

热带雨林地区红土粒料基层病害分析和研究

Analysis and Research on the Disease of Red Soil Granular Material Base in Tropical Rain Forest Area

王虎 闫朋

Hu Wang Peng Yan

陕西省引汉济渭工程建设有限公司 中国·陕西 西安 710024

Hanjiang to Weihe River Valley Water Diversion Project Construction Co., Ltd., Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi, 710024, China

摘要: 论文从实践的角度分析了热带雨林地区红土粒料在公路基层工后出现病害的原因,以试验改良结果为出发点,总结出了相关指标合格、经济合理、便于施工的红土粒料基层配合比,为热带雨林地区公路红土粒料基层施工提供成熟的经验,为后期类似相关施工提供参考和借鉴。

Abstract: This paper analyzes the causes of the diseases of the red soil particles in the tropical rain forest area after the construction of the highway base from the practical point of view, and takes the test and improvement results as the starting point, this paper sums up the proportion of red soil granular base which is qualified, economic, reasonable and convenient for construction, and provides mature experience for the construction of road red soil granular base in tropical rain forest area, it provides reference and reference for similar construction in later period.

关键词: 热带雨林; 红土粒料; 病害; 配合比

Keywords: tropical rain forest; red soil grain; disease; mixture ratio

DOI: 10.12346/eped.v1i1.6889

1 引言

用于热带雨林地区广泛分布红土粒料,当地地材资源极为匮乏,为降低项目建造成本,达到就地取材目的,本项目计划利用红土粒料为基层材料,但用于基层的红土粒料不仅在原材各项指标上难以符合规范要求,而且在施工过程中容易离析,工后容易出现裂缝。无论是对基层本身质量的影响还是后续沥青面层的反射裂缝形成,都将对路面的耐久性形成隐患。因此,分析其病害形成的原因,避免基层病害的形成,合理利用红土粒料施做基层,为后续红土粒料用于基层材料施工提供经验。

2 红土粒料的成因及性质

南美洲热带雨林红土粒料是地表富含的赤铁矿物成分,在旱雨二季循环交替的气候条件和当地植被演替相互作用下形成的。透过腐殖土层的雨水将呈微酸、弱酸性,并缓慢地

淋溶、分解并带走原母岩中性稳定的石英(SiO_2)、可溶性的盐类和碱类等物质后,留下的不溶性铁、铝、硅及少量其他金属氧化物,在干旱气候强烈的蒸腾作用与水分毛细上升的作用下,逐步胶结复合,最终形成不规则的球形或块状铁质硅铝结核^[1]。在长期的物理风化过程当中又形成了少量的细粒黏性成分,在地表水的作用下,富集在一起的硅铝结核及细粒成分形成了热带雨林地区的红土粒料;其表面极为粗糙多孔,颗粒之间摩擦力大。红土粒料的土工试验基本数据如表1(前5个土场);图1为24个土场试验数据趋势图。(以下所引用到的数据均基于玻利维亚里韦拉尔塔至鲁雷拉瓦克公路,全长508 km 施工中具有开采价值的土场数据)。

3 红土粒料基层病害

红土粒料基层工后较为突出的病害有横向裂缝、龟裂、坑洼鼓包、表面离析等。

【作者简介】王虎(1986-),男,中国甘肃天水人,本科,工程师,从事土木工程施工管理研究。

表 1 红土粒料料场试验结果

| 里程 | | K0 + 200 | K6 + 000 | K14 + 800 | K20 + 300 | K23 + 860 |
|-------------|-------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 筛孔 / (mm) | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 37.5 | 100 | 100 | 96.8 | 100 | 100 |
| | 25 | 99.2 | 100 | 95.4 | 99.7 | 98.6 |
| | 19 | 97.7 | 97.2 | 92.6 | 98.8 | 96.5 |
| | 12.5 | 90.8 | 81.4 | 82 | 94.7 | 87.2 |
| | 9.5 | 79.6 | 69.9 | 74.9 | 86.7 | 75.4 |
| | 4.75 | 57.93 | 36.3 | 47.88 | 51.91 | 41.67 |
| | 2 | 52.99 | 30.29 | 35.95 | 38.53 | 32.13 |
| | 0.425 | 46.52 | 29.2 | 31.27 | 36.68 | 30.09 |
| | 0.075 | 37.3 | 26.72 | 28.78 | 33.67 | 20.83 |
| 界限含水率 / (%) | LL | 37.3 | 36.6 | 31.9 | 39.7 | 26.1 |
| | LP | 25.7 | 21.95 | 18.35 | 27.9 | 17.25 |
| | IP | 11.6 | 14.65 | 13.55 | 11.8 | 8.85 |
| CBR / (%) | 90 | 13.9 | 20.1 | 40.7 | 16.8 | 15.6 |
| | 95 | 29.2 | 25.2 | 86.1 | 61.7 | 34.6 |
| | 100 | 50.4 | 26.5 | 110.2 | 111.2 | 76 |

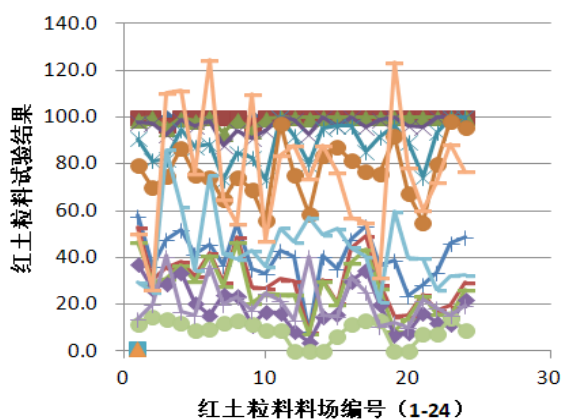


图 1 红土粒料试验结果

4 原因分析

天然红土粒料的级配不良，导致施工过程中压实质量难以达到规定要求，虽然可以改变基层碾压方法，加大碾压次数。但在碾压过程当中部分粒料颗粒被破坏，其级配发生二次改变，形成了次新的红土的粒料，室内土工试验结果表明其颗粒变小；细粒成分变多；CBR（加州承载比）变小，红土粒料基层承载力相比设计值变小；基层在工后容易形成裂缝。表 2 为试验段部分试验结果。

表 2 数据剔除试验误差以后，红土粒料在碾压完后现场重新取样再进行室内土工试验，其级配通过率整体变大，说明材料在碾压过程当中颗粒变小，尤其是粗粒部分，细粒含量有增加趋势。液限变大、塑性指数无明显变化、CBR 值变小。以上试验段结果不符合相关规范要求^[1]。

红土粒料基层当中的黏性成分在干湿交替的环境下，细粒成分在失水后体积干缩性明显，形成裂纹，进而形成龟裂。

主要原因在于粒料当的红土成分塑性指数偏大。

由于红土粒料在地表分布受雨水冲刷的影响，地势较高地带粒料聚集，粘结成分较少。成碎石堆积状形态存在；在地势较低地带粒料成分较少，多为红黏土或砂性土形式存在。而南美洲热带雨林在冲积平原地带，雨水搬运效果明显，使得红土粒料分布极为不均^[2]。

①在大面积天然开采的过程当中无法保证其质量，施工过程当中难以控制填料的均匀性，表面离析无法避免；

②混入基层当中的膨胀性填料成分在雨季雨水的浸泡下形成鼓包，在旱季形成坑洼。

小结：基于以上分析，红土粒料基层病害的形成无不与施工材料的颗粒级配、液塑限、承载能力等有关。为避免或减少这些病害的发生，从试验的角度探索以下的方法来改良其材料性质。

5 红土粒料填筑基层的要求

参照玻利维亚国家公路局施工技术规范对红土粒料基层要求：CBR≥80%；膨胀率≤0.5%；液限≤25%；塑性指数≤6%。基层用填料级配满足 AASHTO M147 如表 3 所示。

由表 1 可知，当地红土粒料塑性指数普遍不满足规范要求。由图 1 可知，当地红土粒料试验结果极为相似，级配接近表 3 的 D 级配要求，且 CBR 值是比较接近规范要求的。而当地区域碎石稀缺，红土粒料大量存在，因此红土粒料有改良成为基层用填料的必要性。

6 探讨红土粒料改良的可行性

红土粒料若要满足以上规范要求，总结三点：对红土粒料必须进行级配改良、降低液塑限、增加强度，只有这三点同时满足，才能符合规范要求。

表 2 基层试验段试验结果

| 里程 | K14+800土场 | K13+240中线左 | K13+295中线右 | K13+340中线处 | K13+390中线左 | K13+450中线处 | K13+500中线处 |
|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 筛孔/(mm) | 50 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 37.5 | 96.8 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 25 | 95.4 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 19 | 92.6 | 93.7 | 91.4 | 92.6 | 99.4 | 97.8 |
| | 12.5 | 82 | 85.5 | 84.6 | 85.4 | 87.7 | 87.1 |
| | 9.5 | 74.9 | 72.3 | 73.7 | 77.7 | 70.3 | 76.4 |
| | 4.75 | 47.88 | 56.9 | 44.5 | 48.1 | 50.6 | 47.2 |
| | 2 | 35.95 | 37.7 | 37.4 | 43.8 | 37.8 | 36.9 |
| | 0.425 | 31.27 | 23.3 | 35.6 | 33.8 | 36.6 | 34.6 |
| 界限含水率/(%) | 0.075 | 28.78 | 20.7 | 27.8 | 25.6 | 29.9 | 28.7 |
| | LL | 31.9 | 38.4 | 31.9 | 33.5 | 39.7 | 40.5 |
| | LP | 18.35 | 26.4 | 18.35 | 18.9 | 27.9 | 27.7 |
| CBR/(%) | IP | 13.55 | 12 | 13.55 | 14.6 | 11.8 | 12.8 |
| | 90 | 40.7 | 10.8 | 18.4 | 20.6 | 15.4 | 14.6 |
| | 95 | 86.1 | 39.6 | 35.3 | 35.8 | 40.7 | 36.6 |
| 100 | 110.2 | 58.4 | 43.1 | 46.9 | 54.9 | 50.2 | 46.9 |

表 3 AASHTO M147 规范基层用填料级配

TABLE 1 Grading Requirements for Soil-Aggregate Materials

| Sieve Designation | | Mass Percent Passing | | | | | |
|-------------------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Standard mm | Alternate | Grading A | Grading B | Grading C | Grading D | Grading E | Grading F |
| 50.0 | 2 in. | 100 | 100 | — | — | — | — |
| 25.0 | 1 in. | — | 75-95 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 9.5 | 3/8 in. | 30-65 | 40-75 | 50-85 | 60-100 | — | — |
| 4.75 | No. 4 | 25-55 | 30-60 | 35-65 | 50-85 | 55-100 | 70-100 |
| 2.00 | No. 10 | 15-40 | 20-45 | 25-50 | 40-70 | 40-100 | 55-100 |
| 0.425 | No. 40 | 8-20 | 15-30 | 15-30 | 25-45 | 20-50 | 30-70 |
| 0.075 | No. 200 | 2-8 | 5-20 | 5-15 | 5-20 | 6-20 | 8-25 |

由表 1 试验结果可知红土粒料细粒成分普遍超出规范要求,这也是红土粒料液塑限超标的原因所在。所以我们要寻找一种材料,既能降低材料的液塑限,又能改良其级配符合规范要求,还要提高材料的 CBR 值。首先保证材料的强度符合规范要求,如果单一添加水泥无疑可以增加红土粒料的强度,但不能对材料的级配产生实质性影响,甚至会增加其细粒成分,但提高材料强度是肯定的。基于这一点我们尝试了单掺水泥的方案,这不是无意义的。因为如果后续掺其他材料可以改变红粒料的级配或降低液塑限,但对强度产生

负面影响的时候,我们可以考虑加入适当的水泥(见表 4)^[3]。

由表 4 红土粒料试验段结果可知,单掺水泥后对红土粒料的强度的增加是明显的,并且使得红土粒料失去了塑性,但其 9.5-0.425 mm 的通过率偏低,不能满足规范要求,在前期施工完后 3 天内并无裂缝,但 7 天以后出现了裂缝,且裂缝持续发展。结合本地红土粒料的性质,水泥掺量在 4% 以上,裂缝不可避免,很难有效治理。①原因是水泥水化过程中结晶产生的不均匀内应力导致基层开裂;②高温天气的影响,热带雨林地区旱季中午 9 点以后气温迅速飙升至 30℃ 以上,蒸发剧

表 4 红土粒料添加水泥后的部分试验结果(红土粒料 + 4% 水泥试验段)

| 里程 | 筛孔 (mm) | | | | | 界限含水率 | | |
|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----------|
| | 9.5 | 4.75 | 2 | 0.425 | 0.075 | 液限 | 塑限 | CBR (95%) |
| K0 + 118 | 77.9 | 43.92 | 34.38 | 23.68 | 11.67 | NP | NP | > 100 |
| K0 + 290 | 82 | 52.45 | 37.96 | 26.79 | 15.73 | NP | NP | > 100 |
| K1 + 298 | 79.1 | 44.24 | 35.35 | 27.99 | 20.61 | NP | NP | > 100 |
| K1 + 942 | 85.3 | 56.22 | 39.96 | 21.51 | 16.68 | NP | NP | > 100 |
| K2 + 050 | 77.7 | 47.37 | 36.31 | 20.16 | 7.36 | NP | NP | > 100 |
| K2 + 314 | 79.2 | 47.33 | 34.35 | 20.63 | 8.68 | NP | NP | > 100- |
| K2 + 600 | 78.7 | 43.98 | 32.65 | 19.4 | 12.13 | NP | NP | > 100- |
| K2 + 875 | 82.8 | 48.08 | 36.35 | 29.6 | 13.94 | NP | NP | > 100- |

烈，碾压完成的填筑层表层失水，黏结力下降导致裂缝产生。因此单掺水泥的方案虽然提高了材料的强度，使基层材料失去了塑性，但增加了基层的病害。至此，为改变红土粒料的特性，我们添加天然河砂与少量的碎石，河砂的级配正好填充了材料 9.5 ~ 0.425 mm 的部分，相对降低了材料的细粒成分，同时又减低材料液塑限。同时添加河砂也减小了红土粒料之间的摩擦力，更易于现场碾压密实。添加级配碎石，使得材料形成骨架作用，增加材料的强度。室内试验结果统计如表 5、表 6 所示。

由以上表 5、表 6 可见：无论哪种规格的碎石，单掺还是多掺，均能够提升材料的 CBR 值，并且满足规范要求，河

砂的掺量在 15% 附近时，材料的液塑限均符合规范要求，随着碎石规格的变化，红土粒料与碎石的比例在发生关联变化，但总体上材料的比例是 ≥50% 的，所以此种方案是可行的。

7 其他说明

由于以上所有相关试验在过程当中材料的膨胀量均未超标，故在此文中未列出其试验结果。

碎石的级配因生产设备筛孔的尺寸选择不同，只列出了其粒径尺寸，未列出其筛分结果，有影响的仅是与红土粒料的相对比例，故未列出。

表 5 红土粒料 + 河砂 + 碎石配合比

| 料场 | | K60 | K60 | K60 | K60 |
|--------|------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 掺配比例 P | 红土粒料 | 55 | 57 | 62 | 63 |
| | 河砂 | 16 | 15 | 17 | 15 |
| | 石粉 | 0 | -10% | 0 | 0 |
| | 统料碎石 | 0~31.5 (29%) | 5~37.5 (18%) | 5~37.5 (21%) | 5~25 (22%) |
| 液塑限 | 液限 | 21.41 | 20.36 | 20.17 | 18.65 |
| | 塑限 | 13.63 | 13.48 | 12.6 | 13 |
| | 塑性指数 | 7.78 | 6.88 | 7.57 | 5.65 |
| CBR(%) | 90 | 24.3 | 17.8 | 14.3 | 35.3 |
| | 95 | 112.7 | 93.2 | 100 | 111.5 |
| | 100 | 148.7 | 124.5 | 129.3 | 124.9 |
| 级配 | | C | C | C | C |

表 6 红土粒料 + 河砂 + 石粉 + 碎石配合比

| 料场 | | K6 | K6 | K6 | K6 | K6 | K6 | K6 |
|--------|-------|-------------|------------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------|
| 掺配比例 P | 红土粒料 | 60 | 60 | 55 | 55 | 60 | 54 | 60 |
| | 河砂 | 15 | 17 | 16 | 15 | 15 | 16 | 17 |
| | 石粉 | 0 | 0 | 0 | 10% | 0 | 0 | 0 |
| | 统料碎石1 | 0 | 0 | 5~37.5 (29%) | 5~37.5 (20%) | 0 | 0~31.5 (30%) | 5~25 (23%) |
| | 碎石2 | 0 | 5~10 (7%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 碎石3 | 10~20 (10%) | 10~20 (8%) | 0 | 0 | 10~20 (10%) | 0 | 0 |
| | 碎石4 | 20~40 (15%) | 20~40 (8%) | 0 | 0 | 20~40 (15%) | 0 | 0 |
| 液塑限 | 液限 | 18.56 | 17.85 | 19.94 | 17.07 | 24.87 | 22.34 | 19.54 |
| | 塑限 | 12.58 | 13.71 | 13.78 | 11.88 | 17.96 | 14.67 | 13.66 |
| | 塑性指数 | 5.98 | 4.14 | 6.16 | 5.19 | 6.91 | 7.68 | 5.89 |
| CBR(%) | 90 | 30.1 | 34.9 | 27.9 | 17.3 | 33.7 | 19 | 34.8 |
| | 95 | 136.5 | 110.8 | 113.4 | 101 | 123.3 | 99.7 | 99.6 |
| | 100 | 166.4 | 134.7 | 136.6 | 136.9 | 139.4 | 142.5 | 116.6 |
| 级配 | | A | C | C | C | C | C | C |

8 结语

红土粒料基层病害与其材料的特性，所处环境、温度变化关系密切，在改良过后用于现场施工，易于过程控制、碾压密实，经过雨季后的裂缝减少都较之前都大有改观，工后病害减少甚至消失。

红土粒料基层的病害的出现也与施工工艺、养护方式、临时荷载等无不相关。

参考文献

- [1] 邵作胜,郑德龙.春季林业有害生物防治措施[J].绿色科技,2019(15):240-241.
- [2] 德利努尔·马合司提汗.林业主要病虫害的发生原因与防治对策[J].农业与技术,2018,38(5):82-83.
- [3] 孙洪玲.提高林业病害防治工作及其管理的措施[J].江西农业,2016(13):92.