

## 答蒋彭年先生\*

刘杰 张雄

(中国水利水电科学研究院岩土所,北京,100044)

感谢蒋彭年先生仔细阅读了“多级配砾石土反滤设计方法试验研究”一文,并进行了认真讨论。

蒋先生在讨论文中讨论了两个问题。一是多级配土区分粗料和细料的粒径问题,二是判别多级配土内部结构稳定的方法。现就两个问题作以下答复。

### 1 多级配土粗料和细料的区分粒径

目前研究多级配土的渗透稳定性时多将土料分为粗料和细料两个部分,然后以粗料孔隙被细料填满的程度判别土的渗透稳定性(内部结构的稳定性)。一般而言,当细料含量大于25%时,粗料孔隙开始全被细料所充填,当细料含量大于35%时粗料将完全呈悬浮状存在于细料中。纵观多级配土的颗粒组成曲线,可以将其分为两大类,一类是颗粒级配曲线呈连续型,另一类是不连续型。早期将颗粒组成曲线的微分曲线(分布曲线)呈双峰的土一概视为级配不连续型,并以谷点粒径作为粗细料之间的区分粒径。多级配土的共同特点,粒径级的数量在10以上,细粒部分每组粒径级的各自含量多在5%左右。大量试验结果表明,双峰土中如果谷点粒径级本身含量大于3%,则仍具有级配连续型土的渗透稳定特性。因而在讨论文献[9]中我们进一步提出,如果双峰土中谷点粒径级的含量大于3%,同样应属级配连续型土。只有微分曲线呈双峰,同时谷点粒径级的含量小于或等于3%的土才应视为级配不连续型土,并以谷点粒径作为粗料和细料的区分粒径。

至于级配连续型土在以细料含量评价渗透稳定性时应当采用何种方法将其分为粗料和细料,然后确定细料含量的多少,至今认识尚不完全一致。B.C依斯托美娜以1~2mm的粒径作为区分粒径,这一方法对大部分天然土是适用的,但对少部分土并不能真正反映其渗透稳定性。为此,我们建议用几何平均粒径 $d_p = \sqrt{d_{70} \cdot d_{10}}$ 作为区分粒径,并得到满意的结果。

根据上述原则分析原文中曲线2,3,4,结果表明,曲线2,3的微分曲线虽然呈双峰型,但仍应属级配连续型。曲线4中在0.1~1.0mm粒径范围内0.1~0.2,0.2~0.4及0.4~0.8三个粒径级各自的含量均不超过3%,因而是级配不连续的,故可以0.5mm粒径作粗细料的区分粒径。

在反滤层的设计方面,原文作者认为,用保护细料的原则研究反滤层的设计方法更为恰当。在多级配无粘性土的反滤设计中,对级配不连续土原文作者用微分曲线上的谷点粒径将其分为粗料和细料,并用细料的 $d_{0.7p}$ 作为反滤设计时的控制粒径, $p$ 为细料含量。这一点与蒋先生的观点是一致的。对级配连续型土,未以渗透稳定分析中的平均粒径确定控制粒径,而是采用级配曲线中 $C_u = 5$ 的细料的级配曲线为准则,并以其 $d_{70}$ 作为控制粒径。在多级配砾石土的反滤层研究中试图仍用上述方法设计反滤层,正如原文中所述,与试验结果相差甚远,给予的极限反滤粒径过细,因此显得过于保守,对利用天然料直接作为反滤层极为不利。这一结果表明,多级配砾石土的细料带有一定粘性土的性质,一旦填满粗料孔隙,粘性土的结构性状将会有所反映,因而在反滤设计时需要保护的细料范围有了新的变化。通过试验资料的反复分析与比较,最后确定以2mm的粒径作为粗细料的区分粒径。这一结果表明,在多级配砾石土的反滤设计中,粗料和细料的区分方法是与多级配无粘性土有区别的,与渗透稳定分析中所采用的方法也不应完全相一致。

\* 到稿日期:1997-06-09.

## 2 判别内部结构稳定性的方法

土体内部结构稳定或不稳定的概念是指内部有无约束而大量可移动的细颗粒。我们在讨论文的参考文献[9]中曾规定,若土中能被渗流自由带出的细颗粒的总重量大于5%,则认为内部结构是不稳定的,渗透变形形式呈管涌型,并称之为管涌土。蒋先生在讨论文中提出了判别多级配土内部结构是否稳定的两种方法。一种是以粗料的 $D_{15}'$ 和细料的 $d_{85}'$ 的比值 $f = D_{15}'/d_{85}' < 4$ 作为判别内部结构稳定的标准,另一种是比较两种颗粒组成曲线的方法,即以理想颗粒级配曲线 $p = (\frac{d_x}{d_{max}})^n$ 与自然界中实际的颗粒组成曲线相比较,实际的曲线如果位于理想曲线的上部,则认为内部结构是稳定,否则是不稳定的。两种方法均起源于60年代前,后种方法以蒋先生的参考文献[10]E. A. ЛУЪОЧКОВ的方法为典型。我们的大量试验研究结果表明,前一种方法仅适用于级配不连续而且细料含量 $< 25\%$ 的土。当细料含量 $> 25\%$ 时粗料孔隙开始全被细料所填满,特别是大于35%以后,无论土体处任何密实状态下粗料均完全悬浮于细料中,和细料组成一个整体,因而共同形成了稳定的内部结构。此时 $D_{15}'/d_{85}' > 4$ 的关系不存在任何的实际意义。至于级配连续的多级配土,如上所述,如何区分粗料和细料,认识有待深化,更无法使用 $D_{15}'/d_{85}' > 4$ 的判别准则。关于后一种方法,我们认为不宜用于多级配砾石土,纵观多级配砾石土,土中小于 $d_{50}$ 的各粒径级之间每级颗粒的含量多在5%左右。在此就以蒋先生的 $\Delta y/y > 1$ 为准则,按关系式 $\Delta y = y_{4x} - y_x$ 作计算,若要满足内部结构稳定的要求,则必须满足 $\Delta y > 10\%$ 的要求。按常用的半对数颗粒级配曲线作分析, $d_x \sim d_{4x}$ 之间仅有两个粒径级,这就意味着大于 $d_{10}$ 的两个粒径级每组粒径级的含量至少大于5%。再按 $d_x = d_{20}$ 作分析,则要求 $\Delta y > 20\%$ ,表明每组粒径级的含量必须大于10%。显然,用这种方法判别自然界中的多级配土,绝大部分土的内部结构是不稳定的,这与多级配土的大量试验结果是不一致的。

蒋先生用两种方法判别原文中曲线2,3,4的结果均为内部结构不稳定的多级配土,但试验结果表明,曲线2是内部结构稳定的多级配砾石土,曲线3,4是过渡型,当土的密度处于较密实状态时变为内部结构是稳定的,密度偏小时在较大的水力比降下将出现细颗粒从粗料孔隙中管涌的问题。这在原文表1中已有阐述,并详述于原文参考文献[4],在此不再赘述。

最后对蒋先生对原文的讨论再次表示感谢!