

公路石灰土基层施工质量控制若干问题的探讨

罗金玲

(广东省兴宁市交通局, 广东 兴宁 514500)

摘 要: 根据石灰土的工程力学特性及影响强度的主要因素, 结合公路施工实际情况, 对石灰土基层施工质量控制的问题进行了探讨。

关键词: 石灰土; 基层; 施工; 控制

石灰土是将石灰和土按一定比例混合后而形成的一种无机结合料稳定材料。近二十多年来, 石灰用作掺加于天然细粒土或粘土中的稳定性材料越来越常见。由于石灰土具有较高的抗压强度, 也具有一定的抗弯强度, 而且其强度随龄期逐渐增加, 同时石灰来源比较广泛, 而且价格低廉、易于就近取材和降低造价, 加之石灰土施工简便, 因此, 石灰土在公路工程中广泛应用。根据石灰土的工程特性及各地公路工程建设经验, 石灰土一般可以用于各类路面的基层或底基层。近年来在一些地区的石灰土基层施工中, 由于对石灰土的工程力学特性认识不清, 对石灰土基层施工规范和施工工艺不熟悉, 或采用的施工方法不正确, 结果出了质量问题, 甚至导致返工。有鉴于此, 本文根据石灰土的工程特性及影响强度的主要因素, 结合我市公路建设的经验, 就石灰土基层施工质量控制中的一些问题作一探讨。

1 石灰土强度形成原理

在土中掺入适量的石灰, 并在最佳含水量下拌匀压实, 使石灰与土发生一系列物理、化学反应, 从而使土的工程性质发生根本的变化。初期表现为土的结团、塑性降低等; 后期变化主要表现在结晶结构的形成, 从而提高土的强度与稳定性。具体地讲, 石灰与土的相互作用主要表现为以下四个方面。

(1) 离子交换作用: 土的微小颗粒具有一定的胶体性质, 它们一般都带有负电荷, 表面吸附着一定数量的 Na^+ 、 H^+ 、 K^+ 等低价阳离子。石灰是一种强电解质, 在土中加入石灰和水后, 石灰在溶液中电离出来的 Ca^{2+} 就与土中的 Na^+ 、 H^+ 、 K^+ 等离子产生离子交换作用, 土颗粒表面所吸附的离子由一价变成了二价, 减少了土颗粒表面所吸附水膜的厚度, 使土粒相互之间更为接近, 分子吸引力随着增加, 从而使土颗粒发生聚结, 许多单个土粒聚成小团粒, 组成了一个稳定结构。离子交换是石灰土初期强度形成的主要原因。

(2) 结晶作用: 在石灰土中只有一部分熟石灰中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 进行了离子交换作用, 绝对部分饱和的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 自行结晶。熟石灰与水作用生成含水结晶体, 各晶体相互结合, 并与土粒结合起来, 形成共晶体, 把土粒结成整体, 从而使石灰土的水稳性得到提高。

(3) 火山灰作用: 火山灰作用是指土中的活性硅铝矿物(例如 SiO_2 和 Al_2O_3) 在石灰的碱性激发下解离, 在水的参与下与 Ca^{2+} 反应生成含水的硅酸钙和铝酸钙的过程, 所生成的新化合物是

一种水稳性良好的胶凝物质, 它具有水硬性并能在固体和水两相环境下发生硬化, 这些胶凝物质在土微粒团外围形成一层稳定保护膜, 填充颗粒空隙, 使颗粒间产生结合料, 减少了颗粒间的空隙与透水性, 同时提高密实度, 这是石灰土获得强度和水稳定性的基本原因。

(4) 碳化作用: 碳化作用是指土中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与空气中的 CO_2 反应生成 CaCO_3 , 是坚硬的结晶体, 它和其它盐类把土粒胶结起来, 从而大大提高了土的强度和整体性。当石灰土的表层发生碳化作用, 形成一层硬壳, 从而阻碍 CO_2 的渗入, 使碳化作用过程较长, 所以它是石灰土后期强度增长的主要原因之一。

2 影响石灰土强度与稳定性的因素

(1) 土质: 各种成因的亚砂土、亚粘土、粉土类土和粘土类土都可以用石灰来稳定。但生产实践表明, 粘性土较好, 其稳定的效果显著, 强度也高。当采用高液限粘土时施工不易粉碎, 反而影响稳定效果, 且易形成缩裂。采用粉性土的石灰土早期强度较低, 但后期强度也可满足要求。采用低液限土质时易拌和, 但难以碾压成型, 稳定的效果不显著。采用的土质, 既要考虑其强度, 还要考虑施工时易于粉碎便于碾压成型。一般采用塑性指数 12~18 的粘性土为好。经验证明, 塑性指数 < 12 的土不宜用石灰稳定。另外, 对于硫酸盐类含量 $> 0.8\%$ 或腐殖质含量 $> 10\%$ 的土, 对强度有显著影响, 不宜直接采用。

(2) 石灰质量: 一般来说, 各种化学组成的石灰均可用于稳定土。但白云石石灰的稳定效果优于方解石石灰。活性 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 的含量越高, 稳定效果越好。石灰细度愈大, 其比表面愈大, 在相同剂量下与土粒的作用愈充分, 反应进行的越快, 因而效果越好。生石灰在灰土中消解可放出大量热能, 加速灰土的硬化, 另外, 刚消解的石灰呈胶状 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 其活性和溶解度均较高, 能保证石灰与土中胶粒更好的作用, 因而, 采用生石灰稳定土的效果优于熟石灰稳定土。但应注意, 用磨细生石灰稳定土时, 成型时间对其使用效果有重要的影响。成型过早, 会因产生的水化热过多使土体膨松; 成型过晚, 则水化热不能得到充分利用, 也会影响其效果。通常磨细生石灰与土拌匀后闷料约 3h 成型可取得最佳效果。一般来说石灰质量应符合 III 级以上的技术指标, 并要尽量缩短石灰的存放时间。在同等石灰剂量下, 质量好的石灰, 稳定效果就好。如果用质量差的石灰, 为了满足石灰土的技术

术要求,就得适当增加石灰剂量。

(3)石灰剂量:石灰剂量是石灰质量占全部土颗粒的干质量的百分率。石灰剂量对石灰土强度影响显著,石灰剂量较低($<3\% \sim 4\%$)时,石灰主要起稳定作用,土的塑性、膨胀性、吸水量减小,使土的密实度、强度得到改善。随着石灰剂量的增加,石灰土的强度和稳定性均提高,但剂量超过一定范围,过多的石灰在土的空隙中以自由灰存在,将导致石灰土的强度下降。石灰土的最佳剂量随土质不同而异,土的分散度越高则最佳剂量越大。生产实践中常用的最佳剂量范围,对于粘性土及粉性土为 $8\% \sim 14\%$;对砂性土则为 $9\% \sim 16\%$ 。

(4)含水量:水是石灰土的重要组成部分。它促使石灰土发生物理化学变化,形成强度;便于土的粉碎、拌和与压实,并且有利于养生。不同土质的石灰土有不同的最佳含水量,需通过标准击实试验确定,并用以控制施工中的实际加水量。所用水应是干净可供饮用的水。

(5)密实度:石灰土的强度随密实度的增加而增长。工程实践表明,石灰土的密实度每增减 1% ,强度约增减 4% 左右。而且密实度高的石灰土其抗冻性、水稳性也好,缩裂现象也少。

(6)养生条件与龄期:养生条件主要指温度与湿度。养生条件不同,石灰土的强度也有差异。石灰土的强度形成需要一定的温度和湿度。这是因为,温度高可使反应过程加快,使石灰土硬化、强度增长快,反之强度增长慢,在负温条件下甚至不增长。因此,要求施工期的最佳温度应在 5°C 以上,并在第一次重冰冻($-3 \sim -5^{\circ}\text{C}$)到来之前1个月至1个半月完成。适当的湿度为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 结晶和火山灰反应提供了必要的结晶水,对石灰土强度的形成和增长有利,工程实践也证明,在一定潮湿条件下养生强度的形成比在一般空气中养生要好。但湿度过大(如湿砂养生)会影响石灰土中新生物的胶凝结晶硬化,从而影响石灰土强度的形成,这一点应引起关注。

石灰土强度具有随龄期增长而增长的特点。一般石灰土初期强度低,前期(1~2个月)增长速率较后期为快。石灰土的强度随龄期的增长大体符合指数规律。

3 石灰土基层的施工技术与质量控制

3.1 下承层准备与施工测量

施工前对下承层(底基层或土基)按质量验收标准进行验收,并精心加工。然后恢复中线,直线段每 $20 \sim 25\text{m}$ 设一桩,平曲线段每 $10 \sim 15\text{m}$ 设一桩,并在两侧路面边缘 $0.3 \sim 0.5\text{m}$ 处设指示桩,在指示桩上标出基层(或底基层)边缘设计标高及松铺厚度的位置。

3.2 备料

根据各路段基层(底基层)的宽度、厚度及预定的干密度,计算各路段需要的干燥集料的数量。所用材料均应符合质量要求,石灰质量应符合Ⅲ级以上的技术指标,生石灰应在使用前 $7 \sim 10\text{d}$ 进行充分消解成熟石灰粉,并过 10mm 筛。熟石灰粉应尽快使用,不宜存放过久。进场的生石灰块应妥善保管,加棚盖或覆土储存,应尽量缩短生石灰的存放时间。石灰土混合料所用的土应按照JTJ051的规定试验,其塑性指数应为 $12 \sim 18$ (100g 平衡锥法)。粉碎土中 $10 \sim 25\text{mm}$ 团块的含量不得超过总重的 5% ;土中硫酸盐含量应 $\leq 0.8\%$,腐殖质含量 $\leq 10\%$ 。

3.3 拌和与摊铺

为了保证石灰土的强度能达到规定值,石灰土的拌和应尽量采用场拌法,可用稳定土摊铺机摊铺混合料。

(1)拌和:①在正式拌制稳定土混合料之前,应先调度所用的拌和设备,使混合料的配比和含水量都达到规定要求。②稳定土混合料正式拌制时,应将土块粉碎,必要时,筛除原土中 $>15\text{mm}$ 的土块。③配料要准确,各料(石灰、土、加水量)可按重量配比,也可按体积配比;拌和要均匀;加水量要略大于最佳含水量的 1% 左右,使混合料运至现场摊铺后碾压时的含水量能接近最佳含水量。④上路摊铺前,应检测混合中有效 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 含量,如达不到要求时,应在运料前加料(消石灰)重拌。⑤成品料运送到现场摊铺前应覆盖,以防水分蒸发。

(2)摊铺:①拌和机与摊铺机的生产能力应互相协调。如拌和机的生产能力较低时,应适当控制摊铺速度,以避免摊铺机停机待料的情况。②石灰土混合料摊铺时的松铺系数应通过试验路段试铺碾压求得。③施工期间,拌和机每天拌制的混合料,应安排当天摊铺当天压实。

3.4 碾压

混合料摊铺整型后,即可开始压实,如因摊铺缓慢或整型工序导致表面水分不足,应适当洒水。混合料的压实含水量应在最佳含水量的 1% 范围内。碾压时要严格按照施工技术规范的相关规定,采用正确的施工碾压工艺进行碾压,最终石灰土的压实度要达到规范或合同的规定。

3.5 养生

刚压实成型的石灰土基层,在铺筑上一结构层之前,至少在保持潮湿状态下养生 $5 \sim 7\text{d}$ 。养生方法可视具体情况采用洒水、覆盖砂等。养生期间石灰土表层不应忽干忽湿,每次洒水后应用两轮压路机将表面压实。在养生期间,除洒水车外,应封闭交通,严禁其它车辆通行。

4 石灰稳定土基层缩裂防治措施

石灰稳定土最明显的缺陷是抗变形能力低,在温度或湿度变化时易产生开裂,当沥青面层较薄时,易形成反射裂缝,从而严格影响路面的使用性能。因此,石灰土基层缩裂的防治,是其施工质量控制的一个重要方面,它对确保基层质量具有重要意义。根据石灰土的特性,结合实际工程中的经验。石灰稳定土基层防治缩裂的措施有以下几种:

(1)控制压实含水量:石灰稳定土因含水量过多而产生的干缩裂缝显著,因而压实时含水量一定不要大于最佳含水量,其含水量应略小于最佳含水量。

(2)严格控制压实标准:实践证明,压实度小时产生的干缩要比压实度大时严重,因此,应尽可能地提高石灰土基层的压实度。

(3)控制施工季节:石灰土基层温缩的最不利季节是混合料处于最佳期含水量附近,而且温度在 $0^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 时。因此施工要在当地气温进入 0°C 前一个月结束,以防在不利季节产生严重温缩。

(4)加强初期养护:石灰土基层干缩在石灰土碾压成型初期最易发生,因此,要重视初期养护,保证石灰土表面处于潮湿状态,禁防干晒。

(5)及早铺筑面层:石灰稳定土基层施工结束后要及时铺筑

CAD 软件在丹溪大桥拱圈测量中的辅助应用

褚人猛

(中铁十六局集团三公司,浙江 湖州 313000)

摘要:以义乌市丹溪大桥主、斜拱圈节段在空间拼装的测量定位为例,介绍 CAD 辅助设计软件在测量数据计算、分析等方面的应用效果。

关键词:拱圈;测量;CAD 软件;应用

1 丹溪大桥工程概况

义乌市丹溪大桥斜靠式系杆拱桥型为国内首座。斜靠式系杆拱桥的主要承重结构是中间的敞开式系杆主拱,系杆主拱的拱圈依靠斜靠拱稳定,两者以连系梁相连接。斜靠拱的拱脚直接落地,斜靠拱的吊索吊住观影平台的外边缘。

2 拱圈安装测量方案

丹溪大桥拱圈在工厂里整体制造后,分成节段运至工地、在支架上拼装,拱圈节段横断面形式如图 1 所示。

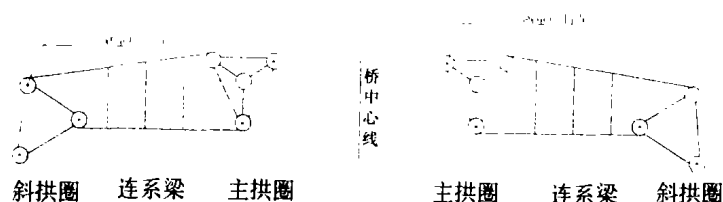


图 1 丹溪大桥主、斜拱圈横断面

①测量控制点

在拱圈节段工地拼装过程中,将主、斜拱圈节段的测量控制点分别设在拱圈断面外围的三根小钢管中心,使每根小钢管轴线偏差控制在规范要求内。

丹溪大桥拱圈节段拼装的空间测放仪器采用全站仪,而坐标数据计算和误差分析则采用 CAD 设计辅助软件。

3 CAD 软件在拱圈节段拼装测量中的辅助应用

(1)拱圈节段测量控制点的设计位置坐标值计算。在 CAD 窗口中建立拱圈立体模型,在立体模型上建立工地测量的三维坐标系。将拱圈立体模型划分成拱圈节段,即可查阅拱圈节段上任意一点(包括测量控制点)的设计位置坐标值。

(2)拱圈节段的模拟定位。拱圈节段在支架上就位后,用全站仪测出节段前端三个小钢管中心的三维坐标值,即可确定整个节段在空间的实际位置。在 CAD 窗口中画出拱圈节段模型,将该模型按设计坐标值位置在 CAD 窗口中就位,再复制一个节段模型,按现场实测坐标值位置在 CAD 窗口中就位,比较两个模型的位置,就能直观地了解支架上的拱圈节段的实际位置与设计位置的偏差情况,以及应该如何调整。

(3)拱圈节段测量控制点的偏差复核。在 CAD 窗口中画出拱圈节段模型,将节段模型按设计坐标值位置在 CAD 窗口中就位。用全站仪测出已在支架上就位的拱圈节段上控制点的坐标值,将该控制点的坐标值输入 CAD 窗口中,通过查询该点与 CAD 窗口中节段模型上对应点的偏离,即可得出该点的位置偏差。

4 结束语

丹溪大桥主、斜拱圈结构及其断面形式都很复杂,将 CAD 设计软件应用到测量数据计算和分析中,使拱圈结构上任意一点的坐标计算、偏差分析变得简单明了,因此可根据现场情况在拱圈节段上任意选择测量控制点,极大地提高了测量效率。

面层,使石灰土基层含水量不发生大变化,可减轻干缩裂隙。

(6)掺加集料:在石灰稳定土中掺加集料(砂砾、碎石等),使其集料含量为 60%~70%,使混合料满足最佳组成要求,不但提高强度和稳定性,而且具有较好的抗裂性。

(7)基层的缩裂会反射到面层,为了防止基层裂缝的反射,可采取以下措施:①设置联结层,设置沥青碎石或沥青贯入式联结层,可有效防止反射裂缝;②铺筑碎石隔离过渡层。在石灰土与沥青面层间铺筑厚 10~20cm 的碎石层或玻璃纤维网格,可减轻反射裂缝出现。

5 结束语

众所周知,由于石灰土具有较高的强度,石灰来源比较广泛,而且价格低廉,易于就近取材,同时石灰土施工简便,因此石灰土在公路工程中广泛应用。为了确保石灰土基层的施工质量,一方面要严格控制原材料质量、按照规范进行混合料配比设计;另一方面,要加强施工各环节的控制和管理,及时消除各种质量隐患,同时采取必要措施减少石灰土基层的缩裂,这样才能保证路面的使用性能。

参考文献:

- [1] 交通部.公路路面基层施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,1993,2.
- [2] 胡长顺,黄辉华.高等级公路路面施工技术[M].北京:人民交通出版社,1994,10.
- [3] 邓学钧.路基路面工程[M].北京:人民交通出版社,2000,2.