区研究,并与标贯击数进行对比,进一步建立标贯试验击数与承载力 and 压缩模量的数据拟合关系,促进该区花岗岩残积土的物理力学性状研究利用。

5 花岗岩残积土在工程建设中的问题

5.1 天然地基

在花岗岩残积土分布地区进行建筑时,应充分利用残积土层做为天然地基,工程实践表明:一般7层以下的建筑,如果残积土分布均匀,厚度合适,可直接以残积土作为基础持力层,无需下挖至风化岩层;只有在残积层的强度和变形不能满足建筑物要求的情况下,才考虑采取加固措施或将其挖除。由于花岗岩残积土遇到水迅速崩解,经扰动后的承载力几乎和淤泥接近。因此以花岗岩残积土作为基础持力层时,应尽量避开雨季施工,并在开挖后立即浇筑混凝土垫层,避免人为扰动。小高层建筑如需采用残积土作为基础持力层,建议采用现场载荷试验进行验证。高层建筑则不建议直接采用残积土作为基础持力层。

5.2 复合地基

残积土层埋深3~8m,上覆第四系全新统冲积所形成的软弱土层,可以采用水泥粉煤灰碎石桩(CFG桩)或水泥土搅拌法对上部软弱土层进行处理。由于残积土顶部受上层水渗透湿化作用,土质较软,搅拌桩桩端应深入残积土层1.50m左右,根据置换率及复合地基强度选择合适的浅基础形式。由于上部土层软弱,稳定性差,地下水埋藏浅,地基

处理一般不宜采用换填垫层法。

5.3 人工挖孔桩和泥浆护壁钻孔灌注桩

目前,花岗岩残积土上的甲级建筑大多采用大直径的端承桩,桩端嵌入中风化或微风化花岗岩中。在地下水丰富,且水位较高情况下,花岗岩残积土的易崩解性和遇水软化特性不但给施工带来困难,而且对桩的承载力也会产生不利影响,必须采取排水、降水措施,并适当降低单桩承载力取值,同时,在施工中严格把关,出现问题及时解决。

5.4 基坑工程

花岗岩残积土的基坑稳定,主要受控于原生和次生结构面,土质的非均匀性和各向异性对基坑稳定分析极为重要,抗剪强度指标的选取,应视工程特性,暴露时间,场地均匀性等多方因素综合考虑。在基础施工中如果遇到较宽的岩脉,应根据其岩性和风化程度采取挖除、换土等措施处理或直接加以利用,球状风化体(孤石)则考虑挖除。

6 结束语

(1)花岗岩残积土的承载力可以采用载荷试验、标准贯入试验等原位测试成果和公式计算并结合日照市区工程建设经验综合确定,土工试验结果可作为参考,同时要考虑到不均匀风化的影响。花岗岩残积土是良好的基础持力层或受力层,但在设计与施工等过程中应充分考虑遇水软化特性,选择合适的基础形式,采取适当的施工措施。

(2)由于土的扰动性,传统的取样技术和常规的小试样试验方法,使室内土工试验结果的失真度

很大,因此提高取样技术,尽量减少试样扰动是亟待解决的首要问题。

(3)花岗岩残积土属于特殊类岩土,深入研究其特性,有助于合理进行基础设计和施工,对日照市区的工程建设有着重要的实际意义。

参考文献:

- [1] 顾晓鲁,钱鸿缙,刘慧珊,汪时敏.地基与基础[M].北京:中国建筑工业出版社,2003:788-791.

Primary Study on Geoloical Characteristics of Granite Residual Soil Engineer in Rizhao City

WANG Guang - dong¹, SUN Xia², WANG Zhong - min³, TIAN Nai - feng⁴

(1. Rizhao Bureau of Land and Resources, Shandong Rizhao 276826, China; 2. Wulian Bureau of Land and Resources, Shandong Wulian 262300, China; 3. Juxian Bureau of Land and Resources, Shandong Juxian 276500, China; 4. No. 8 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Rizhao 276826, China)

Abstract: As a special soil, geo - engineering properties have great differences due to country rock types, geological environment and different weathering conditions. Through analysis on large amount of datas gained from field information, laboratory test and original location testing, geo - engineering properties, as well as problems occurred in engineer construction are studied as well. On the basis of physical and chemical experiments modulus (E_s), the foundation bearing capacity value (fak) and other physical and mechanical indicators are put forward which will provide geological basis for the development of urban construction in Rizhao city.

Key words: Granite residual soil; geo - engineering characteristics; engineer utilization; Rizhao district