

关于土的目力鉴别

高大钊

(同济大学, 上海 200092)

摘要: 本文讨论了土的目力鉴别在土分类方面的应用, 介绍了这个领域中的一些发展, 对今后的工作提出了若干建议。

关键词: 目力鉴别; 光泽反应; 摇震反应; 干强度; 韧性

中图分类号: TU411

文献标识码: A

Abstract: The application of simple visual inspection and manual test to the identification of soils is discussed. The recent development of the said method is introduced and some suggestion is given for the future work.

Key words: visual inspection; shiny response; dilatance; dry strength; toughness

1 引言

《岩土工程勘察规范》(GB50021 - 2001)^[1]对于粘性土的描述, 规定应描述颜色、状态、包含物、光泽反应、摇震反应、干强度、韧性、土层结构等。其中光泽反应、摇震反应、干强度、韧性等四个描述的要求是新增加的内容, 在粉土的描述中也增加了这四个内容。在执行新规范的过程中, 有的地方提出为什么要增加这些描述内容以及如何掌握这些内容等问题。

本文从实际工程的需要、土质学的原理、国外有关标准的规定等方面讨论关于目力鉴别土的意义、鉴别的理论依据以及鉴别方法等。

2 目力鉴别的意义

根据我国的土分类标准, 粘性土和粉土是细粒土的两大类, 其物理力学性质有较大的差别。关于粘性土和粉土的分类界限, 存在不同的分类定名的标准。在塑性图分类系统中, 在 A 线以上的土定名为粘土; 在 A 线以下的土定名为粉土。在按塑性指数分类的系统中, 塑性指数等于或小于 10 的土定名为粉土, 塑性指数大于 10 的定名为粘性土。

土的分类系统之间, 常常不可能是完全对应的, 特别在两种土类的搭接边界上, 采用不同分类系统划分的结果可能出现矛盾的现象, 这也是很正常的。此时, 有经验的工程师就要根据自己的经验对分类结果的正确性进行判断, 目力鉴别是一种非

常有效的手段。目力鉴别可以在野外工作中进行, 也可以在开土时进行, 在出现矛盾和分歧时还可以作进一步的目力鉴别, 为最后判断土类提供依据。如果在野外取土描述时进行了目力鉴别, 则这种第一性的资料具有重要的价值, 可供室内试验后土分类时查阅。

野外工作的目力鉴别, 是一种重要的工作方法, 也是野外勘探工作的组成部分。但是我国习惯采用的描述内容, 比较侧重于观察了解土的物理性质, 如湿度、状态、包含物等, 而缺乏对土的力学性状的观察了解。粘土和粉土的颜色和湿度可能没有太大的差异, 除了用手感颗粒粗细的通常方法外, 就没有很多的办法来作有效的判断。

光泽反应、摇震反应、干强度、韧性等四个描述的项目可以弥补已有鉴别方法的不足, 可以有效地将粘土和粉土区别开来。

《土的分类标准》(GBJ145 - 90)^[2]规定的简易鉴别方法, 也主要出于这方面的考虑。

在国外通用的技术标准中, 通常都有目力鉴别的规定, 在岩土工程勘察的野外作业中, 对土的描述比较具体和详细。在岩土工程勘察报告中, 也都有鉴别结果的记载。

对于我国土分类标准定名的粉土与国外通用标

收稿日期: 2002-07-20; 修订日期: 2002-09-06

作者简介: 高大钊 (1935 -), 男 (汉族), 浙江平湖人, 教授。

准定名的粉土是否相同这样的问题，存在着不同的看法。单纯从两种分类的指标体系来分析比较，一般很难验证这个命题。工业发达国家的技术术语中，粉土的主要特征几乎可以用目力鉴别的结果来概括：低干强度、快速的摇震反应和没有韧性。只要符合这些特征的土，应当定名为粉土，这是验证粉土的分类系统是否恰当的最好标准。

3 目力鉴别的理论依据

光泽反应、摇震反应、干强度、韧性四个目力鉴别项目的依据是粉土和粘土在土质学意义上有本质的区别，包括矿物学和土胶体化学方面的差异。

粘土由于含有大量的活动性粘土矿物，颗粒非常细，比表面积大，与土中水的物理化学作用强烈，在干燥失水时颗粒之间的吸附力强而形成很高的干强度；在潮湿状态下，切口有油脂光泽，颗粒越细，光泽越明显。油脂光泽和干强度是粘土区别于粉土的主要特征指标。

粉土的矿物成分主要是云母，颗粒呈片状，含粘粒很少，粒径大多在 0.05 ~ 0.005mm 之间，土颗粒与水的吸附能力比较弱，虽在饱水的静止状态具有一定的持水作用和形成结构性，但在动力作用下，水即从孔隙中逸出，颗粒出现悬浮状态。在被挤压时，由于剪胀作用而吸水，水又从表面消失。在比较潮湿时可以搓成土条，但由于缺乏粘聚力而没有保持已有形状的能力，也不能重复成形。

G. A. Leonards 在 “ Engineering Properties of Soils ”^[3] 中对粘土和粉土的目力鉴别的特征作了精辟的分析：“粉土：在潮湿状态的无机粉土可以搓成细的土条，但将 2~3 英寸长的土条提起来的时候在自重作用下就会断裂。在塑限含水量的时候，土条是软的和非常容易碎裂的。掺水使粉土成为膏状，并将薄饼状的土膏放在手掌中摇晃，土膏的表面变湿而且有光泽，用手挤压土膏时，表面立即变干且失去光泽。对粘土如用同样方法处理，则不会有任何的变化。在某一含水量范围内出现的这种现象是一种衡量孔隙水流动性和剪胀性的尺度。对干的粉土团块，很容易用手指碾成粉末，手指之间有粗糙的感觉。”“粘土：粘土呈现塑性，如油膏状。在很大的含水量范围内可以搓成很细的土条而不断裂，搓成很长的土条，将一头提起来的时候不会因自重作用而断裂。当处于塑限含水量的时候，粉质粘土是比较软的，中等塑性的粘土比较硬些，塑性越

高，感觉越硬。因此，塑限含水量不仅用于区分粘土和粉土，而且也是用于评价各种类型粘土内部特征的简易方法。粘土的风干团块是比较硬的，塑性越高，土越硬，这样的团块甚至用手难以压碎。”

4 目力鉴别的方法

美国试验与材料协会（ASTM）有一个专门的标准（D2488 土的描述、目测—手感法）^[4]，详细地规定了目力鉴别的方法，可供借鉴。

关于适用范围，这个标准规定：不仅用于现场的鉴定，且也用于办公室内或试验室内，或需要对土样进行检查和描述的任何地点。这个标准对于相同类型的试样分类特别有价值，可使需要用来进行土的正确分类的室内试验数量减少到最低限度。

（1）干强度试验：塑制一个立方体或球形的土样，在太阳下或空气中风干，也可以在不超过 110℃ 的烘箱内烘干，用手指捏压的方法试验土的干强度。如果土中有干的团块，有经验的人员也可以用以确定干强度而不必专门塑制土样。ASTM 规定的干强度的评价标准见表 1。

干强度试验 表 1	
干强度等级	手感特征
无干强度或干强度很低	仅用手压就碎
低干强度	用手指能压成粉末
中等干强度	要用相当大的压力才能将土样压得粉碎
高干强度	用手指虽然能压碎，但不成粉末状
极高干强度	不能在大拇指和坚硬表面之间压碎

（2）剪胀性—摇震反应：制备很软但不粘手的土膏，做成饼状，放在手掌中，手掌作水平摇动，并用这只手的手背有力地敲击另一只手，记下土膏的反应，然后用手指侧向挤压土样并记下其反应。ASTM 规定的摇震反应的快慢评价标准见表 2。

摇震反应试验 表 2	
摇震反应等级	观察到的反应
反应迅速	摇动时水很快在表面渗出（表面发亮），挤压时很快消失（表面变暗）
反应缓慢	如果需要用力敲打才能使水从表面渗出，且挤压时外表改变甚少
无反应	看不出试样有什么变化

（3）塑性搓条试验—韧性：将做完剪胀性试验的土样搓成直径 3mm 的土条，然后将土条折迭成团

再滚搓，至 3mm 时如不断裂则继续折迭成团后再滚搓，直到土团碎裂，记下滚搓时的压力大小和土条软硬的手感。ASTM 规定的韧性评价标准见表 3。

塑性搓条—韧性试验		表 3
韧性等级	土条滚搓的成型特点	
弱和软	在接近塑限含水量时，只能用很轻的压力搓滚，土条极易碎裂，碎裂以后土条不能再重塑成土团	
中等	在接近塑限含水量时，需要用中等压力搓滚，几英寸长的土条能支持其自身的重量，并在碎裂以后可以捏拢重塑成土团，但轻搓又碎裂	
很硬	在接近塑限含水量时，需要用相当大的压力搓滚，几英寸长的土条能支持其自身的重量，在碎裂之后土条可以重塑成土团	

综合上述结果，ASTM 标准用目力鉴别的结果划分土类的鉴别标准见表 4。

在国内的资料中，1979 年出版的《土质学及土力学》^[5]对土的目力鉴别方法作了比较详细的说明，并给出如表 5 所示的目力鉴别划分土类的标准。

光泽反应：用小刀切开稍湿的土，并用小刀抹过土面，观察土面有无光泽以及粗糙的程度；

土的目力鉴别					表 5
土类	光泽反应	摇动试验	韧性试验	干强度试验	
粉土	土面粗糙	摇动时出水与消失都很迅速	土条不能在搓成土团后重新搓条	易于用手指捏碎和碾成粉末	
粉质粘土	土面光滑但无光泽	反应很慢或基本上没有反应	可以再搓成土团，但手捏即碎裂	用力才能捏碎，容易折断	
粘土	土面有油脂光泽	没有反应	能再揉成土团后再次搓条，用手指压不碎	捏不碎，抗折强度大，断后有棱角，断口光滑	

5 如何执行《岩土工程勘察规范》关于目力鉴别规定的建议

规范对粘性土和粉土的描述都规定了上述目力鉴别的内容。但如何执行这些规定，怎样进行目力鉴别，都需要进一步加以分析讨论，以便能正确地贯彻国家标准制订这些规定的意图。

由于岩土工程具有很强的地区性和经验性，国外通用的技术标准中，除了设备的规格（如取土器、室内试验和原位测试设备）和试验、量测的方法必须统一外，对于与岩土特征密切相关的描述、评价和分析，都十分尊重当地的经验，规范的规定都是建议性和指导性的，不应当也不可能让千变万化的自然界来服从人类制订的技术标准。

如果对规范的意图理解不全面，就可能不管什么情况都要求进行上述 4 项目力鉴别，对有些地区来说，可能增加了不必要的工作量，而对工程没有

ASTM 按目力鉴别结果划分土类					表 4
土名	干强度	摇震反应	韧性	可塑性描述	
砂质粉土	无—很低	快	弱—软	无—稍有	
粉土	很低—低	快	弱—软	无—稍有	
粘质粉土	低—中	快—慢	中硬	稍有—中等	
砂质粘土	低—高	慢—无	中硬	稍有—中等	
粉质粘土	中—高	慢—无	中硬	稍有—中等	
粘土	高—很高	无	很硬	高	
有机粉土	低—中	慢	弱—软	稍有	
有机粘土	中—很高	无	中硬	中—高	

摇动试验（Shaking test）：用含水量接近饱和的土搓成小球，放在手掌上左右摇幌，并以另一手震击该手，如土球表面有水渗出并呈现光泽，但用手指捏土球时水分与光泽很快消失，称摇震反应。反应迅速的表示粉粒含量较多，反之粘粒含量较多。

韧性试验（Toughness test）：将土调成含水量略高于塑限、柔软而不粘手的土膏，在手掌中搓成约 3mm 的土条，再搓成土团二次搓条，根据再次搓条的可能性，分为低韧性、中等韧性和高韧性三种。

干强度试验（Dry strength test）：将风干的小土球，用手指捏碎的难易程度来划分。

什么帮助。例如在不可能存在粉土的山区，对残、坡积的粘土也要描述摇震反应，那是没有必要的。

对于可能存在粉土和粘土，需要进行鉴别和分类的地区，目力鉴别是十分必要的，在地方标准中应当提出相应的要求。

虽然在 ASTM 标准中给出了可以区分亚类的划分标准，但考虑到在全国勘察规范中初次列入这些规定，各地尚缺乏经验，因此在规范的条文说明中，只给出粉土和粘性土两个大类土划分的标准。至于各种亚类，如砂质粉土、粘质粉土或粉质粘土等用目力鉴别的划分标准，有待在工程实践中积累经验，在全国规范中目前尚不宜划分过细。各地在执行这一规定时，可以不局限于大类土的划分，建议有经验的地区可以对各种亚类土的划分提出意见，在实践中逐步完善。

至于目力鉴别的方法，本文所介绍的国内外的
(下转第 15 页)

A、B 试桩桩侧极限阻力量测结果 表 4

土层编号	桩侧极限阻力 (kPa)	
	A	B
	26	55
	13	46
	20	55
	13	40
	29	40

采用单腰带钻头施工, 钻进过程中钻杆有一定程度的摇摆, 测孔曲线起伏很大, 孔壁凹凸不平, 除钻进方法外, 两根试桩的尺寸、地层条件相同, 泥浆比重、一、二次清孔时间及沉渣厚度均控制在规范内。从试验结果可见, 试桩 B 的极限承载力竟是试桩 A 的 3 倍, 并且每一个量测断面的极限侧阻力都比试桩 A 高。可见, 孔壁粗糙度的不同是导致上述两根试桩桩侧阻力和承载力差异的直接原因。

5 孔壁粗糙度对桩的抗拔极限侧阻力影响的研究

孔壁粗糙度不仅对承受竖向压力桩的侧阻力存在影响, 同样对承受上拔荷载桩的侧阻力也存在影响, 下面通过一组试验来说明。在场地上施工了直径不同的钻孔各三个, 在这些钻孔内立模, 放置钢筋, 浇筑混凝土, 然后进行抗拔桩试验。根据试验要求, 将模板表面设计为光滑和波纹状两种情况。拆模后回填砂土, 按照回填的方法分为三种: A 为直接回填; B 为回填一定厚度后用振捣器振捣; C 为边回填边振捣。从三种回填方式看来, A 种方式回填的密实度最低; B 种方式回填的密实度较高; C 种方式回填的密实度最高。试验结果见表 5。

从表 5 中可以看出:

(1) 不管桩周砂土的回填方式如何, 桩 - 土界面粗糙时的桩侧抗拔极限阻力都大于桩 - 土界面光滑时的相应值;

(上接第 3 页)

建议基本一致, 已经比较具体, 可以进行操作。可以预料, 在执行过程中, 由于各地土的成分、级配等都可能存在一定的差异, 这些目力鉴别试验的结果也会有所差别, 各种反应的程度也会不同。这些都需要在实践中发现问题, 进行讨论和加以解决。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家标准. 岩土工程勘察规范. (GB50021 -

不同桩 ——土界面抗拔桩试验结果 表 5

桩土界面情况	桩径 (cm)	桩长 (m)	桩侧抗拔极限阻力 (kPa)		
			A	B	C
光滑	46.0	3.05	6.63	7.34	10.88
粗糙	48.8	3.05	7.27	8.58	22.38

(2) 在相同的桩 - 土界面下, 桩周回填砂土的密实度越高, 相应的桩侧抗拔极限阻力就越大。

6 结 论

(1) 利用粗糙度因子来描述孔壁的粗糙程度并建立起孔壁粗糙度与桩侧阻力之间的定量关系是深入研究孔壁粗糙度对桩侧阻力影响的重要手段。

(2) 孔壁粗糙度对承受竖向压力的灌注桩及承受上拔荷载的灌注桩的桩侧阻力都存在着影响。

(3) 一般说来, 孔壁的粗糙度越大, 相应的桩侧阻力就越大。

(4) 在条件许可的情况下, 通过一定的技术方法, 人为地增加孔壁的粗糙度是提高钻孔灌注桩承载力的有效途径。

参 考 文 献

- [1] Pells P. J. N., Rowe R. K., and Turner R. M. (1980). An experimental investigation into side shear for socketed piles in sandstone. Proceedings, International Conference on Structural Foundation on Rock, Vol. 1, 291 ~ 302.
- [2] Rowe R. K., Pells P. J. N. (1980). A theoretical study of pile-rock socket behaviour. Proceedings, International Conference on Structural Foundation on Rock, 253 ~ 264.
- [3] Horvath R. G., Kenny T. C., Kozichi P. (1983). Method of improving the performance of drilled piers in weak rock. Canada geotechnical Journal. vol. 20 (4), PP758 ~ 772.
- [4] 刘利民, 何水莲. 孔壁粗糙度对嵌岩桩承载力的影响. 建筑结构. 2000 No. 11.
- [5] 楼晓明, 陈强华, 洪流康. 施工因素对钻孔灌注桩荷载传递特性的影响. 工程勘察. 1996 No. 3.

2001). 北京: 中国建筑工业出版社.

- [2] 中华人民共和国国家标准. 土的分类标准. (GB145 - 90). 北京: 中国计划出版社.
- [3] G. A. Leonards. Foundation Engineering. McGRAW. HILL. BOOK COMPANY, INC. 1962.
- [4] ASTM Standard of The Geotechnical Engineering Test 1982.
- [5] 同济大学土力学与基础工程教研室等编. 土质学及土力学. 北京: 人民交通出版社. 1979.