文章编号:1009-6825(2008)31-0111-03

桂林红黏土微结构特征分析

张林锋 肖 欣 李 辉

摘 要:指出从土质学角度来分析土的工程性质一般要从土的矿物组成和土的结构两个方面进行分析,着重从土的结构方面对桂林红黏土微观结构特征进行了分析,以阐述桂林红黏土具有与一般黏性土不同物理力学性质的原因。

关键词:红黏土,微结构,工程性质

中图分类号:TU411 **文献标识码**:A

0 引言

桂林为强岩溶发育区,岩溶作用形成了区内红黏土的广泛分布。红黏土作为一种特殊土具有与其他黏性土不同的物理力学性质:天然含水量 w,孔隙比 e,饱和度 S_r 以及塑性界限(液限 w_L,塑限 w_P)很高,但却具有较高的力学强度和较低的压缩性。

土的基本性质是影响其物理力学性质的最重要因素之一。土的基本性质包括矿物组成、土的结构及含水量等。本文着力分析土的结构,以论述红黏土的特殊物理力学性质。

1 红黏土的基本结构单元

红黏土的微结构基本要素包括:基本结构单元、单元组合、结构连接等。以下根据扫描电镜分析和微区能谱分析等资料,对红黏土及次生红黏土中这些微结构要素及其相互关系进行分析。

扫描电镜试验使用的红黏土样品经风干处理。

基本结构单元是构成红黏土骨架的最小单位,它作为一个整

计算后为 $m=12\%$。

为了验证上述承载力,计算本次碎石桩复合地基静载荷试验采用1.0 m×1.0 m方形承压板,进行了6组静载荷试验,相应 P—S 曲线见图2。

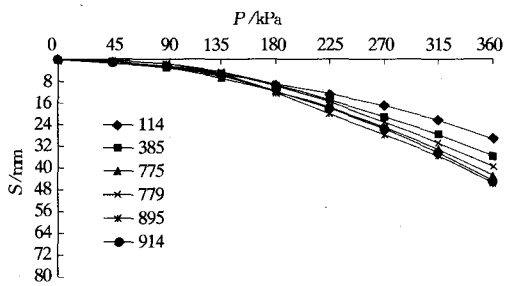

图2 单桩复合地基静载荷试验 P—S 曲线

从图2可以看出,无论哪个试验桩号,在载荷作用下,压板沉降量随着外载荷的增加而增加,且随载荷的增加呈加剧形式,仍是一条光滑曲线,亦无拐点出现,各 P—S 曲线均属于渐进型的缓变形光滑曲线,不存在明显的陡降段和比例界限点。取 $s/b=0.015$(b 为承压板的宽度)对应的荷载,其值均超过最大加荷量180 kPa。

处理后桩间土标准贯入试验的平均击数为5击,代入式(2)得出 $C_u=30\sim32.5$。按式(1)计算得出 $P_{pf}=756$ kPa~819 kPa。

根据标贯击数查出处理后桩间土承载力标准值 $f_{sp,k}=150$ kPa。取安全系数为2,按式(3)计算得出 $f_{sp,k}=177.36$ kPa~181.2 kPa。

对比载荷试验实测值和承载力计算值可以发现,两者非常接近,证明本文推荐碎石桩复合地基计算公式是准确的。

5 结语

1)采用碎石挤密桩处理软土和砂土液化的地基能取得良好效果。对地基土的物理力学性质的改善、软土的加速固结、沉降的减小、承载力的提高都能有明显的作用。2)通过对碎石桩复合地基的承载特性的介绍,说明了桩体产生鼓胀破坏的原因。3)通过对碎石桩工程实例的理论计算和现场静载荷试验对比,证明本文所推荐的单桩承载力计算公式的准确性。

参考文献:

[1] 龚晓南.复合地基理论及工程应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.

[2] 陈肖华.碎石桩复合地基承载力计算方法探讨[J].土工基础,2003,17(3):58-61.

[3] 曾国熙.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.

[4] 袁聚云.土工试验与原位测试[M].上海:同济大学出版社,2004.

[5] 赵明华.碎石桩复合地基承载力分析[J].公路,2003(1):21-24.

[6] 李建伟.挤密桩施工技术[J].山西建筑,2007,33(21):108-109.

Study on the bearing behavior in the densification by gravel piles

WEI Lu LI Tie-jun XIANG Ling-zhi

Abstract: According to that the gravel pile composite foundation is the effective foundation treatment method, the paper briefly discusses the reinforcement mechanism and the bearing behavior of the gravel pile composite foundation, introduces the bearing capacity calculation method of the single pile of the gravel pile, and the theoretical results are verified by the experimental results of the field load.

Key words: gravel pile, composite foundation, bearing behavior, static load test, bearing capacity

收稿日期:2008-06-23

作者简介:张林锋(1975-),男,硕士,工程师,天津华北有色建设工程公司,天津 300181
肖 欣(1973-),男,工程师,天津华北工程勘察设计有限公司,天津 300181
李 辉(1972-),男,工程师,天津华北工程勘察设计有限公司,天津 300181

体独立的参与力学活动。

根据扫描电镜观察，红黏土微结构的基本结构单元有以下两类：

1)由黏土矿物粒团组成的复合多孔性单元；

2)由残余碎屑颗粒或铁质结构构成的刚性单元。

其中，黏土矿物粒团在红黏土中占绝对优势，并构成红黏土的基本骨架，是决定红黏土骨架性质的基本因素，需对其进行较为详细的研究。

1.1 黏土矿物粒团的特征及结构形式

红黏土中的黏土矿物粒团由几十至几百个黏土矿物片集聚而成，其外形为球状、椭球状、板状或不规则状，直径 1 μm～5 μm，有的可达 10 μm 以上。桂林红黏土的黏土矿物结构形式主要有以下 3 种[1]：

1)平片叠聚式粒团：由结晶粗大的高岭石或伊利石晶片以面—面结合方式叠聚而成的板状集合体，粒团边界清晰，粒团内孔隙不发达(见图 1)；

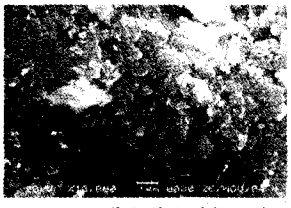

图 1 红黏土黏土矿物平片叠聚式粒团(土样编号：19-1 号，放大倍数：10 000)



图 2 红黏土黏土矿物平片片架式粒团(土样编号：103 号，放大倍数：8 000)

2)平片片架式粒团：由细小的高岭石晶片以边—面或边—边结合方式组成的球状、椭球状集合体，晶片以一定角度相交，形成架空结构，粒团边界清晰，粒团内孔隙发达(见图 2)；

3)平片辐射式粒团：结晶粗大的伊利石晶片，以某个结晶中心向外辐射生长，形成花朵状集合体，粒团边界不甚明确，粒团内开型孔隙发达(见图 3)。



图 3 红黏土黏土矿物平片辐射式粒团(土样编号：73-1 号，放大倍数：6 000)

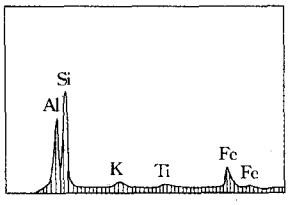

图 4 高岭石粒团能谱分析(廖义玲)

一般认为在含铁较高的白云岩残积红黏土中尚有曲片叠聚—辐射式粒团存在。在桂林地区一般为融县组灰岩形成的红黏土，扫描电镜分析中没有发现这一矿物结构形式，而主要是以平片叠聚式粒团、平片片架式粒团和平片辐射式粒团 3 种结构形式为主。

1.2 粒团的工程性质

有证据表明[2]，粒团内黏土矿物片之间有牢固的连接，这种连接使粒团成为一个整体参与力学活动。

1)用机械分散法制备粒度分析样品，虽经用水浸泡、煮沸、研磨等作用，仍然不能使粒团破坏，结果得到的还是反映粒团尺寸的粒度成分，而不是反映黏土矿物颗粒大小的粒度成分；

2)进行未镀膜样品微区能谱分析时，用 X 射线束(电流 I=75 μA，电压 V=25 keV)轰击粒团，粒团发生明显的整体位移，但粒团本身却依然完好无损；

3)高国瑞(1985 年)曾对夯实前后的红黏土样品进行扫描电镜观察，发现粒团在夯击后并未破坏，也没有发生明显的变形。

以上证据可以证明，粒团内部黏土矿物颗粒之间有坚强的连接，此种连接使粒团成为一个牢固的水稳定性的整体。在一般工程荷载作用下(300 kPa～500 kPa)，红黏土的变形主要是粒团整体位移的结果，而粒团本身的变形可以忽略。红黏土的剪切破坏主要是由于粒团之间结构连接的破坏，而不是粒团本身的破坏。因此，关于黏土矿物粒团是红黏土微结构的基本结构单元的观点是有充分根据的，是正确的。

黏土矿物粒团是一种由若干黏土物片集合而成的多孔隙微结构基本单元。以这种基本结构单元为基本骨架的红黏土，其物理力学性质自然同以刚性颗粒为骨架的土类有着根本的区别。

2 桂林红黏土微结构基本单元的组合特征

根据扫描电镜观察，桂林红黏土微结构基本单元的组合，有以下两个显著的特点：1)基本单元的排列是紊乱无序的，即使是经过搬运再沉积的次生红黏土，也看不到粒团定向排列的趋势；2)基本单元的堆积是非常紧密的，基本单元往往并不互相接触，且其位置往往不符合紧密堆积的要求。

这类组合形式的总体结构，表现为土的孔隙比大，在力学上也是不稳定的。其稳定性需依靠粒团间的结构连接才能维持。这类总体结构又是一种架空结构，基本结构单元有较为充裕的位移空间。

3 红黏土的结构连接

3.1 粒团内的结构连接

据观察，粒团内黏土矿物片是紧密接触的，且互相平行或以一定角度相交。对高岭石单矿物粒团的能谱分析[2]，发现铁峰仍很显著(见图 4)。其他粒团也有类似的特点。对黏土矿物其晶面上也常可见到铁质包膜或有珍珠状的胶态铁附着。这些事实证明，粒团内黏土矿物之间的结构连接是由静电引力、范德华力和游离氧化物(游离氧化铁、游离氧化铝或游离氧化硅)的胶结连接所引起的，这种连接有很高的强度和良好的抗水性，其作用是将众多的黏土矿物片集合成一个整体，这是一种牢固的、水稳性的连接。

3.2 粒团之间的结构连接

如前所述，构成红黏土基本骨架的黏土矿物粒团的总体结构是一种不稳定的架空结构。有了粒团之间的结构连接，才能将基本结构单元凝聚成具有一定力学强度的土体，否则将是一盘散砂。

红黏土粒团间的结构连接对红黏土结构的形成有重要作用。这种连接把基本结构单元结合起来，使之保持稳定，成为具有一定力学特性的土体。

红黏土粒团间的结构连接是一种弱胶结的欠牢固连接，它使红黏土具有一定的结构强度。三轴试验时，原状样的摩尔包线和重塑样的摩尔包线大体相互平行，前者在上，后者在下。二者凝聚力之差为 10 kPa～17 kPa。这两项试验证明，红黏土由于粒团之间的胶结产生了固化凝聚力，从而形成了结构强度[2]，并因此而具有较低的压缩性和较高的强度。硬塑红黏土的压缩系数一般在 0.3 MPa^{-1}以下，最小可至 0.03 MPa^{-1}，属中～低压缩性土；而直接快剪实验测得的粘聚力值一般为 50 kPa～80 kPa，最大可达 100 kPa～120 kPa。

红黏土的超固结现象是由胶结引起的，而不是由上覆土层的压力引起的，这一点早已被前人的研究所证实[3]。

文章编号:1009-6825(2008)31-0113-02

某储罐基础在爆炸荷载作用下的受力分析

毛 矛

摘 要:通过对某储罐基础在爆炸荷载作用后的现场检测与有限元数值模拟,分析了储罐环形基础在爆炸荷载作用下的受力及变形情况,得出储罐在爆炸时引起的冲击力在环形基础外侧产生的较大拉应力是环形基础产生竖向裂纹的直接原因。

关键词:储罐,环形基础,数值模拟,爆炸荷载

中图分类号:TU470

文献标识码:A

0 引言

近年来,随着石油化工行业的蓬勃发展,储罐的数量不断增加,储罐在石油天然气输送及许多工业装置中的应用也日益广泛。以往的设计中对罐体本身的防火、防爆性能的考虑较多,却忽视了储罐基础的安全问题。本文则通过实地检测及数值模拟分析了储罐爆炸后环形基础的应力分布及变形情况。

1 工程概况与现场检测

1.1 工程概况

该工程为1万 m^3 凝析油储罐。根据设计文件,该储罐基础直径为30 m,外围为钢筋混凝土环梁,环梁内依次填筑戈壁砂石、中粗砂及沥青砂垫层。该储罐因不明原因发生两次爆炸,并引发大火。后经全力扑救,大火扑灭,基础未受到烧灼。为检查该储罐基础的整体质量及储罐爆炸对环形基础的影响程度,检测人员对该基础的变形、裂纹开展与分布状态进行了检测。

1.2 现场检测

经统计,在储罐环形基础外侧裂缝密集,多数间距在0.2 m左右,裂缝宽度在0.5 mm~0.6 mm左右,裂缝延伸在50 cm~120 cm之间,个别裂缝贯穿整个环形基础。说明储罐在爆炸时对环形基础的冲击作用较强。通过回弹仪检测发现此环形基础的混凝土强度较高,强度值在30 MPa~40 MPa之间,均值为36.8 MPa。经过5年的使用,环形基础的混凝土发生碳化,其强度发生衰减,为设计值的75%~95%。且环形基础未经烧灼,所以环形基础的混凝土强度仍然较高,储罐爆炸对其抗压强度影响较小。

2 环形基础的有限元分析

2.1 有限元结构分析理论

有限元的基本运动学假定位移场$\{f\}$完全由体系节点位移$\{\delta\}^e$所确定,单元内任一点位移可由各节点位移内插得到,即:

$$\{f\}=\begin{Bmatrix}u\\v\\w\end{Bmatrix}=[N]\{\delta\}^e。$$

其中,$[N]$为形函数矩阵,它的元素是单元位置坐标的函数。

通过微分关系可得到单元内的应变场:

$$\{\varepsilon\}=\begin{Bmatrix}\varepsilon_x\\\varepsilon_y\\\varepsilon_z\\\gamma_{xy}\\\gamma_{yz}\\\gamma_{zx}\end{Bmatrix}=\begin{Bmatrix}\partial u/\partial x\\\partial v/\partial y\\\partial w/\partial z\\\partial u/\partial y+\partial v/\partial x\\\partial v/\partial z+\partial w/\partial y\\\partial u/\partial z+\partial w/\partial x\end{Bmatrix}=[B]\{\delta\}^e。$$

其中,$[B]$为单元应变矩阵,不考虑大位移时为定值,考虑大位移时单元应变矩阵是节点位移$\{\delta\}$的函数。

对工程建设而言,有意义的主要是粒团间欠牢固的非水稳性连接,粒团内黏土矿物片之间的连接是一般工程荷载所不能破坏的,这也正是红黏土特殊力学性质区别于其他一般黏性土的原因。

4 结语

1)桂林红黏土的黏土矿物结构形式主要有平片叠聚式粒团、平片片架式粒团和平片辐射式粒团3种;

2)红黏土基本单元排列的紊乱无序是其孔隙比大的原因;

3)红黏土粒团之间的结构连接是其具有较高强度和较低压缩性的原因。

总之,红黏土孔隙比大、密度小而压缩性低这一特殊的工程性质,是由其特殊的物质成分和结构连接方式形成的。

参考文献:

[1] 张林锋.桂林岩溶区红粘土工程性质及承载力研究[D].桂林:桂林工学院学位论文,2005.

[2] 廖义玲,余培厚.红粘土的微结构及其概化模型[J].工程地质学报,1994,2(1):27-37.

[3] 罗鸿禧.游离氧化铁对红色粘土工程性质的影响[J].岩土力学,1987,8(2):29-36.

[4] 吴俊阳,郭 明,耿慧辉.红黏土微基础对工程性质的影响[J].山西建筑,2006,32(23):103-104.

The analysis of the microstructure characteristics of the red clay in Guilin

ZHANG Lin-feng XIAO Xin LI Hui

Abstract: The paper points out the analysis of the engineering properties of the soil in the angle of the soil geology should start from the mineral constituent and soil structure, emphasizes on the analysis of the microstructure characteristics of the red clay in Guilin from the aspect of soil structure, in order to explain that the red clay in Guilin has different physical and mechanical properties from the usual clays.

Key words: red clay, microstructure, engineering properties

收稿日期:2008-06-16

作者简介:毛 矛(1976-),男,工程师,甘肃省电力设计院,甘肃 兰州 730070