

Research on Engineering Characteristics of Fine Mixed Soil in Wuxue Area, China

Bohao Guo Sihan Song Jie Shen

Hubei Coal Geology Team 182, Huangshi, Hubei, 435005, China

Abstract

Mixed soil is widely distributed in Hubei province, and its engineering characteristics are often quite different due to the different composition of parent rock, geological origin, weathering degree and particle composition. As a kind of special rock and soil, its particle composition with gravel, sand, clay, etc, this is formed under certain geological conditions is different from the general homogeneous soil, is between fragmented rock and different from the two kinds of special engineering geological materials, especially in engineering activities in the field of geotechnical engineering often meet and must be properly disposed of engineering geological carrier. This paper mainly uses the field investigation of indoor test tuberculosis, through the study of fine mixed soil and other physical characteristics in Wuxue area, combined with the actual investigation and construction, to excavate more utilization value of mixed soil.

Keywords

mixed soil; indoor testing; gradation; physical properties

中国武穴地区细粒混合土工程特性研究

郭博灏 宋思汗 沈杰

湖北煤炭地质一八二队, 中国·湖北黄石 435005

摘要

混合土在湖北地区广泛分布, 其工程特性往往因母岩成分、地质成因、风化程度及颗粒组成的不同导致具有较大差异。作为特殊性岩土的一种, 其颗粒组成以砾石、砂土、黏土等为主, 这是在经历一定地质条件作用下所形成的既不同于一般的均质土体, 是介于碎裂岩体之间又不同于这两类中任何一种的特殊工程地质材料, 是在工程活动中特别是在岩土工程领域经常遇见而又必须妥善处置的工程地质载体。论文主要运用了室内试验结合野外勘察, 通过对武穴地区的细粒混合土级配变化和其他物理性质特征的研究, 与实际的勘察施工结合, 发掘混合土更多的利用价值。

关键词

混合土; 室内试验; 级配; 物理性质

1 引言

1.1 研究的背景及意义

在城市建设的不断发展, 建筑物的基础埋要求愈发严格的情况下, 常用桩基持力层多采用中风化岩层, 对压缩性相对较高的土层如粗、细粒混合土, 残积土及强风化等较特殊的地层的利用相对保守。在勘察设计人员出于降低安全风险过于保守的考虑的同时, 野外勘察作业技术人员参差不齐的水平、原状试样采集不规范、土层的级配不连续、环境骤变等因素致使该类土层易受较大影响, 使得长久以来对该类土的工程评价更多取决于经验折算, 没有使该类土体发挥充分的作用。

在工程活动中特别是在岩土工程领域这是一种经常遇

见而又必须妥善处置的工程地质载体。不仅是该类地质材料近年来受到重视的原因, 也是作为土石混合体中较为特殊的一类研究的巨大工程价值所在。在控制好相应风险的前提下是可以作为工程建设当中良好的地基持力层从而获得较大的经济效益和社会效益^[1]。

1.2 研究思路及内容

论文为了深度探究武穴地区粗、细粒混合土的力学特性, 通过多地钻探取样测得其砂粒、黏粒等级配含量, 并且与现场原位测试结合, 来分析探讨不同级配含量下, 不同细粒含量的混合土工程力学性能。室内试验部分主要是对含细粒混合土采取筛分法、密度计法测得各级配合下的颗粒含量, 以探级配含量对含细粒混合土力学强度的影响^[2]。主要研究内容如下:

①通过土的颗粒级配分析试验, 对现场所采取的样品进行级配分析, 得到试验结果并绘制级配曲线; 通过土的界

【作者简介】郭博灏(1994-), 男, 中国湖北麻城人, 本科, 工程师, 从事岩土工程研究。

限含水率试验(可塑性),测得土的液限、塑限及塑性指数,得出其物理性质后进行评价。

②通过固结快剪试验,研究粗、细粒含量在不同情况下对细粒混合土应力—应变曲线、抗剪强度等有关指标的影响,在现有条件下进一步分析与探求土的细粒含量与力学强度的关系。

③结合现场原位测试,分析颗粒组成与土体的工程力学性质间的变化规律。

2 土样基本物理特性试验

2.1 现场取样情况

论文试验样品取自武穴周芳远、四斗水库附近。出露的地层为太古代大别群麻桥组地层,附近河床分布存在一定埋深厚度的第四系全新统冲洪积地层(Q_4^{alpl}),山脚及坡脚处分布有覆盖较薄的残坡积层。本次取样多为冲洪积成因的样品。

2.2 颗粒分析试验

论文试验采用刻度为-5~50,分度值为0.5的甲种密度计作为测定粒径小于0.075的试验仪器,刻度单位以温度为20℃时每1000mL的悬液所含土的质量克数表示;采用孔径为0.075mm、0.1mm、0.25mm、0.5mm、1.0mm、2.0mm、5.0mm、10mm、20mm、40mm及60mm的金属丝编织网试验筛作为测定粒径大于0.075的试验仪器。配套设备含有天平、烘箱、量筒、漏斗、洗筛漏斗、温度计、锥形瓶、瓷杯、研钵、瓷碗、毛刷、匙等。

测得土中不同的粒组烘干后称得的干土重所占样品烘干总质量的百分比,并将计算后的试验结果统计整理在对数坐标系上绘制连线成土样的粒径与质量百分数曲线——颗粒级配曲线。在级配曲线的走势中可以基本了解土的粗、细

粒径分布的均匀程度并判断其级配的优良:如走势平缓,则表示粒径大小相差过大,土粒间大小不均匀,级配良好;相反走势较陡,则表示粒径大小相差较小,土粒较均匀,则级配不良^[3]。

依照GB/T50123—2019《土工试验方法标准》中的颗粒分析试验的筛分法、密度计法进行试验后取其接近平均值的代表性试验数据反映在对数坐标系上如图1所示。

依照GBJ145—90《土的分类标准》,一般土(非特殊性岩土)根据其不同粒组的相对含量划分为细粒土、粗粒土、巨粒土三类。当试验样品中细粒组土粒质量(特指去除水分的干土质量)占总土重的50%及以上时,称为细粒土;当试验样品中巨粒组土粒质量占总土重的15%,且粗粒组土粒与巨粒组土粒重量相加大于总土重的50%时,称为粗粒土。粗粒组的土重占总土重25%~50%(包括50%)的土称含粗粒的粉质土或含粗粒的黏质土(具体以细粒部分可塑性指标确定),细粒土中若粗粒组土重不超过总土重25%的土称为粉质土或黏质土。

在本次试验结果当中,粗粒组土粒(0.075~60mm)质量是总质量的70.2%,细粒组土粒(小于0.075mm)质量是总质量的29.8%,同时因砾粒组土重小于总土重的50%,砂粒组土重是总土重的64.1%,满足砾粒组小于砂粒组质量的条件,因此采取的土样样品为砂类土。

工程中常用曲率系数(C_c)和不均匀系数(C_u),对土的颗粒级配展开评价,常见于工程勘察报告。不均匀系数的大小粒径级是否连续旧,曲率系数的大小反映的是土的均匀程度,不均匀系数的大小粒径级是否连续旧。通过本次试验绘得出的颗粒级配曲线(含黏粒),结合计算公式(1)和公式(2),可知现场混合土层的 $C_u=37.5$ 和 $C_c=4.28$ 。

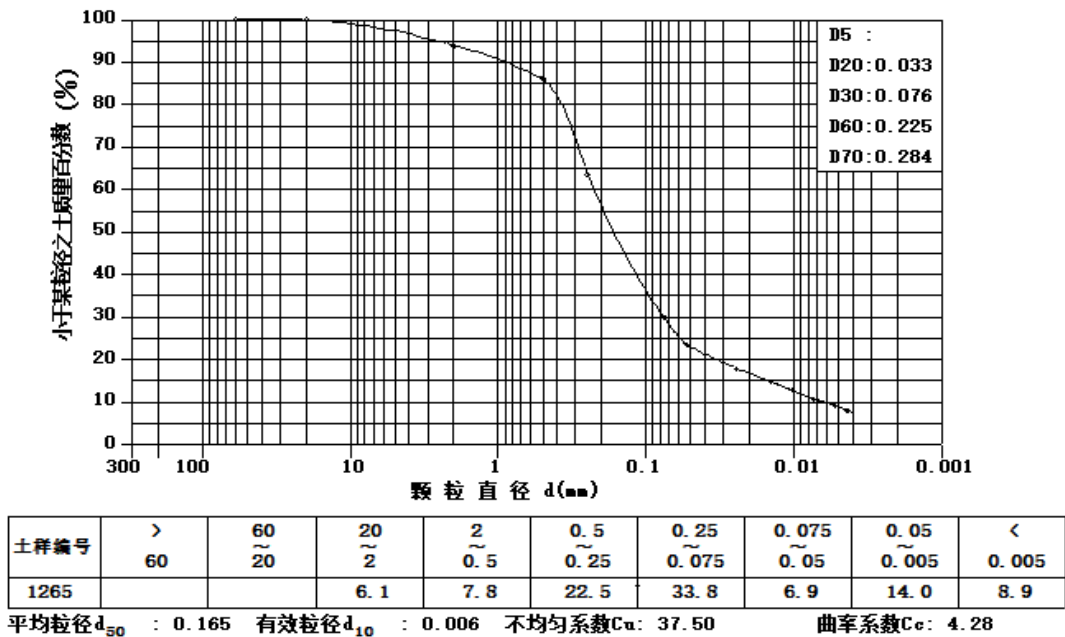


图1 颗粒分析试验成果

$$C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1)$$

$$C_C = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \quad (2)$$

式中： d_{10} ——有效粒径，在级配曲线上，小于该粒径的土粒质量累计百分率，10%；

d_{30} ——中值粒径，在级配曲线上，小于该粒径的土粒质量累计百分率，为30%；

d_{60} ——限制粒径，在级配曲线上，小于该粒径的土粒质量累计百分率，为60%。

根据标准中砂类土 $C_u \geq 5$ ，且 $C_c=1-3$ 时，级配良好；当试验两参数均不在此范围，级配不良。土样的 $C_u=4.28$ ，不满足 $C_c=1-3$ 的条件，因此所取土样为级配不良的粉土质砂。

3 试样中土粒粒径的选择分析

将试样中的粒组按级配分离为 $d < 2\text{mm}$ 、 $d < 0.5\text{mm}$ 与 $d < 0.25\text{mm}$ 共三组，逐一剔除、分级配置不同粒径含量的混合土，分别开展物理、力学性质试验。选择此类试验方式的原因如下：

①在现行的国家规范规程中，DL/T5355—2006《水电水利工程土工试验规程》、GBT50123—2019《土工试验方法标准》及 JTG 3430—2020《公路土工试验规程》中，均对砂及砂砾土的直剪、固结力学性试验需过 2mm 筛，界限含水率均限制在 0.5mm 以下。

②如果采用的试样土粒的粒径较大，颗粒间隙中充填饱满，受到的内力在一定范围内对试验结果产生很大影响。因此在制备的试样的过程中对土粒的最大粒作出限制，为 $\leq 2\text{mm}$ 。以控制外力作用下土粒的不匀的接触所产生的力对其物理力学性质及变化规律造的干扰，因此限制土粒的粒径范围进行试验的数据更能反映差异特点^[4]。

3.1 细粒土组的界限含水率分析试验

此次试验的目的是判断试样的可塑性，即液限 (W_L) 和塑限 (W_p)，并计算得出塑性指数，同时也可类似工程的施工设计提供一定的参考价值。其中介于 0~0.5 mm 之间的土粒是研究土层的水理性质、物理力学性质及有关特性所必需的重要参数， W_L 和 W_p 更是细粒组土粒的必不可少的参数指标，为此需要测定样品土的 W_L 和 W_p ^[5]。

依照《土工试验方法标准》GBT50123—2019、《公路土工试验规程》(JTG 3430—2020) 中的液、塑限联合测定法，需要对土样中粒径不超过 0.5mm (可过筛) 的土样分别调制 3 点不同的含水率，后采用数显液塑限测定仪来测得样品的液限 W_L 和塑限 W_p ，并按下式计算其塑性指数 (I_p)：

$$I_p = W_L - W_p \quad (3)$$

试验成果取其接近平均值的代表性试验数据反映在对数坐标系上：

① $d < 2\text{mm}$ ， $W_L=15.2$ ， $W_p=12.4$ ， $I_p=2.8$ 。

② $d < 0.5\text{mm}$ ， $W_L=17.7$ ， $W_p=12.9$ ， $I_p=4.8$ 。

③ $d < 0.25\text{mm}$ ， $W_L=22.1$ ， $W_p=15.9$ ， $I_p=6.2$ 。

3.2 细粒土剪切强度分析试验

3.2.1 试样的制备

根据样品类别及实际应用，以压样法控制孔隙比 $e \approx 0.650$ 分别对 $d < 2\text{mm}$ 、 $d < 0.5\text{mm}$ 、 $d < 0.25\text{mm}$ 三级样品压样制备。

3.2.2 试验方法

常见于工程中土体剪切强度的试验方法有：①直接剪切试验 (含直接快剪、固结快剪、慢剪)；②无侧限抗压强度试验；③三轴压缩试验。由于直接剪切试验具有操作简单方便，应用范围广，目前仍为测定土体抗剪强度的主要方法。由于砂的排水快，取样地区的地下水水位较深，因此本次试验选用固结快剪的方法进行研究试验。具体依照 GBT50123—2019《土工试验方法标准》第 21 章的规定进行。

试验成果取其接近平均值的代表性试验数据及曲线：

① $d < 2\text{mm}$ ， $C=7$ ， $\Phi=29.8$ 。

② $d < 0.5\text{mm}$ ， $C=11$ ， $\Phi=26.2$ 。

③ $d < 0.25\text{mm}$ ， $C=20$ ， $\Phi=22.7$ 。

依照摩尔—库伦理论当中，摩擦强度及黏聚强度构成了土体的抗剪强度，其对应的指标分别为 C (黏聚力) 和 ϕ (内摩擦角)，其表达式为：

$$S = c + \sigma \cdot \tan \phi$$

式中： S ——土的抗剪强度 (kPa)；

c ——土的粘聚力 (kPa)；

σ ——作用于剪切面的法向应力 (kPa)；

ϕ ——土的内摩擦角 ($^\circ$)。

当作用于剪切面的法向应力 σ 为 200kPa 时 (此处参照附近四斗水库含砾砂质粘性土承载力特征值为 200kPa)， $S_1=121.5\text{kPa}$ 、 $S_2=109.4\text{kPa}$ 、 $S_3=103.7\text{kPa}$ 。

4 结论

由上述图表可以得出，以抗剪强度作为评价指标，对于粒径小于 2mm 的混合土，随着原有地层中粗颗粒占比的逐渐减少，土体的力学强度越低，也反映了土质中粗颗粒对其试样内摩擦角影响较大。同理，增大土体中粗颗粒的占比对提高土体的强度有着明显的作用，这也为一般工程项目中铺设碎石路段提高路面强度提供了一定佐证，但由于试验方式与地域的局限性，对粒径大于 2mm 以上的粗粒混合土有待进一步研究。

参考文献

[1] 朱建群. 粉粒含量对砂土强度特性的影响[J]. 岩土工程学报, 2007(8):52.
 [2] 赵成刚, 白冰. 土力学原理修订本[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
 [3] JTG 3430—2020 公路土工试验规程[S].
 [4] GB/T50123—2019 土工试验方法标准[S].
 [5] 丁一. 不同颗粒级配混合土力学特性试验研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2012.