

三合土在泥石流沟道护岸工程中的应用

王允仁

(甘肃省武都县城乡建设环境保护局)

一、三合土在武都的来历及今后的发展

三合土是武都县人民长期以来在治理北峪河实践中配制的一种有一定强度,成本低,便于就地取材的半刚性建筑材料。它在空气中碳化,夯实后能把石灰、砂子、粘土等散粒材料凝结成整体,并能在空气中长久的保持和提高其强度。民用建筑中供水基础工程使用;水利多用于季节性泥石流沟道堤防,特别适用于坡陡流急,洪水暴涨暴落、历时短、冲刷强,在泥砂漂石奔泻而下的泥石流河道作堤防、挑坝、圆盘坝等水工建筑。

早在公元1372年(明洪武五年),武都县建砖城,公元1572年(明隆庆六年)才建成了现存的土城,距今612年。公元1573—1619年(明万历1—47年)在城南白龙江筑土堤,拦狂澜;公元1699年(清康熙三十八年),用块石筑石堤;公元1872年(清道光十七年),北峪河始筑土堤;公元1828年(清道光八年夏),北峪河从崖寺儿至万寿台一段除堤顶翻水外未见决堤断坝,显示了土堤之优越性。之后,在筑堤材料中又采用了砂土中加石灰的三合土加高了堤防。近百年来,三合土在北峪河堤防和公路路基、排水工程中得到了广泛的应用。今后应对三合土的物理性能及力学性能加强科学研究,革新夯筑工艺,可推广于其它各项工程上去。

二、三合土的主要材料,配合比例,含水率

(一) 主要材料

1、石灰。又名白灰,出窑后未见水的块灰叫生石灰,每立方米重约800—900公斤。遇水后迅速吸收水分发强热,分解成粉末,变为熟石灰,过筛后用。

2、粘土。土料中各种颗粒的大小和含量的多少对其物理力学性质有较大影响,常用野外鉴别法。极细的均质土块很难用手粉碎,粘粒含量大于30%,粉粒、砂粒小于粘粒含量,2—20毫米的砾石小于10%。用肉眼或放大镜观察均质细末,看不见砂粒,湿土性质很粘,塑性强。

3、砂子。有河砂、山砂两种,用不含风化岩的片麻岩、云母岩的坚硬砂子,武都县以北峪河红砂最佳,允许含10%的红粘土,平均粒径小于0.2毫米的粉沙不许使用。要求在筛孔不大于8毫米的铁网筛中过筛,做到粗中细级配优良。

4、水。一般饮水即可,不能用含硝及硝酸盐含量过大的水和工业废水。

(二) 配合比例,根据工程重要性按体积比可分为三级(见下表)

(三) 含水量。这是三合土拌料的又一指标,含水量越多,干容重越小;反之含水量越少,干容重越大。但在夯实过程中水分在土粒之间起一种润滑作用,使粒料之间互相移动的阻力减少。如含水量太少则不容易夯实。因此三合土在最优含水量的情况下,才能得到最大干容重,夯实效果好。含水一般为12—17%。

配合比例	生石灰 (公斤)	砂子 (立方米)	粘土 (立方米)	用途
1 : 1 : 2	200	0.64	1.20	城防工程
1 : 2 : 3	130	0.67	1.10	村庄
1 : 2 : 4	100	0.70	1.00	护地

1、炒土法。

$$\text{含水量} = \frac{\text{湿料重} - \text{干料量}}{\text{干料量}} = \frac{9 - 8}{8} = 12.5\%$$

如取湿料 9 两，曝晒后用锅烘干则为 8 两。

2、手测法。用手握成团，在高 1 米处松手能摔散者，即认为合适。

三、三合土的夯打及主要工具

目前在武都有机械夯和手工夯两种，建筑业多采用小型夯压机夯实基槽及地面，堤防工程多用手工夯打。

碾——生铁铸成，圆径 40 厘米左右，重有 60 公斤、90 公斤两种。提碾人数 16 人——24 人，高度 1—1.5 米，压半圆，线辫形，避免空白交错进行。

夯——木制或石制，重 40 公斤， $\phi = 26$ 厘米，4 人操作。

响子——紧边用。

杵——用生铁翻沙而成，把高 1 米、重 5 公斤，杵眼均匀，梅花型，并有紧边用沿杵形状，略有半圆头直桶状。

椽——要求端正，松木、杉木最好，不要硬杂木，一般 1,000 立方米三合土备 730 根左右。

四、三合土在北峪河堤防工程中表现情况

(一) 北峪河属于稀性泥石流，比重在 1.3—1.5 吨/立方米，粘度 25—30 秒，含泥砂漂石量 35—60%。

近十多年，我们对原有三合土堤进行了加高培厚，特别是 1984 年，城防工程中一次夯筑了 4 万立方米，在 50 年一遇的特大洪水下，更显示了它的优越性。由于是半刚半柔性，故对泥石的冲撞有缓冲作用，确保了安全。

用天津回弹仪试压部分沟涵洞，南侧早期三合土仪器上读数 18，近年三合土为 12。

(二) 三合土堤迎水面及堤坡脚的冲刷剥蚀问题。就近 40 年所作三合土堤在北峪河大桥受水冲击最大的一般使用和观察情况来看，新堤坡脚在经受第一年洪水冲刷量最大，达 5 厘米左右（近乎椽之半径），第二年 2 厘米，第三年 1 厘米左右。煤炭办事处房背后一段堤的坡脚，40 年来累计冲刷量达 40 厘米左右。这种冲刷量的存在和逐年减少，主要原因是与干容重和密实程度有关。

长期与水接触的堤段坡脚剥蚀现象较大。

(三) 由于三合土是一种半刚性的材料，它有很大的柔塑性，抗冲能力较好，1,000 公斤
(下转第 46 页)

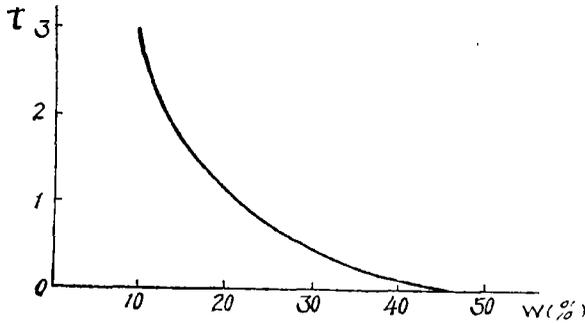


图2 土质抗剪强度人工注水试验

而土质抗剪强度的大小取决于含水量，图2是人工注水试验取得的结果。随着含水量的不断增加，土质的抗剪强度逐渐减小，当含水量增加到42—45%时，土质已失去抗剪强度。为了得出正确的结果，我们又在现场进行了模拟试验。根据自然浅层滑塌形成的条件，选择一块长120厘米、宽50厘米、深50厘米自然边坡的土层，坡度为38°，四边切开，两边用长200厘米、高80厘米的木板夹上，用人工均匀降雨法注水，不断测量土层不同部位的

含水量。当土层由上至下50—60厘米处的含水量达50%时，试验土体错移20厘米，即滑动。图2是土体滑动时不同部位含水量的情况。之后测量了滑动面各部位的含水量分布分别为40.4%、39.6%、40%、38.6%、41.6%、42.2%、41.7%，平均为40.4%。 (下转第43页)

上接第64页

以上的漂石以4米/秒左右的流速撞于堤面，其动能 $E_k = \frac{1}{2} mU^2 = \frac{1}{2} \rho S U^3 t = S \cdot F^2$

S值很小，只有10厘米左右，可见抵抗冲击力的阻力值F是很大的。这是由于受到冲击力后，着力点附近的颗粒之间发生了相互位移而消失了巨大的能量。

抗剪能力除三料凝结后的聚合为剪切力，所产生的摩擦阻力大，但柔塑性也是一个原因。

(四) 三合土的防渗能力很强。用在泥石流河床堤防上由于河流有间歇性和季节性，从实践中尚未观察到渗透情况。用在建筑基槽中的三合土，仍有不同程度的渗透，其渗透系数k值小于 10^{-7} 厘米/秒。

五、三合土今后的展望

我们掌握了三合土的特性，如它的柔性、防渗性，以及对于时令性（间歇性）水的适应性，可在泥石流沟道护坡工程中采用。通过试验，还可逐步推广到半山地区干、支、毛渠的衬砌上去。这能减少渗漏，节约用水，对水源缺少的宜灌山区，具有特殊的意义。武都县群众普遍用于平顶屋面。根据一年灌溉次数及大部分地方的实际情况来看，也属于间歇性的用水。衬砌的厚度从防渗角度来看，既要加大渗程 ΔS ，又要节约材料，建议最小厚度不少于10厘米。