

土的分类建议

蒋彭年

(南京水利科学研究院)

提 要

本文在总结过去土的分类基础上,提出了粗细粒混合土和土石混合料以三角形组成分类法分类,细粒土以塑性图分类。也论及土的鉴别和描述。

一、前 言

在自然界中,土是多种多样的,但是要找出土在固有性质上的规律,其最简单的方法就是分类。在工程上土的分类是工程用土的科学现状的反映,在实践中必须能够在土的工程问题上直接应用,或者应用不要太麻烦。土的分类就在于根据工程实践经验,依据土的固有性质,或由土的性态反应的土的性质、或由简单试验,使工程性质相近的土划分为几类,给以定名,以便应用于工程上所遇到的或所用的土。

1952年土工试验手册^[1-3]规定用砂、粉粒和粘粒三个含量的三角坐标分类法,做出细粒土分类。1956年土工试验操作规程^[4-6]同样用砂、粉粒和粘粒三个含量的三角坐标分类法做出细粒土分类,同时按塑性指数做出细粒土分类,还用砾、砂和细粒土三个含量,做出砾质土分类。1979年水利电力部土工试验规程 SDS 01-79^[7-8]参照卡萨格兰德(A.Casagrande)土的机场分类法^[9]及有关英、美、德、日土的统一分类规程,制订了该规程的土的工程分类。其中以砾、砂和细粒土三种成分含量的不同,做粗粒土分类;而以76g, 30°, 入土深度10mm圆锥仪液限代替碟式仪液限的校订塑性图做细粒土分类。此种细粒土分类是从单一的塑性指数分类法,向着以塑性指数和液限两个指标的塑性图分类法迈进了一步。因为后者综合反应了细粒土的物理化学性质、矿物成份以及渗透、压缩固结和强度等工程特性。1986年公路工程土工试验规程 JTJ 051-85^[10]和1984年地质矿产部土工试验规程 DT-82^[11]同样采用土的统一分类。其中粗粒土按其三种组成含量的不同,而细粒土按塑性指数和液限的塑性图上的位置进行分类。后一规程还采用粘性土按砂、粉粒和粘粒三种成分的三角坐标分类法。

1948年卡萨格兰德提出了用于军事工程上土的机场分类系统^[9]。约自1942年起,此分类系统已在使用,但是1952年在卡萨格兰德担任顾问下,美国垦务局和工程兵团共同修订了机场分类法,取得了一致意见,1957年提出了土的统一分类系统(USCS)^[12],使之可用于土方工程和地基工程。此后,1983年美国ASTM土的工程分类(ASTM D2483-83)^[13],1966年德国土的分类(DIN 18196-66)^[14],1981年英国土的工程分类系统(BSCS; BS 5930:1981规程)^[15,16],1973年日本土的工程分类系统(日本土工学会标准)^[17]等都属于卡萨格兰德土的统一分类系

统。此分类系统的特点是土主要分为粗粒土和细粒土两大类,外加有机质土和泥炭。粗粒土由其组成砾、砂和细粒土三种不同含量的混合土来分类,而细粒土根据塑性指数和液限构成的塑性图进行分类。1981年BSCS^[15]中粗粒土及含有大于60mm漂石和卵石的土都用三角坐标分别分类为细粒含量或粗粒含量不同的细粒质粗粒土或粗粒质细粒土,以及含土量不同的漂石或卵石和漂石或卵石含量不同的土。1973年日本土的工程分类系统^[17]中粗粒土按含砾量大于或小于含砂量,分成粗粒含量或细粒含量不同的土质砾和土质砂。

本文提出了粒径分组,三角形组成分类原理,粗细粒混合土和石土混合料由其三种成分不同的三角坐标法分类命名,而细粒土由塑性图分类命名,再加上有机质土和高有机质土,最后叙述土的鉴别和描述。

二、粒径分组、粒组符号和土类符号

用标准化粒径界限使粒径分成若干粒组,常称为粒径分组,它不是土的分类。粒径分组的目的在于形成土的组成分类的基础。土的组成分类适用于粗细粒混合土和石土混合料的分类。

漂石、卵石、砾、砂、粉粒和粘粒之间的粒径划分没有获得完全一致,见表1。可以接受的而对土工应用是良好的,建议采用表2上粒径划分界限,而两个粒径界限之间的粒组计有漂石、卵石、砾、砂、粉粒和粘粒;细粒土和粗粒土以及石和土。

表1 粒径划分界限

标 准	石/粗粒土 (mm)	粗粒土/细粒土 (μm)	石	粗粒土	细粒土
			漂石/卵石 (mm)	砾/砂 (mm)	粉粒/粘粒 (μm)
水利电力部标准, SD 128-84, 1987 ^[7]	60	100	200	2	5
交通部标准, JTJ 051-85, 1986 ^[10]	60	74	200	2	2
铁道部标准, TBJ 102-87, 1988 ^[18]	60	74	200	2	2
地质矿产部标准, DT-82, 1984 ^[11]	20	100	200	2	5
美国垦务局、工程兵团标准, 1957 ^[12]	76.1	74	300	4.7	—
ASTM D2483, 1983 ^[13]	75	74	—	2	5
德国 DIN 18196-66 ^[14]	63	60	200	2	2
英国 BS 5930, 1981 ^[15,16]	60	60	200	2	2
日本土质工学会标准 JIS, 1973 ^[17]	75	74	300	2	5
普里克朗斯基 (Приклонский) ^[19]	20	100	200	2	5
柯洛明斯基 (Коломенский) ^[20]	20	100	200	2	5
马斯洛夫 (Маслов) ^[6]	20	100	60	2	5
罗姆他捷 (Ломтадзе) ^[21]	20	50	200	2	2
建筑地基基础设计规范 GBJ 7-89 ^[22]	20	75	200	2	—

注:“石/粗粒土”表示石与粗粒土的粒径划分界限值,其余类同。

此后土的分类采用以上建议的粒径划分界限。

土的分类是针对小于60mm的土粒,大于60mm的石或漂石和卵石,应检出,并记录其总料中漂石和卵石的含量百分数。土或粗细粒混合土区别为细粒质粗粒土和粗粒质细粒土(包

括细粒土)两大类。细粒质粗粒土是粗粒(60mm — $74\mu\text{m}$)含量大于50%或粗粒含量大于细粒含量的土,而粗粒质细粒土(包括细粒土)是细粒($<74\mu\text{m}$)含量大于50%或细粒含量大于粗粒含量的土。细粒质粗粒土分为土质砾或砾质土和土质砂或砂质土。土质砾中含砾量大于粗粒含量的50%或含砾量大于含砂量,而土质砂中含砂量大于粗粒含量的50%或含砂量大于含砾量。天然土包括以上不含有机质的无机土和含有有机质的土,再有高有机质土或大部分是有机质的土或泥炭。土的分类准则首先是细粒质粗粒土按其组成含量的不同划分,而细粒土和粗粒质细粒土按塑性划分。再细分,详见以后各节。

表2 建议的粒径划分界限

200mm		60mm		2mm		74 μm		5 μm	
漂石	卵石	砾		砂		粉粒		粘粒	
石		粗粒土				细粒土			
		土							

本文采用的土的成分或粒组、级配及塑性的基本符号见表3。

表3 土的成分、级配及塑性的基本符号

土的成分		土的级配		土的液限	
石	R	砂	S	级配良好	W
漂石(块石)	B	细粒	F	级配不良	P
卵石(碎石)	Cb	粘粒	C	高液限	H
土	E	粉粒	M	低液限	L
粗粒	G_s	有机质土	O		
砾	G	泥炭	P_t		

土类符号由基本符号组成。并按以下规定命名:

1. 土由两个符号组成时,第一个符号代表土的主要成分,第二个符号代表其副成分或土的级配或液限,如 GC 是粘砾, SW 是级配良好砂, CL 是低液限粘土。

2. 土由三个符号组成时,第一个符号代表土的主要成分,第二个符号代表其副成分或液限,第三个符号代表含量不多的成分,如 GCB 是漂石质粘砾, CHG 是砾质高液限粘土。

三、三角形组成分类原理

粗细粒混合土三角形组成分类原理如下,石土混合料三角形组成分类原理与粗细粒混合土相同。粗细粒混合土一般按组成砾、砂和细粒土的三角坐标法进行分类。砾 G 、砂 S 和细粒土 F 三种成分以逆时针方向排列,三种组成含量从0至100%也以逆时针方向排列,如图1,2所示。三角形组成分类的原理如下:

1. 如图1所示,三角坐标内任何一点 P 的坐标为 (G, S, F) ,而 P 点至三个坐标的距离之和等于100%,即 $G_s + F = G + S + F = 100\%$ 。

2. 三角坐标的三个顶角 A, B, C 的坐标和三角坐标的各边中点 A', B', C' 的坐标分别为:

$$A(0, 0, 100\%) \quad \text{又} \quad G=S=0\% \text{ 和 } F=100\%$$

$B(100, 0, 0\%)$	$S=F=0\%$ 和 $G=100\%$
$C(0, 100, 0\%)$	$G=F=0\%$ 和 $S=100\%$
$A'(50, 50, 0\%)$	又 $G=S=50\%$ 和 $F=0\%$
$B'(0, 50, 50\%)$	$S=F=50\%$ 和 $G=0\%$
$C'(50, 0, 50\%)$	$G=F=50\%$ 和 $S=0\%$

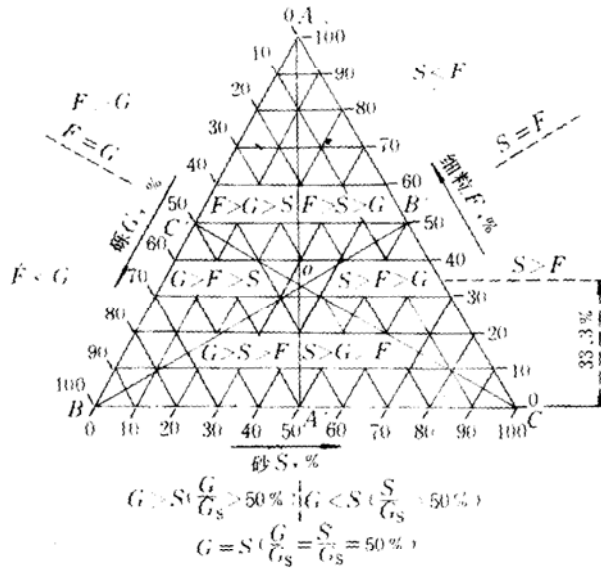


图1 三角形组成分类原理

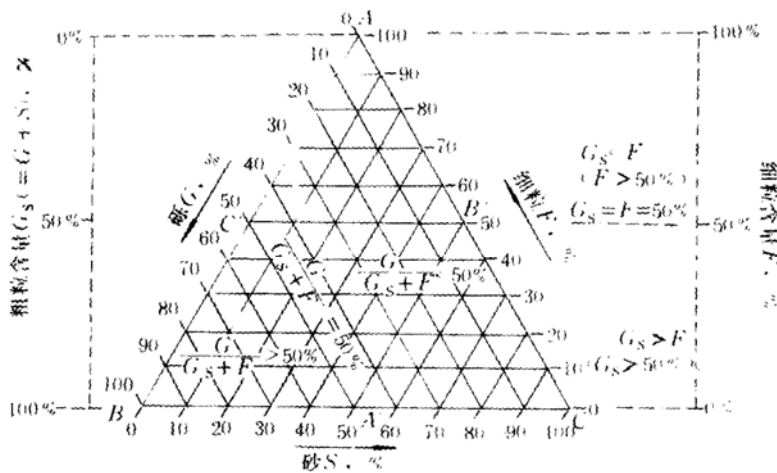


图2 三角形组成分类原理

- 三角坐标的中心坐标 o 为 $G=S=F=33.3\%$ 。
- 三角坐标的各边中点的垂线 AA' , BB' , CC' :

$$AA' \text{ 上, } G=S \text{ 和 } \frac{G}{G_s} = \frac{S}{G_s} = 50\%;$$

$$AA' \text{ 以左, } G > S \text{ 和 } \frac{G}{G_s} > 50\%;$$

AA'以右, $G < S$ 和 $\frac{S}{G_s} > 50\%$ 。

BB'上, $S = F$; BB'以上, $S < F$; BB'以下, $S > F$ 。

CC'上, $F = G$; CC'以上, $F > G$; CC'以下, $F < G$ 。

5. 由4得:

$\triangle AOC'$: $F > G > S$; $\triangle C'OB$: $G > F > S$; $\triangle OAB$: $G > S > F$;

$\triangle AOB$: $F > S > G$; $\triangle B'OC$: $S > F > G$; $\triangle OAC$: $S > G > F$ 。

6. 三角坐标的两侧边中点的连线为 $B'C'$, 如图2所示。在中点连线 $B'C'$ 上, $G_s = F = 50\%$, 即粗粒含量等于细粒含量 = 50%; $B'C'$ 以上, $G_s < F$ 或 $F > 50\%$; $B'C'$ 以下, $G_s > F$ 或 $G_s > 50\%$ 。

7. 中点连线 $A'C'$ 上 $\frac{G}{G_s + F} = 50\%$; $A'C'$ 以左, $\frac{G}{G_s + F} > 50\%$; $A'C'$ 以右, $\frac{G}{G_s + F} < 50\%$ 。

四、石土混合料分类

含石(大于60mm)量大于含土量的石土混合料为土质石 RE , 或土质漂石或土质卵石; 含石量小于含土量的石土混合料为石质土 ER , 或漂石质土或卵石质土。土质石按含石量100, 95, 80, 50%或相当的含土量0, 5, 20, 50%进行分类; 石质土按含土量50, 80, 95, 100%或相当的含石量50, 20, 5, 0%进行分类, 见图3。

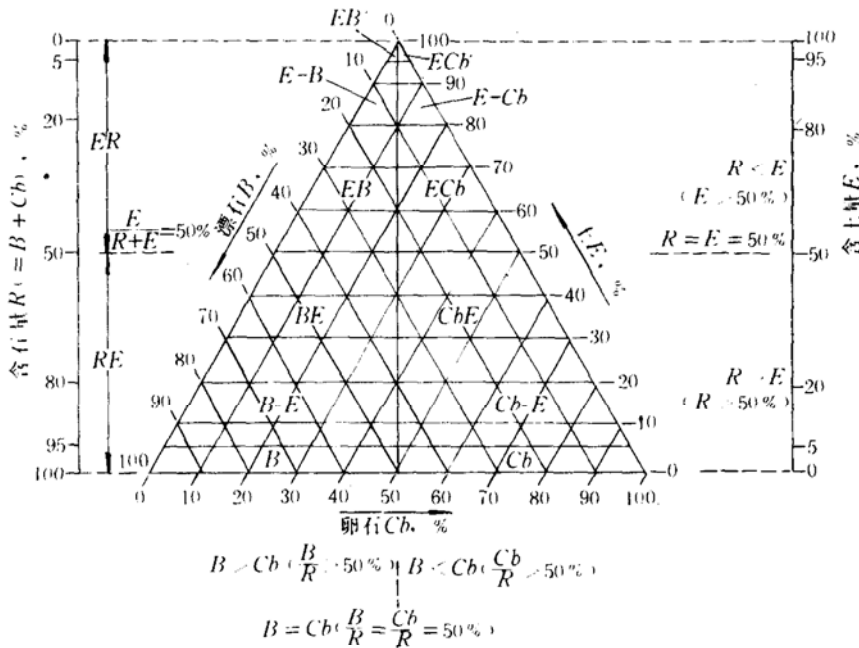


图3 石土混合料分类^[15,16]

(一) 土质石

含石量大于95%或含土量小于5%的土质石在漂石含量多于卵石含量或石料中漂石大于50%时, 定为漂石(块石) B , 而卵石含量多于漂石含量或石料中卵石大于50%, 定为卵石(碎

石) Cb 。

含石量80%—95%或含土量5%—20%的土质石在漂石含量多于卵石含量或石料中漂石大于50%时, 定为少土质漂石 $B-E$, 而卵石含量多于漂石含量或石料中卵石大于50%时, 定为少土质卵石 $Cb-E$ 。

含石量50%—80%或含土量20%—50%的土质石在漂石含量多于卵石含量或石料中漂石大于50%时, 定为多土质漂石 BE , 而卵石含量多于漂石含量或石料中卵石大于50%时, 定为多土质卵石 CbE 。

(二) 石质土

含土量50%—80%或含石量20%—50%的石质土在漂石含量多于卵石或石料中漂石大于50%时, 定为多漂石质土 EB , 而在卵石含量多于漂石含量或石料中卵石大于50%时, 定为多卵石质土 ECb 。

含土量80%—95%或含石量5%—20%的石质土, 分别定为少漂石质土 $E-B$ 或少卵石质土 $E-Cb$ 。

含土量95%—100%或含石量0—5%的石质土, 分别定为偶含漂石质土 EB' 或偶含卵石质土 ECb' 。

土按粗细粒混合土和细粒土的分类进行分类命名, 并用相应的土类符号记录, 取代土的符号 E 。

五、粗细粒混合土分类

粗粒含量大于50%或粗粒含量大于细粒含量的粗细粒混合土, 定为细粒质粗粒土 G_sF (简称粗粒土)。细粒质粗粒土的含砾量大于含砂量或粗粒含量中含砾量大于50%时, 定为土质砾或砾质土, 而含砂量大于含砾量或粗粒含量中含砂量大于50%时, 定为土质砂或砂质土。细粒质粗粒土按粗粒含量100, 95, 85, 50%或细粒含量0, 5, 15, 50%进行分类。粗粒质细粒土 FG_s 和细粒土 F 是细粒含量大于50%或细粒含量大于粗粒含量的粗细粒混合土, 它们按细粒含量50, 75, 100%或粗粒含量50, 25, 0%进行分类, 见图4。

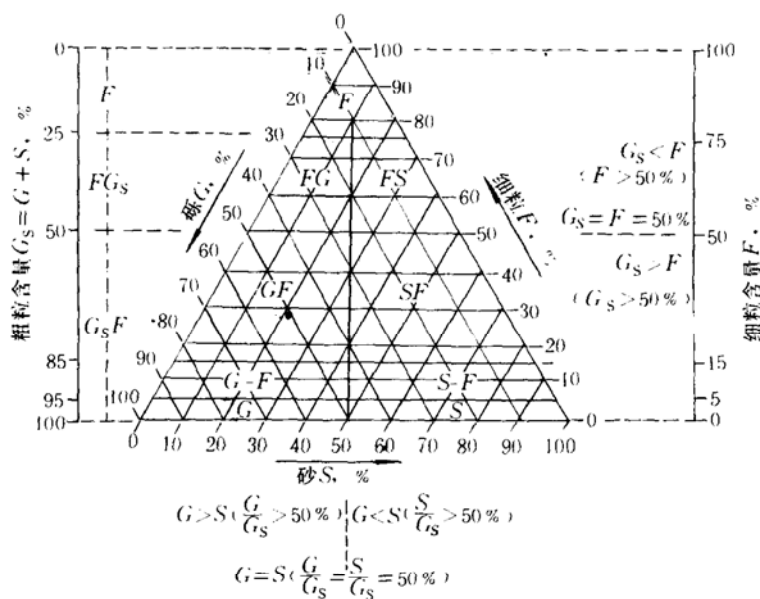
(三) 细粒质粗粒土

粗粒含量大于95%或细粒含量小于5%的土质砾, 定为砾 G ; 而在土质砂中, 定为砂 S 。

砾按其级配命名: ①不均匀系数 $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \geq 5$, 曲率半径 $C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{60}d_{10}} = 1-3$ 时, 定为级配良好砾 GW ; ②不同时满足以上条件时, 定为级配不良砾 GP 。按砂的级配, 砂按砾的同样规定, 命名为级配良好砂 SW 和级配不良砂 SP 。

粗粒含量95%—85%或细粒含量5%—15%的土质砾, 定为少细粒质砾 $G-F$; 而在土质砂中, 定为少细粒质砂 $S-F$ 。

粗粒含量50%—85%或细粒含量15%—50%的土质砾, 定为多细粒质砾 GF ; 而在土质砂中, 定为多细粒质砂 SF 。多细粒质砾 GF 按以下规定命名: ①细粒为粘土时, 定为粘砾 GC ; ②细粒为粉土时, 定为粉砾 GM 。多细粒质砂 SF 按多细粒质砾的同样规定, 命名为粘砂 SC 和粉砂 SM 。

图4 粗细粒混合土分类^[7,17]

(四) 粗粒质细粒土

细粒含量50%—75%或粗粒含量25%—50%的砾质土, 定为砾质细粒土 FG ; 而在砂质土中定为砂质细粒土 FS 。砾质细粒土和砂质细粒土总称为粗粒质细粒土 FG_s 。砾质细粒土又细分为砾质粘土 CG 和砾质粉土 MG 。同样, 砂质细粒土又细分为砂质粘土 CS 和砂质粉土 MS 。

细粒含量75%—100%或粗粒含量0%—25%的土作为细粒土 F , 细粒土的分类见下节。

六、细粒土分类

舍除大于60mm石的土中细粒含量多于粗粒含量或细粒含量大于50%的粗细粒混合土, 定为细粒土。细粒土细分为纯细粒土、粗粒质细粒土、石质细粒土、有机质土等。细粒土按其在塑性图中的位置, 分类命名, 塑性图如图5所示。塑性图中液限值为卡萨格兰德或ASTM硬底碟式仪液限或76g, 30°, 17mm圆锥仪液限, 液限时强度为1.7kPa^[23]。

低液限粘土 CL 和低液限粉土的 I_p 水平界限值, 各标准采用值不一致, 见表4。本文采用水平界限值 $I_p = 7 - 4$ ^[12], 故粘性土和粉土的界限值为7 (注意: 采用76g, 30°, 17mm圆锥仪或碟式仪测定)。

细粒土按其其在塑性图上位置分类命名*:

1. 细粒土在A线以上: 在B线以右, 定为高液限粘土 CH ; 在B线以左和 $I_p = 7$ 以上, 定为低液限粘土 CL ; 在B线以左和 $I_p = 7 - 4$ 之间, 定为低液限粉土 ML' 。

2. 细粒土在A线以下: 在B线以右, 定为高液限粉土 MH ; 在B线以左和 $I_p = 4$ 以下, 定为低液限粉土 ML 。

* 已知76g, 30°, 10mm圆锥仪^[26]测得的10mm含水量 w_{10} , 按 $w_L = 1.4(w_{10} - 5)$ 统计关系计算液限 w_L 值, 并计算相应的塑性指数 I_p , 从而可按塑性图分类命名。

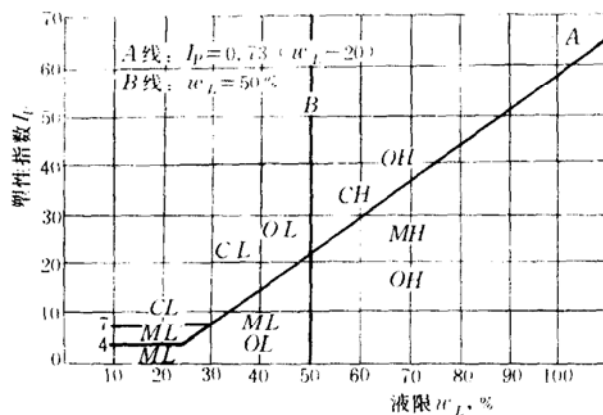
图5 细粒土分类用的塑性图^[12,15]

表4

低液限粘土CL和低液限粉土ML的 I_p 水平界限值

标 准	I_p 界限值	备 注
美国垦务局、工程兵团标准(USCS), 1957 ^[12]	7—4	碟式仪
ASTM D 2487-83, 1983 ^[13]	7—4	碟式仪
德国 DIN 18196-66 ^[14]	—	碟式仪
英国(BSCS)BS 5930, 1981 ^[15,16]	6	80g, 30°, 20mm圆锥仪
日本土质工学会标准 JIS, 1973 ^[17]	6	硬底碟式仪
水利电力部标准, SDS 01-79 ^[7]	4	76g, 30°, 10mm圆锥仪
交通部标准, JTJ 051-85, 1986 ^[10]	6	100g, 30°, 20mm圆锥仪
地质矿产部标准, DT-82, 1984 ^[11]	5	76g, 30°, 10mm圆锥仪
建筑地基基础设计规范 GBJ 7-89 ^[22,24,25]	10	76g, 30°, 10mm圆锥仪

七、有机质土和高有机质土

有机质土根据其颜色、臭味和手摸感觉判别。判别后按其在塑性图上位置分类命名。先按细粒土分类命名, 在B线以右, 为有机质高液限粉土或粘土OH; 在B线以左, 为有机质低液限粉土或粘土OL。如果按以上方法不能判别出有机质土, 则将试件放在110℃烘箱内烘烤。如果烘烤后试件的液限与烘烤前试件液限的比值小于 $\frac{3}{4}$, 则此试件是有机质土^[13]。

高有机质土, 主要是黑色, 有臭味的有机质, 如泥炭、腐殖土等。

八、土的鉴别

在现场上, 除去大于60mm颗粒, 用目测法, 按土的粒组, 估计含量百分数, 确定粗粒土中最大粒径、数量、分布和形状以及细粒土的数量, 或用试验室颗粒大小分析, 校核目测

法的估计值。又在现场上,用细粒土鉴别法,包括摇动、干强度和搓条试验等,确定细粒土的塑性,或用试验室稠度试验,校核现场鉴别法估计的塑性。

(一) 现场上的目测分类

取代表性试件,扰动的或原状的,除去大于60mm的漂石和卵石,估计漂石和卵石在总试件中的含量百分数及其产状。

为了观测各种成分,将试件分摊在平面上或手掌中,按最小可见颗粒(约 $74\mu\text{m}$)以上或以下谁占大多数,或根据沉淀试验的结果,分为粗粒土和细粒土。粗粒土,按砾和砂之间的划分(2mm),分为砾和砂。细粒土则按以下细粒土一节划分。

砾和砂,细分为“纯”(没有细粒或含有很少细粒)或“细粒质”。对于纯砾或纯砂,决定它们是级配良好(*W*)还是不良(*P*),并给出适宜的土类名称和符号,如*GW*, *GP*, *SW*和*SP*。细粒质砾或砂,按细粒含量和种类,在细粒含量5%—15%时,分类为*G-M*, *G-C*, *S-M*或*S-C*;在细粒含量15%—50%时,分类为*GM*, *GC*, *SM*或*SC*。

按细粒土鉴别方法,粉质(*M*)或粘质(*C*)鉴别如下:

对细粒土或粗粒质细粒土和石土混合料内细粒土,进行摇动、干强度和搓条等试验,从而给出土类名称和符号。取决于有机质含量,细粒土按以上试验方法和判别标准,分类为液限小于50%的低液限粉土*ML*、低液限粘土*CL*、或低液限有机粉土和有机粘土*OL*,以及液限大于50%的高液限粉土*MH*、高液限粘土*CH*、或高液限有机粉土或有机粘土*OH*。高有机土——泥炭*Pt*,由颜色、臭味、海绵感觉和纤维组织来鉴别。

分类遇有搭界,按以下规定分类:粗粒含量和细粒含量相同的土,分类为细粒土;含砾量与含砂量相同的土,分类为土质砂或砂质土;级配良好和级配不良搭界时,分类为级配良好;正好位于塑性图*A*线上的土,分类为粘土;正好位于塑性图*B*线上的土,分类为高液限土。

可用其它试验,鉴别其它物质和成分。如:加酸试验中,加淡盐酸后起泡沫的反应,表示碳酸钙的存在;光泽试验中,用刀切开干土或湿土时,光泽表面表示高塑性粘土,而暗淡表面表示低塑性粉土或粘土。有时将试件加热,使有机质臭味增加。

(二) 现场鉴定试验

用小于0.5mm的土料,在现场上不用筛而用手除去粗粒,用于摇动、干强度和搓条三试验。

1. 摇动试验(孔隙水对摇动作用的反应)

除去大于0.5mm颗粒后制备一小块核桃大(1—3 cm^3)的湿土,加足够的水,使土变成软而不粘手的稠度。将湿土块放在一只手的摊开手掌上,水平向左右摇动,水便渗出表面,呈现光泽。手掌合拢时,水与光泽从表面消失,湿土块变硬,最后开裂和粉碎。摇动时水出现的速度和受压时水消失的速度就是摇动反应。摇动反应计有:一、快——摇动时水分迅速出现与手掌合拢受压时水分迅速消失;二、慢——持试件的手拍击另一只手数次后,仅有微量水分出现,手掌合拢时表面水变化得慢;三、无反应——持试件的手拍击另一只手数次后,水分仍不出现,手掌合拢时表面亦无变化。极细纯砂、细砂质粉土,反应最迅速、最明显。粘质粉土反应慢。粉质粘土和塑性粘土无反应。

2. 干强度试验(干土块对压碎的阻力特性)

除去大于0.5mm颗粒后,一小块土加水调成软而不粘手的稠度,用烘干、晒干或风干法,使此小块土完全干燥,然后在两手指间压成碎裂和粉末。此时此小块干土的阻力就是干强度。

干强度是土中胶粒成分的特性和数量的测度。随着塑性的增加,干强度也增加。

用手稍一触就变成分散的土粒,表示无干强度;用手指可压碎成粉末,表示干强度很低;用手指难以压碎,但很容易折断,表示干强度低;用手指虽不能压碎,但较易折断,表示干强度中等;用手指压不碎,抗断强度大,表示干强度高。

CH土具有高的干强度,CL和MH土的干强度较低,而OL和ML土的干强度很低至无。细砂、粉土和砂粉土混合土几乎没有干强度。

3. 搓条试验(塑限附近稠度)

除去大于0.5mm颗粒后,体积约1cm³试件调成软而不粘手的稠度。用手在光滑面上或在手掌间搓滚试件成直径约3mm的土条。然后,使土条折叠,捏成土块,如此重复进行。此时期水分逐渐减少,试件变硬,最后达到塑限时丧失其塑性而破碎,就已达到塑限附近稠度。塑性范围内对搓捏重塑作用的阻力反映了塑性,搓条试验可提供塑性指数近似的资料。细粒土搓条捏块所反映的塑性为:搓成二条,不能再捏成一块,表示塑性低;搓成二条,可再捏成一块,但用手指一压就破碎,表示塑性中等;搓成二条,捏成土块后,,用手指加压也不碎,表示塑性高。多砂质粘土和粘质粉土的塑性低;少砂质粉土的塑性中等;粉质粘土的塑性高。

大于塑限的湿土块搓成不断裂的土条时的直径,可判断塑性高低。不断裂的直径<1mm,表示塑性高;1—3mm,表示塑性中等;>3mm,表示塑性低。

以上三种试验的土类判别标准如表5所示。

表5 三种试验的土类判别标准

土 类	土类符号	干强度(压碎特性)	摇动试验(水和光泽反应)	搓条试验(塑性)
低液限粉土	ML	无—弱	快—慢	无
低液限粘土	CL	中—高	无—很慢	中
低液限有机质土	OL	弱—中	慢	弱
高液限粉土	MH	弱—中	慢—无	弱—中
高液限粘土	CH	高—很高	无	高
高液限有机质土	OH	中—高	无—很慢	弱—中

4. 沉淀试验

深150mm充满水的玻璃瓶中,放土约50g(砾质土需要较多的数量),剧烈摇动几分钟后,静止安放。砾和砂几乎立即沉淀,中砂至很细砂1—3min内沉淀,粉土在15min内沉淀,粘土需要较长时间才能沉淀。沉淀土的相对厚度表示不同粒组的含量百分数。

5. 握团试验。

本试验目的在于确定划分泥炭的分解度。手握土团时从指缝间流出的是清水,表示泥炭完全没有分解;手握土团时大部分或全部泥炭都能从指缝间流出来,说明泥炭已分解。

(三) 试验室分类

替代或校核现场鉴别法所估计的级配和塑性,在试验室内进行颗粒大小分析和液塑限试验。根据颗粒大小分析试验,确定砾、砂和细粒土的含量百分数。粗粒土根据上述含量百分

数及以前规定进行分类。按以上规定的均匀系数 C_u 和曲率半径 C_c 之值, 分为级配良好 W 或不良 P 。同样, 按以前规定及细粒土在塑性图上的位置, 确定细粒土的分类命名。

九、土的描述

土的描述是土的分类的辅助和补充。一般依据目测和手工检查, 用一般术语, 作土的描述。描述中常考虑的性质为颗粒大小、颗粒形状、级配、紧密度、稠度、密度、结构、塑性以及干强度等。

对粗粒土, 给出标准名称, 说明漂石、卵石、砾和砂的近似含量、最大粒径、级配(均匀、粒径中断)、颗粒形状(圆、次圆、次棱角、棱角)、结构(成层、夹层、均匀、产状)、紧密度(松、紧)、表面状况(涂层)和硬度(可能碎成较小尺寸)、细粒塑性(无、弱、中、高)、颜色和有机质含量、当地名称或地质名称、分类符号(写在括号内)。对不扰动土, 说明结构(成层状况和根孔等)、密实度(松、紧)、胶结作用(弱、中、强)、含水状况(干、潮、湿、饱和)和排水特性(透水性能)等。

【举例】砾质粉砂: 砾坚、有棱角、含量约20%、最大粒径12mm; 砂, 由粗至细, 圆和次棱角; 无塑性细粒土, 含量约15%, 干强度低; 在原地很密实又潮湿; 冲积砂(SM)。

对细粒土, 给出标准名称, 说明塑性(无、稍有、中等、高)、塑限附近粘性(很弱、弱、坚、中等韧、韧、很韧)、粗粒含量和最大粒径, 潮湿状态时的颜色(有机土呈深灰色、深棕色或黑色, 无机土呈灰色、浅灰色、橄榄绿、棕红、黄、白等色)和气味(有机土常有明显气味, 暴露空气后气味减少, 加热后又产生气味)、当地名称或地质名称、分类符号(写在括号内)。对不扰动土, 补充说明结构、成层情况、不扰动状态和重塑状态中的稠度(很软、软、中等、坚、硬)、含水状况(干、潮、湿、饱和)和排水特性(透水性能)等。

【举例】粘质粉土: 棕色, 弱塑性, 含少量的细砂, 许多垂直根孔, 在原地坚硬干燥, 黄土(ML)。

十、结 语

本文在总结前人经验的基础上, 提出了粒径分组, 用三种成分的三角形组成分类法的原理及粗细粒混合土和石土混合料在三角形组成图上的位置进行分类命名, 细粒土用塑性指数和液限两个因素的塑性图上的位置进行分类命名, 也叙述了土的鉴别和描述。

提出的三角形组成分类法, 由三角形组成图上的位置分类命名, 使分类更清楚, 并更完善地做出了粗细粒混合土和石土混合料的分类。

参 考 文 献

- [1] 南京水利实验处, 土工试验手册, 1952, p. 7—10.
- [2] U. S. Bureau of Reclamation, Laboratory Procedure in Testing Earth Materials for Foundation and Construction Purposes, 1936, p. 36.
- [3] Corps of Engineering, U. S. Army, Notes on Principles Application of Soil Mechanics, U. S. Engineer Office, Fort Peck, Montana, 1939, p. 45.

- [4] 水利部土工试验操作规程, 水利出版社, 1956, pp.144—149.
- [5] 盛崇文, 土的分类说明书, 水利部土工试验操作规程, 水利出版社, 1956, pp.364—382.
- [6] 马斯洛夫, 工程地质学, 徐志英译, 地质出版社, 1956, p.244.
- [7] 水利电力部土工试验规程 SDS 01-79, 上册, 水利出版社, 1980, pp.1—10.
- [8] 王正宏、李生林, 介绍《土工试验规程》1978年修改稿中土的分类法, 岩土工程学报, 创刊号, 1979, pp.75—79.
- [9] Casagrande, A. , Classification and Identification of Soils, Trans. ASCE, Vol. 113, 1984, pp. 901—930.
- [10] 交通部公路土工试验规程 JTJ 051-85, 土的基本分类, 土102-85, 人民交通出版社, 1986, pp.13—27.
- [11] 地质矿产部土工试验规程 DT-82, 土质分类, T-01, 地质出版社, 1984, pp. 4—17.
- [12] Wagner, A. A. , The Use of Unified Soil Classification System by the Bureau of Reclamation, Proceedings of the 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, Vol. 1, 1957, pp. 125—134.
- [13] Howard, A. K. , The Revised ASTM Standard on the Unified Classification System, Geotechnical Testing Journal, Vol. 7, No. 4, 1984, pp. 216—222.
- [14] DIN 18196-66, 建设工学用の土の分類と土群の判別方法, 土と基礎, Vol.16, No.11, 1968, pp.38—48.
- [15] BS 5930: 1981, Code of Practice for Site Investigation, British Standard Institution, Soil Mechanics (3rd Ed.) by R. F. Craig, 1983, pp. 10—24.
- [16] Bell, F. G. , Soil Classification, in Chapter 1 of Foundation Engineering in Difficult Ground, Edited by F. G. Bell, Newnes-Butterworths, London, 1978, pp. 1—13.
- [17] 土质工学会调查部, 土質工学会基準, 日本统一土质分类法, 土と基礎, Vol.21, No.4, 1973, pp.63—70.
- [18] 铁道部铁道工程土工试验方法 TBJ 102-87, 土的工程分类及其性质的划分, 中国铁道出版社, 1988, pp.239—242.
- [19] 普里克朗斯基, 土质学, 上册, 重工业部译, 地质出版社, 1956, pp.279—288.
- [20] 柯洛明斯基, 工程地质学, 第1册, 李元寿等译, 地质出版社, 1955, pp.273—283.
- [21] 罗姆他捷, 砂土和粘土的物理力学性试验法, 饶鸿雁译, 人民铁道出版社, 1953, pp.3—5.
- [22] 建筑地基基础设计规范 GBJ 7-89, 中国建筑工业出版社, 1989, pp.7—9.
- [23] 蒋彭年, 稠度试验的研究现状与发展, 岩土工程学报, Vol.11, No.5, 1989, pp.1—16.
- [24] 钟亮, 建筑地基基础设计规范 GBJ 7-89修订简介, 岩土工程师, No.2, 1989, pp.1—11.
- [25] 高大钊、熊兴邦, 土的分类研究方法——对土分类定名的几点建议, 岩土工程学报, Vol.10, No.2, 1988, pp.1—8.
- [26] 土工试验方法标准 GBJ 123-88, 中国计划出版社, 1989, pp.32—33.

On the Classification and Identification of Soils

Jiang Pengnian

(Nanjing Hydraulic Research Institute)

Abstract

In this paper, according to the unified soil classification systems in the past, the classification of coarse soils and rocky soils by the triangular textural soil classification methods and fine soils by the plasticity chart are suggested. And the identification and description of soils are discussed also.