

文章编号:1007-3071(2007)02-0066-05

汕头市花岗岩残积土的工程特性及路堑边坡稳定分析

陈子敬

(汕头市公路勘察设计院, 广东 汕头 515041)

摘要 通过对汕头市花岗岩残积土的工程特性的分析、讨论,以求达到对本区花岗岩残积土有客观了解和充分认识的目的,分析造成路堑边坡失稳的原因,并就解决实际工程问题提出一些切实可行的方法。

关键词 花岗岩残积土;工程特性;边坡稳定;防护措施;汕头

中图分类号: TU441.35

文献标识码: A

汕头市花岗岩残积土分布广泛,按出露条件分为裸露型和埋藏型。裸露型分布于达濠区的香炉山-笔架山-青云岩-虎空山-龟塘一带的丘陵区,埋藏型广泛分布于北部三角洲平原和南部海岸平原等地。目前,花岗岩残积土的室内试验均归为粘性土,但花岗岩残积土与一般的粘性土具有不同的特性,不能用一般粘性土的知识和经验来处理花岗岩残积土的工程问题。本文通过对本区花岗岩残积土的工程特性的分析、讨论,以求达到客观了解和充分认识之目的,更好地为工程实践服务。

1 花岗岩残积土的成因及工程分类

花岗岩残积土是花岗岩经物理及化学风化后残留在原地的碎屑物。本区花岗岩以燕山三期侵入岩体为主,主要成分为石英(20~30%)、钾长石(35~40%)、斜长石(25~30%)、黑云母及角闪石(5~10%),此外尚有少量白云母、蛭石等次要矿物。汕头地处亚热带季风气候区,气温高,雨量足,相对湿度大,常受台风袭击,同时该区水系发育,地下水位较高,沿海区域又常受潮汐和海风影响,这

种地质环境使花岗岩风化作用强烈,母岩晶质结构完全解体而成土状。残积土的矿物成分决定于母岩,无色透明的石英分解为砂砾,浅肉色、灰白色的长石风化成高岭土,黑云母风化成褐色斑点。花岗岩的化学风化主要是其中占约三分之二的长石在水、水溶液和空气中的氧与二氧化碳等作用下发生水解和碳酸化形成高岭土。风化程度愈强,残积土中高岭土含量愈高,汕头地区花岗岩残积土中高岭土含量为65~90%。高岭土结构致密,但吸水性强,遇水后易膨胀和软化,具可塑性和压缩性。从物化特性看,汕头市花岗岩残积土的pH值很低(属酸性),可溶盐和有机质含量都很少,但游离氧化物含量很多,由于长期的构造运动和地形地貌变化,有的直接裸露于地表,有的深埋于地下。

花岗岩残积土由于其形成环境条件和所受的风化程度不同,土中的颗粒级配及其含量也不同。花岗岩残积土中粗颗粒的比重对残积土的工程性质影响很大,如果不加区别对待,必然造成投资浪费甚至工程质量事故,因此有必要对花岗岩残积土进行分类。参照广东省《建筑地基基础设计规范》(DBJ15-31-2003)将汕头市花岗岩残积土按组成和结构的差异分为三类:

(1)粘性土(不含>2mm颗粒):呈棕红色或褐黄色,由粘、粉粒组成,排列较紧密,微孔隙较发育,呈硬可塑-硬塑状,在本区约占10~15%。

收稿日期: 2006-10-16

作者简介: 陈子敬(1968—),男,工程师,现从事岩土工程勘察、施工及监测工作。

万方数据

(2)砂质粘性土(> 2 mm 颗粒含量不超过 20%) :以黄褐色、灰白色为主 ,粘、粉粒含量较高 ,排列较紧密 ,小孔隙及微孔隙较发育 ,呈硬可塑 - 坚硬状 ,在本区约占 60 ~ 65%。

(3)砾质粘性土(> 2 mm 颗粒含量超过 20%) :以黄褐色为主 ,夹杂红、灰、白等色 ,原岩结构外貌仍保存 ,粘、粉粒含量较少 ,碎屑较多 ,土质松散 ,大、中孔隙发育 ,为粗碎屑结构或团粒状结构 ,在本区约占 20 ~ 25%。

2 工程特性

本区花岗岩残积土的工程特性是多方面的 ,包括物理力学性质、不均匀性及各向异性、扰动性、软化特性及崩解特性等。

(1)物理力学性质 :汕头市花岗岩残积土分布广、厚度大 ,埋藏深浅不一。土的颜色以棕褐、褐黄间灰白色为主 ,母岩矿物成分除石英外 ,其余如长石、云母等已风化为粘土类矿物 ,粘性较差。钻取的土芯手捏易碎散 ,遇水软化 ,易崩解 ,镐可挖进 ,在天然状态下 ,花岗岩残积土强度较高 ,压缩性中等偏低 ,平均孔隙比和透水性较大。通过对汕头地区不同地方 151 个土样的统计 ,本区花岗岩残积土一般物理力学指标见表 1。

从表 1 可以看出 ,汕头市花岗岩残积土具有较小的天然密度、较大的孔隙比和较高的抗剪强度 ,具有粘性土(粘聚力较高)和砂土(内摩擦角较大)的特点。而其指标值变化范围较大 ,应根据具体工程实验数据进行应用。

表 1 花岗岩残积土一般物理力学指标

Table 1 General physical and mechanical index of residual soil granite									
统计项目	含水量 /%	天然密度 /g/cm ³	孔隙比	液限 /%	塑性指数	压缩系数 /MPa ⁻¹	压缩模量 /MPa	粘聚力 /kPa	内摩擦角 /°
范围值	18.1 ~ 36.0	1.63 ~ 2.01	0.548 ~ 1.017	27.8 ~ 58.6	9.4 ~ 19.9	0.17 ~ 0.43	3.3 ~ 6.7	13.8 ~ 91.6	8.5 ~ 29.1
平均值	25.1	1.89	0.74	36.8	13.7	0.27	4.6	28.3	23.7

花岗岩残积土的物理力学指标具有某些相关性 ,有学者通过试验统计分析 ,得出液限(W_p)和塑限(W_L)的相关方程为 $W_p = 0.57W_L^{[1]}$,这说明花岗岩残积土液限高时塑限也高 ;变形模量(E_0)与压缩模量(E_s)的关系为 $E_0 = (2 \sim 5)E_s^{[2]}$,变形模量(E_0)与经杆长修正后的标准贯入击数(N)的关系为 $E_0 = 2.2N(\text{MPa})^{[3]}$ 。花岗岩残积土因其含大量的石英砂砾 ,容易受到扰动 ,勘察时按常规方法采取土样 ,在应力释放和土体受扰动情况下进行室内土工实验所取得的压缩模量的实验数值往往低于实际数值 ,目前很多工程设计人员采用上述经验公式求出变形模量来求算设计值。

(2)不均匀性及各向异性 :汕头市花岗岩中常见不均匀分布的岩脉 ,有些岩脉抗风化能力较强 ,如石英岩脉 ,而有些岩脉抗风化能力较弱 ,如二长岩脉、煌斑岩脉等 ,前者在残积土中形成硬化层 ,而后者则形成纯高岭土化的软弱夹层 ,由此形成残积土中的原生和次生裂隙 ,其结构面强度明显低于土

体强度 ,使花岗岩残积土具有显著的不均匀性及各向异性。

(3)扰动性 :花岗岩残积土具有特定的结构 ,并保留着原岩一定的残余结构 ,同时由于通常含有较多的砂砾碎屑(特别是砂、砾质粘性土) ,因此在进行钻探取样和试件制作时极易因扰动而破坏其结构性 ,使其结构强度损失 ,导致室内土工试验测定的压缩模量偏低 ,压缩系数偏大 ,加之花岗岩残积土本身孔隙比较发育 ,故常被误判为承载力较低、压缩性较高的地基土 ,增加基础工程造价并使工期延长。

(4)软化特性 :花岗岩残积土的软化特性是指随着含水量的增加 ,其强度降低、压缩性增大。含水量增大 ,则花岗岩残积土中起胶结作用的游离氧化物的溶解量随之增加 ,从而使土体强度降低、压缩性增大。花岗岩残积土的软化特性对工程设计和施工是不利的 ,在设计和施工上应采取积极有效的防治措施 ,特别是在做桩基工程采用泥浆护壁施

工灌注桩时,应严格控制孔底清渣工序,灌浆过程加大反插力度,以保证孔壁返浆良好。张永波等^[4]曾筛选 33 组标贯击数和含水量数据,得出回归分析方程为:

$$N = 68.3 - 1.65\omega \quad (\gamma = 0.751)$$

式中 N 为标准贯入击数(次), ω 为残积土的含水量(%), γ 为相关性系数。

(5)崩解特性 崩解(也称水解)是指浸泡在水中的花岗岩残积土呈散粒状、片状或块状剥落的现象。残积土的崩解过程呈缓慢-快速-缓慢形式,花岗岩残积土只需浸水 10min 以后,就会快速崩解^[5]。如汕头市潮南区某小桥为采用花岗岩残积土做持力层的人工挖孔桩基础,因地下水位浅,开挖过程中孔壁处于浸水状态,虽采用水泵排水,但孔壁仍发生较严重的崩塌,致使桩基失效。

汕头市花岗岩残积土因所处地理环境、地形及组成、结构等因素的不同,使花岗岩残积土的工程特性具有差异性。一般情况下,粗粒含量越高,天然含水量降低,抗剪强度等力学性质增强,因此,对花岗岩残积土应根据不同区域、不同分类加以区别对待。汕头市最常见的是砂质粘性土,其分布广、厚度大(几米~二十几米)、强度高,多做基础持力层。

4 地基承载力评价

花岗岩残积土含有大量的中、粗石英颗粒,常规试验取样、开样等操作扰动较大,同时在制作试件过程中,试样切割把较多的石英颗粒从试样中剥离开来,使试件表面呈蜂窝状,然后用强度低、压缩性高的细粒土补平表面,用这种方法制成的试件已不能正确反映原状土的颗粒组成。因此,花岗岩残积土地基承载力应采用荷载试验确定,或根据标准贯入试验等原位测试资料,结合当地经验综合确定。通过在汕头市采用多种方法(主要有利用标准贯入试验法和按临塑荷载公式计算法)确定地基承载力并与静力载荷试验方法(因费用昂贵而在实际工作中很少使用)进行比较后得出,以标准贯入试验确定的地基承载力符合实际地基承载力,而且该方法技术娴熟、操作简单、经济实惠。因此在目前

的工程地质勘察中,主要采用标准贯入试验来确定残积土地基承载力。

笔者在多年的野外与室内工作中发现,汕头地区的花岗岩残积土地基容许承载力与校正后的标准贯入击数有如下的对应关系,见表 2。

表 2 花岗岩残积土地基容许承载力(kPa)
Table 2 Allowable subgrade bearing capacity of residual soil granite (kPa)

地基土名称	N				
	4	10	15	20	30
	[σ_0]				
砾质粘性土	120	225	290	360	(480)
砂质粘性土	110	205	275	325	(420)
粘性土	95	155	205	240	

注 ①表中 N 为校正后的标准贯入击数 [σ_0] 为地基容许承载力; ②括号中的数据为参考值,供内插用。

5 路堑边坡稳定研究

汕头市南部的丘陵区以及潮阳、潮南和南澳等区县的山间公路,常由于开挖山(台)地形成边坡。边坡设计常以花岗岩残积土的室内抗剪强度为依据,忽略了其边坡稳定的特殊性。笔者在生产和调查中发现,有些边坡在施工过程中就失稳滑塌,而有些边坡虽已防护好,公路已运营多年,但仍发生破坏,并且部分边坡一垮再垮,给当地的交通及环境造成较严重影响。因此,在公路建设中必须重视花岗岩残积土的边坡稳定性。

通过对本市花岗岩残积土路堑边坡破坏机理及规律的研究分析后认为,边坡可能发生破坏的原因可分为 4 类:

- (1) 沿原、次生结构面滑动;
- (2) 防护不及时、受雨水等因素影响;
- (3) 边坡设计过陡;

(4) 施工不当。其中,施工不当可通过改进施工工艺和流程以及采用新技术、新设备来解决,下面对前三种进行讨论。

5.1 沿土的原、次生结构面滑动

原生结构面是指母岩中原有的软弱岩脉风化而成的结构面和母岩中原有的节理裂隙面^[6]。大

多数花岗岩残积土的边坡失稳都是土体沿这些软弱结构面滑动而形成的,并具有如下特点:

(1)边坡失稳与否同边坡高度无直接关系,主要取决于临空面与结构面的空间组合及结构面的抗剪强度。

(2)滑塌面常呈1~2 cm薄层状,光滑、平直,有较强的连通性。

(3)边坡滑动多发生在雨季,滑动体有较强的整体性。南澳县果老山至屏山岩路段近年来发生的多处山体滑坡,几乎都是沿这些软弱结构面的滑动。

次生结构面是指与构造无关,由于大气影响、土的膨胀、临空面形成等原因而产生的卸荷裂隙^[6],具有如下特点:

(1)破坏面平直、光滑,有如刀劈一般,近于垂直并无滑动痕迹,以拉裂为主。

(2)失稳体高度一般5~8 m,单块破坏体一般厚度不大于2~3 m,破坏体有较强的整体性,基本以倾覆为主。

(3)破坏基本呈迭瓦式,这种类型边坡常是屡治屡塌,每次清除滑动体后又产生新一轮的破坏。

(4)边坡稳定同临空面形成的时间有明显关系,多数边坡失稳发生在来年的雨季。这种情况在南澳县长青线长山尾至雄镇关路段曾发生的几处山体滑坡中表现得很明显。

5.2 受雨水冲蚀引起崩岗

汕头地区暴雨集中,在一定的坡角下,花岗岩残积土中原有细粒物质极易被冲走,形成坡面切沟,进而引起沟蚀,当冲沟两侧被掏空的上部土层厚度较大时,便会出现掉块和崩塌,进而引起大面积的崩塌、滑坡。在强台风珍珠所带来的强暴雨侵袭下,国道324线红旗岭至梅花路段出现多处滑坡,就属于这种情况。

5.3 边坡坡比设计

在汕头市,边坡由于设计过陡而产生圆弧式滑动的情况还未见过,这与边坡坡比设计合理有关。采用极限平衡分析,并结合本地成功经验,确定在对花岗岩残积土边坡坡面进行及时防护后其路堑边坡稳定坡比如下:

(1) $h \leq 15$ m, 10 m高设一平台,平台下坡比为1:1,平台上为1:1.25。

万方数据

(2) 15 m $< h \leq 20$ m, 10 m高设一平台,平台下坡比为1:1.25,平台上为1:1.5。

(3) 20 m $< h \leq 25$ m, 8 m高设一平台,坡比为1:1.5。

(4) 25 m $< h \leq 30$ m, 10 m高设一平台,从下至上坡比依次为1:1.75、1:1.75、1:2.0。

6 路堑边坡防护

根据对边坡破坏机理的分析,结合本市和临近地区对花岗岩残积土路堑边坡防护的成功经验,在合理设计边坡坡比的前提下,对花岗岩残积土边坡坡面进行防护。

(1)边坡高度 $h \leq 4$ m, 直接采用植草防护;边坡高度 4 m $< h \leq 10$ m, 采用浆砌片石骨架,骨架内植草;边坡高度 10 m $< h \leq 20$ m, 采用浆砌片石骨架,骨架内植草,坡脚处设护脚墙;边坡高度 $h > 20$ m, 边坡分三个台阶,坡脚设挡土墙,一、二级平台为浆砌片石骨架护坡,顶部挂土工格网植草。

(2)坡脚矮墙。经调查分析,路堑边坡受雨水冲刷,坡脚是受冲刷最严重的部位。在边坡坡脚增设一挡墙,可提高边坡坡脚抗冲刷能力。

(3)排水设施。在路堑边坡顶部设置截水沟,截水沟到坡顶部位应平顺封闭;设置排水明沟;边坡面设置急流槽,边坡平台设置排水沟。

(4)边坡挂网防护。挂网可采用土工格栅或土工网垫,挂网与植草或直接喷锚水泥浆相结合可增加整体性,减缓边坡受雨水冲刷和剥蚀,边坡挂网植草护坡比纯植草护坡效果要好。

7 结束语

(1)花岗岩残积土是一种特殊性土,与一般粘性土性质不同,不能按一般粘性土对待,以免造成不必要的工程事故和投资浪费。

(2)花岗岩残积土的软化特性和崩解特性对基础工程是不利的。汕头市地下水丰富,花岗岩残积土大都处于水位以下,因此,在设计和施工上应采取积极有效的防治措施,防止出现流砂、涌砂、坍孔等问题,以保证工程顺利施工和工程质量。

(3) 花岗岩残积土的扰动性使室内测定的压缩性等指标大多失真,因此,对地基承载力和变形模量应采用荷载试验确定或采用标准贯入试验结合当地经验综合确定。在汕头市用前面介绍的经验公式采用变形模量计算的沉降量是符合实际的。

(4) 花岗岩残积土具有比较显著的微观缺陷(原生和次生裂隙),在受力和浸水等因素作用下,其微观缺陷的发展使花岗岩残积土的力学性能劣化,在工程应用上应引起重视。

(5) 汕头市雨季时间长、降雨量大,同时花岗岩残积土胶结性差,遇水易软化和崩解,在雨水冲刷下边坡极易失稳,因此,应采取综合防治措施,坡面应边施工边防护,减少边坡暴露面,缩短边坡暴露时间,以提高边坡的稳定性。

参考文献

- [1] 黄平安,黄文县,陈水安. 花岗岩残积土的特征及承载力的确定[J]. 西部探矿工程, 2006(6): 48—50.
- [2] 谢国香. 地基岩土分类与承载力标准值[J]. 广东地质, 1993, 8(4): 37—49.
- [3] 岩土工程手册编写委员会. 岩土工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995: 172—173.
- [4] 张永波,殷密英,陈戈,等. 花岗岩残积土浅层地基承载力评价方法探讨[J]. 工程地质学报, 1997, 5(3): 251—256.
- [5] 陈洪江. 花岗岩类全风化带的工程地质特性[J]. 港工技术, 1995(3): 61—65.
- [6] 张文华. 花岗岩残积土的抗剪强度及土质边坡稳定分析[J]. 水文地质工程地质, 1994(3): 41—43.

The Engineering Characteristics of Granite Residual Soil and Analysis of the Cut Slope Stability in Shantou City

CHEN Zi-jing

(Shantou Highway Survey and Design Institute , Shantou 515041 , Guangdong , China)

Abstract :This paper provides an objective view and comprehensive acknowledgement on the granite residual soil in Shantou City by analysis and discussion on its engineering characteristic. Factors caused the instability of cut slope are analyzed and related feasible solutions to practical engineering project are advanced consequently.

Key words : Shantou ; Granite Residual Soil ;Engineering Characteristic ;Cut Slope Stability ;Protective Measurement