

土石混填路基评价指标及质量管理方法探究

戚 佳

(萧山区南阳街道办事处 杭州 311227)

[摘 要] 路基质量是整个公路工程施工的主要关注对象,对公路路面平整度(RQI)等起着关键性的影响。浙江省素有“七山一水二分田”之称,土石混填路基是常用的公路路基之一。虽然土石混填路基在浙江省的应用较为广泛,施工工艺也比较成熟,但是土石混填路基的质量保证仍不够完善,路基工程质量还存在较多的问题。文章从土石混填路基的质量控制入手,探究了现行的主要土石混填路基质量评价指标,分析土石混填路基质量控制难点,建设性地提出相应的质量管理方法,可为土石混填路基的质量控制提供新的思路。

[关键词] 土石混填路基;路基施工;评价指标;质量管理

0 引言

路基施工在各地区因其地质情况和当地土质,所采用的填筑材料和施工工艺均有所不同。在山区和丘陵地带,土石混合料是常见的路基填料之一^[1-3]。利用土石混合料填筑路基,一方面避免了大量借土填筑路基,合理地降低了工程造价;另一方面也避免了开挖产生的大量土石混合料占用耕地及建筑渣土污染环境的问题。因此,土石混填路基在浙江省内应用广泛。

土石混合料是一种非常复杂的不连续介质材料,是由具有一定尺寸石块、作为充填成分的土体及孔隙等组成的混合物,具有地质成因复杂、组成成分多样、土石颗粒跨越多个数量级尺度和结构极端不均匀等特点^[4,5]。由于土石混合料物质组成的复杂性,结构分布的不规则等问题,给土石混填路基的质量控制带来了极大的困难^[6]。同时不同地区的土石混合料含石量、含水率、级配等差别也较大,这些因素均使得土石混填路基在实际工程建设中的施工质量难以保证^[7,8]。

大量实践表明,采用土石混填路基的路段比较容易产生不均匀沉降和路面的开裂,导致

道路行车舒适性不同程度下降,甚至在某些高填方路基中,可能发生道路的整体坍塌破坏,对人民的生命财产安全造成严重的影响^[9,10]。因此,研究土石混填路基的质量控制具有重要的理论与工程实践价值。本文从土石混填路基的质量控制入手,对土石混填路基的质量控制指标和管理方法进行了探讨,可为土石混填路基的质量控制提供新的思路。

1 土石混合料的组成

土石混填路基是由石块、土体和孔隙组成的复杂体系,其中石块即矿物质骨架,由粗颗粒组成,是不连续分散相,而土体则是分散介质。因此土石混填路基的质量主要取决于以下因素:

(1) 粗颗粒的性质:粗骨料的大小、形状、级配及其风化程度等都会对土石混填路基的质量产生影响;(2) 土体的性质:一般指土的含水率、塑性指数等特点,在土石混填路基的性能发挥中起着重要的作用;(3) 粗颗粒与土体的相互作用关系:一般而言,土石混合料的块石颗粒粗大,工程性质介于一般岩石和细粒土之间,其结构强度、压实特性、力学特性等很

收稿日期:2022-03-21

作者简介:戚佳(1993-),女,助理工程师,主要从事道路工程管理。

大程度上取决于粗颗粒和土体的相互作用方式。研究表明,粒径 5mm 为分界粒径,粒径大于 5mm 为粗粒,小于 5mm 为细粒,大于 5mm 的粗粒含量记为 P5。当 $P5 < 30\%$ 时,粗料颗粒完全被细料包裹,粗粒土的工程特性基本上由细料的性质决定,此时粗料仅起填充和影响作用,除了渗透系数略有降低外,其他工程特性均有所改善;当 $30\% < P5 < 70\%$ 时,粗料、细料相互填充,两种土料的性质同时体现,并且随粗料含量的增加,粗粒土的工程性质不断向粗料转化,其中抗剪强度、干容重、渗透系数等与粗料含量成正比,随细料中粘性土粒含量的增大而减小,压缩沉降量、破坏坡降等随粗粒含量的增大而减小;当 $P5 > 70\%$ 时,细料无法充满粗料孔隙,表现为架空料,此时粗粒土的各项工程特性取决于粗料的性质。

2 土石混合料的施工质量评价指标

目前,国内外常见的对土石混填路基的质量评价指标有以下几种:

2.1 压实度 K

国内外普遍采用压实度作为一般路基压实质量的评价指标。压实度 K 是现场路基填料被碾压后的实际干密度 ρ_d 与室内击实试验中得到的最大理论干密度 ρ_{dmax} 的比值。

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+w\%} \quad (2-1)$$

$$K = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \quad (2-2)$$

其中, ρ 为现场路基填料的湿密度, g/cm^3 ; w 为现场路基填料的含水率, %。

德国、法国及日本等国不仅将它用于细粒土填筑路基的压实质量评价中,还将它用于粗粒土混合填料的压实质量指标。当土石混填路基采用压实度评价指标时,且土石混填路基压实度达到某一设计值时,土体的含水率可在一定范围内波动。

2.2 承载比 CBR

CBR 值即加州承载比,是评定路基承载能

力的指标,一般为试料贯入量达到 2.5mm 时的单位压力与标准碎石压入相同贯入量时标准荷载强度 (7MPa 或 10.5MPa) 的比值,用百分数表示。试验中,材料的承载能力越高,对其压入一定贯入深度所需施加的荷载越大。

CBR 可以用于评定基层、垫层或土基材料的相对承载力,是一项反映土体抗垂直位移和抵抗局部荷载压入变形能力的指标,当接近极限平衡条件时,兼可反映土体抗剪强度的相对量度。CBR 值反映了路基填筑材料的水稳性和整体强度的大小,不仅可用无侧限抗压强度试验作为无机结合材料的试验补充,还解决了砂和砂砾类材料因颗粒间没有粘聚力、无法利用无侧限抗压强度试验的问题。

2.3 固体体积率

对于土石混填路基来讲,粗颗粒的含量对最大干密度的影响很大。在实际施工过程中,不同地区土石混填路基的粗颗粒含量都不相同,甚至同一工程不同路段的粗颗粒含量也不尽相同,各自的最大干密度也都不同,用相同的干密度来控制土石混填路基的压实度,经常会出现最大干密度取值不准确而引起土石混填路基部分区域的压实度不符合要求,部分区域压实度却超过设计干密度的情况。因此,可以采用固体体积率来控制土石混填路基的压实质量,即:

$$G = \frac{V_s}{V} = \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad (2-3)$$

其中, V_s 为固体体积, V 为土石混合料总体积, ρ_s 为固体密度。

采用固体体积率作为土石混填路基压实质量的评价指标,可以避免工程实际中现场土石混合料最大干密度和室内理论最大干密度之间不匹配的问题,但由于没有考虑到土石混合料的颗粒级配条件,同样存在局限性。

2.4 相对密度

如上所述,若采用固体体积率作为土石混填路基的质量评价指标,忽略了土石混合料颗

粒级配对路基的影响,对土石混填路基密实情况的评价存在一定的局限性。因为土石混合料的颗粒级配对土石混填路基的密实度有重要的影响,为了能够同时考虑固体体积率和颗粒级配对土石混填路基压实度的影响,可以采用相对密度 D_r 来评价土石混填路基的密实程度。

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (2-4)$$

其中, $e_{\max}$ 为土石混合料的最大孔隙比, $e_{\min}$ 为土石混合料的最小孔隙比, e 为土石混合料的实际孔隙比。

土石混填路基的相对密度主要与孔隙比有关,孔隙比的计算需要同时测定土石混合料的天然密度、含水率和固体体积密度,这一系列操作过程相对繁琐。

2.5 回弹模量

以上的土石混填路基质量评价指标都是通过路基填料的物理指标来评价路基质量。

路基土是一种非线性弹塑性材料,反映其应力-应变的回弹模量值具有应力依赖性,并随其湿度和密度状态变化。回弹模量是指路基材料在荷载作用下产生的应力与其相应的回弹应变的比值。回弹模量表示土基在弹性变形阶段内,在垂直荷载作用下,抵抗竖向变形的能力。如果垂直荷载为定值,土基回弹模量值愈大则产生的垂直位移就愈小;如果竖向位移是定值,回弹模量值愈大,则路基承受外荷载作用的能力就愈大,因此,路基设计中采用回弹模量作为路基抗压强度的指标。一般可采用静态承载板法在顶面测定路基的回弹模量,或者采用贝克曼梁测定表面回弹弯沉后可用公式反算路基回弹模量。

回弹模量可以作为土石混填路基压实质量的力学性质控制指标。能够综合反映路基在外部荷载下的变形和强度,同时与路基填料的组成成分、结构类型、密实度等因素相关。

3 土石混填路基质量管理方法

表征路基结构的指标是路基顶面(即路床

顶面)的回弹模量。CBR 是表征材料的水稳定性和抵抗局部压入变形能力的指标,而压实度则是施工控制指标,两者均非路基结构设计指标,但路基回弹模量的设计值必须通过填料的合理选择和压实度的有效控制得以实现。

结合土石混填路基的质量评价指标,发现能够影响到土石混填路基施工质量的因素有很多,总结而言,可以大致分为施工及管理人员、填料性质、施工机械和施工工艺四个方面共同影响着土石混填路基的施工质量。

3.1 施工及管理人员

公路工程建设过程从项目立项、设计、施工、竣工验收等所有流程均与施工及管理人员息息相关。人员是公路工程施工的直接参与者、实施者、操作者和主导者,可以说施工及管理人员对于路基质量的控制管理具有关键性的影响。因此管理好路基施工相关人员文化程度、技能培训情况和施工经验等方面是路基质量管理的重要一环。在工程施工前,必须对相关工作人员从施工理念、技术规范、操作方法及检验方法等方面组织培训,严格按照管理人员培训、技术人员培训等章程组织学习。同时,应选择具有丰富施工经验的管理人员作为项目经理,有效指导土石混填路基的施工,及时应对路基施工中的各种突发情况,保障土石混填路基的施工质量。

3.2 填料性质

对于土石混填路基来讲,土石混合料的性质是确保路基质量符合设计要求的基础。因此,需要从土石混合填料的性质,如岩石强度、颗粒级配、含水率等方面进行严格控制,以保证土石混填路基的施工质量。用于土石混填路基的粗颗粒岩体通常有砂岩、灰岩、片麻岩、板岩等,岩体的性质不同,对土石混填路基的影响也不同。通常来说,选择强度更高的岩体会导致土石混填路基在压实的过程中难以被充分压密,而强度较低的岩体则会在碾压过程中被过度破碎,导致路基出现不均匀沉降。同时,

路基填料的颗粒级配对路基的压实效果也起着关键性的作用,当级配较好时,路基填料在碾压过程中趋于紧密,粗颗粒和细颗粒充分接触咬合,减少路基填料间的孔隙,提高路基压实度。而合适的含水量也能够一定程度上增加填筑路基的压实效果。因此,在实际施工过程中,应严格按照相关规范要求,把控土石混填路基填料的相关性质,以提高土石混填路基的施工质量。

3.3 施工机械

在路基填料符合相关规范要求的基础上,施工中所用机械设备类型、性能和操作要求等也会在一定程度上影响土石混填路基的施工质量。因此,施工单位应在充分了解填料性质的基础上,应对项目施工涉及的机械设备进行合理分析,制定机械化施工方案,通过修筑试验路段,选定合理的机械设备组合类型,因地制宜,开发一套适合本项目的机械配套组合模式,用于指导土石混填路基现场施工。

试验路段完成后,应对试验路段施工进行总结,以确定适宜的施工工艺参数:

①每次土石方填筑后平地机整平和压路机碾压的工作段长度;

②能满足要求密实度标准的土层松铺系数;

③压实遍数及最佳机械组合;

④压实次数—压实度、含水率—压实度关系曲线;

⑤将试验段施工总结上报监理工程师批准后,路基方可展开大规模施工。

3.4 施工工艺

施工工艺也是土石混填路基施工质量管理中不可或缺的一环。土石混填路基应采用分层铺筑的方式,由于路基填料对碾压工艺的影响较大,因此应严加控制路基填筑时的摊铺厚度。当摊铺厚度过大时,粗颗粒不易被充分碾压,如摊铺厚度过小,则会导致部分粗颗粒过于压实而出现颗粒破碎现象,影响路基施工质量。同时,碾压速度和碾压遍数也会影响到路基质

量。其中碾压速度一般情况下与碾压效果呈负相关关系,碾压速度越快,压实效果越差,压路机的碾压行驶速度一般不得超过4km/h。而在一定范围内,压实效果与碾压遍数呈正相关关系,碾压次数越多,压实效果越好,但过多的碾压次数同样也会造成粗颗粒的过度破碎。因此,施工单位应严格按照相关规范要求,并结合填料性质,合理选择施工工艺。

4 结论

本文通过调研大量文献,对土石混填路基施工质量的评价指标和管理方法进行了探究。基于现行的土石混填路基质量评价指标,分析了各项评价指标的内在意义,结合土石混填路基的现状,提出各项指标的优缺点,并从施工及管理人员、填料性质、施工机械和施工工艺四个方面提出了相应提高路基施工质量的建议,可为土石混填路基的施工质量管理提供新的思路。

参考文献

- [1] 张飞. 浅谈土石混填路基施工质量控制 [J]. 四川水泥, 2018 (12): 328.
- [2] 安雅君. 公路土石混填路基压实技术应用与分析 [J]. 交通世界, 2021 (24): 140-142.
- [3] 田健. 公路施工中的土石混填路基施工技术探讨 [J]. 中国公路, 2019 (08): 112-113.
- [4] 王巍. 高速公路土石混填路基施工技术及质量控制 [J]. 交通世界 (建养·机械), 2015 (04): 100-101.
- [5] 苑仁周, 杨力, 李寅磊. 浅谈山区高速公路土石混填路堤施工质量控制及检测方法 [J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2016, 12 (08): 39-40.
- [6] 罗宏. 土石混填路基压实度测试技术及其工程应用 [D]. 湖南大学, 2016.
- [7] 张献民, 吕耀志, 董倩, 张宇辉. 基于弹性波理论的土石混填地基压实质量评价研究 [J]. 岩土工程学报, 2015, 37 (11): 2051-2057.
- [8] 刘斌, 郭鸿阳. 高速公路土石混填路基施工控制技术 [J]. 交通世界, 2017 (33): 56-57.
- [9] 郝永鹏. 土石混填路基病害成因分析与施工质量控制 [J]. 交通科技, 2017 (03): 23-26.
- [10] 冯利英. 土石混填路基压实度检测方法 [J]. 交通世界, 2020 (26): 69-70.