

# 高寒湿地段软基处治施工技术

何金宝

中交一局第一工程有限公司

**摘要:**中国高寒地区湿地丰富,由于经济发展和国防需要,一些公路必须穿过湿地,湿地的土壤表面覆盖着软黏土,必须经过处理后才能修建地基,处理高寒湿地路基需要考虑的问题更为复杂,必须及时进行处理。软土方法在我国建设中很常见,这主要取决于具体的地理环境。我国的地理环境相对复杂,尤其是在高山地区,施工尤为困难,因此要制定合理的计划以及进行严格的分析。

**关键词:**高寒湿地段;软基处治;施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.20.051

高寒湿地的特征通常是具有平坦的地形,缓慢的水流,排水不畅,与此同时由于温度低,冻结土壤很多,阻止了水流下流,导致地表湿度过高,从而形成大型湿地,高山地区湿地的季节性冻结和碱性融化交替发生。公路修建时不仅湿地被堵塞,而且生态状况恶化,还要保证道路的使用免受季节性霜冻的影响。

## 一、高寒湿地段软基的成因

我国大部分施工所在地通常属于高原地貌。地下水根据水生环境和灌注条件,分为松散岩类孔隙水、中生界火山岩-火山碎屑岩裂隙水、岛状多年冻土层承压水等,土壤主要由粉质黏土和砾石组成。在长时间降雨中,地基长时间处于饱水状态,这意味着大量软土需要特殊处理。由于长期洪水,平台土壤基本上是流动的,山顶上挖掘的土壤又会流入沟渠。

## 二、高寒湿地段软基的判定

### (一)天然含水量

由于挖沟期间长时间浸没在雨水中,基质土壤的含水量达到饱和,自然含水量主要在40%至50%之间,通常高于液体中的液限含水量,主要是流动状态。自然结构变化非常敏感,结构和强度在被力破坏后可以自动恢复,具有触变性。

### (二)液塑限

《道路施工技术规范JTGF10-2006》规定,液限大于50%,塑性指数大于26,含水量不适合直接填充,细粒土不能直接用作半填充材料;使用时,必须采取相关技术措施,尤其对于液体限值高的黏土。一些材料指出,液体极限高的土壤不易压实,压实后土压缩性甚至更大,具有明显的软化效果。

### (三)地基承载力试验

在压力作用下,地基发生变形。基地的变形随着荷载的增加而逐渐增加。在初始应力阶段,应力处于弹性平衡,具有安全的承载能力。当荷载增加到基材上的一点或平面方向上的区域、剪切应力的每个点达到土壤剪切强度时,其剪切应力增加。该点或区域在极限平衡

状态下受到剪切干扰,其中土壤应力重新分布。地基在小面积内的最大平衡可以恢复到弹性平衡,并且基板仍然可以稳定,同时保持安全的承载能力。但此时,地基变形稍大,计算变形值不能超过容许值,当荷载继续增加时,基础出现较大的塑性区域,表明基础承载能力不足,稳定性损失,此时基础达到极限承载能力,施工现场通过静力触探仪,可以测试地基承载能力,更换允许承载能力高于项目规定的基础。

## 三、高寒湿地段软基的处理原则

根据工程地质勘察的沿线不良地质的种类、分布段落长度、厚度、地基土层性状等,对地下层的性质,根据不同的岩土条件,确定了不良地基的处理方案,结合之前的施工经验和研究结果。对于永久冻土厚度低或矿山深度低的区域,采取更换或预埋方案。在厚而深的永久冻土区域,采用保护永久冻土的处理程序,控制熔化速度。软弱地基应遵循“适应当地条件,彻底、经济合理处理”的政策,采取相应处理措施。

## 四、现有高寒湿地段软基处理方法存在的问题

(一)高寒湿地段软基未能因地制宜合理选用处理方法

在决定软基处理方案时,通常不会根据不同地区的差异来采取处理方式,而是选择当地传统的处理方法,经过多次比较,选择最佳选择,有时还存在一定的盲目性,虽然工程问题有时得到解决,但成本高,施工时间更长。

(二)高寒湿地段软基设计阶段地勘资料不能真实反映施工现场情况

由于道路属于线性结构且在修建时有复杂多变的地质条件,地质勘探设计阶段随机分布具有有限性,使得很难反映现场的实际地质条件,特别是位于森林的地区,表面厚且地下水位高,地质变化非常复杂。

## 五、高寒湿地段软基处治处理方法

### (一)高寒湿地段软弱地基

软弱地基应遵循“适应当地条件,合理治理”的政策。结合埋在3.0米以下的软土项目,挖除换填砂砾的处治措施。一些地区地表水和地下水非常丰富。开挖软土和砾石层后,基底为50厘米厚的砾石。砾石的上表面填充冲击碾压,密封砾石层的上表面应填充并密封一层砾石。换填压实后,将土工格栅铺设在原始土壤上。土工格栅采用单向拉伸土工格栅,设计抗拉强度 $\geq 60\text{kN/m}$ ,极限伸长率为20%,宽度 $> 2.0\text{m}$ ,层压宽度 $\geq 20\text{cm}$ 。

### (二)高寒湿地段多年冻土

根据区域永久冻土的结构特征,确保永久冻土区域道路的稳定性和可靠性,取决于平面分布和环境条件,对于永久冻土不同的技术地质条件,结合永久冻土项目

的特征,计算永久冻土区每个永久冻土区域的最小临界高度 $h$ 和最大连接高度,采取适当的处理措施<sup>[1]</sup>。

(1) 高寒湿地段多年冻土挖除换填

对于厚度和深度小于3.0米的永久冻土,有必要挖掘和更换碎石。一些地区地表水和地下水非常丰富。挖掘软土和碎石层,基底可填充50厘米厚的碎石,碎石的上表面可通过冲击研磨方法固定和密封。冲击密封后,用碎石填充碎石层的上部,并用碎石密封。更换密封件后,将土工格栅铺设在原始地板上。

(2) 高寒湿地段多年冻土预融冻土、强夯

对于冻土厚度和深度为3.0~5.0米的永久冻土,在初冬或春季解冻之前,为了挖掘表面物质并加速吸热,应铺设塑料薄膜。也就是说,永久冻土融化后破碎的石头必须密封。因此,解冻的永久冻土层可以固定和密封。夯锤压实设计重量15吨,底座直径2.26米,压实点间距5.6米。工程分3遍夯实,第一和第二是点夯,一次夯击能2250kJ(落差15米);第三个完全密封,锤子和拉伸连接在一起。主锤的能量为1200kJ。单点击数:第一、二遍单点为8击,第三遍为2击,点夯收锤标准。最后两击夯沉量 $>5\text{cm}$ ,夯点击数 $<4$ 击,每个密封点符合设计要求,用推土机密封坑,然后进行以下工作,压实后用推土机压平,用50cm厚的砾石过渡层压实砾石,铺设土工格栅,提高道路的整体强度和稳定性,改善道路平整度。以减少不良沉降。土工格栅为单面拉伸土工格栅,设计抗拉强度必须大于60kN/m,2%抗拉强度必须大于15kN/m、5%抗拉强度大于29kN/m、弹性伸长率必须大于12%,宽度必须大于2m。板宽不小于20cm的夹紧接头用薄尼龙绳锯齿连接。

(3) 高寒湿地段多年冻土保护冻土

对于埋在5米以上的富冰、饱冰永久冻土区域,应采用“永久冻土保护和控制融化速度”的原则。路堤的选择应在不稳定溶解期开始时进行。土壤受到低强度的太阳辐射,在填充路面时不容易储存大量热量。放热后的冻土上限上移,路基和多年冻土层便连结为一体,不形成溶解中心,施工后降雨量最小化。7月和8月是最好的施工时期,但不要一次填满,在此期间温度较高,回填容易积累大量热量,冬季热量不能迅速释放,中间融土核时不能进入回填,因为不利于平台稳定性,应采取土工格栅等加固措施加固堤坝,当路堤高度不对应于永久冻土保护上限的最小高度时,可安装保温材料。

1) 土壤回填高度 $\geq 2.6\text{m}$ ,当平台表面为较好的土壤时,如碎石、粉质黏土等,应安装填石气冷路基。也就是说,在清渣待填充的基层后,用20cm碎石层、80cm碎石层,防水黏土布、土工格栅和30cm碎石过渡层,每层进行密封。

2) 路基高度为 $1.6 \leq H < 2.6\text{m}$ 的路段,其平台表面覆盖具有更好地质条件的土壤层,如砾石和粉质黏土,其基础填充有砾石(砾石埋深:过渡路段中与低埋土相连的埋深为1.5m);在其他地方,填充深度为1m),砾石板顶部的土工格栅填充有30cm的砾石过渡层;道路两侧坡道上的隔离格栅,填充前进行清理;基底软弱土层清

挖土方填筑的保温护道,用于填充碎石顶部的土工格栅和30cm碎石过渡层。堤坝斜坡脚下的路堤高度:0.8m,当堤坝高度为3m时,路堤高度为1m至3m<sup>[2]</sup>。

3) 在低填及挖方路段,土堆高度 $< 1.6\text{m}$ ,计划深挖至距离路面标记4.5m,应密封1.2m厚砾石的填缝层。防水土工布铺设在砾石层上方,密封在砾石基底上方。如果设计覆盖标志达到永久冻土下限 $< 4.5\text{m}$ ,则必须完全开挖。

六、常用的软基处理方法

应尽快进行软基处理,只有在软基达到足够的沉降稳定间隔后,才能开始填充施工。

(一) 挖除换填法

挖除换填法不能满足设计要求,回填软土、碎石、矿渣等压缩比低,渗透性好,材料易于压实为支撑层,形成人造基底,其优点包括:价格低,施工技术简单,适用于软土埋深浅、提取量小的土方工程。

(二) 抛石挤淤法

由于基质含水量过多,土壤处于流动状态,难以清洁和运输,可以采用抛石挤淤,将一定量的石头和颗粒抛入待处理的土壤中,将沉积物或污垢从原基础中排出,达到加固地基的目的。将不易分化的石料(一般在30cm以上)倒入处理过的路基中,排放方向由软地下层的横向坡度决定,最后铺设防水层,施工方法简单,投资低,经常用于处理移流塑态的淤泥或淤泥质土地基。

(三) 砂垫层

砂垫层用的是一种相对较薄的沙子,积聚在软土的顶部。其主要功能是为软土上部增加排水。这样,在填充过程中,软土随着负荷的增加而漂移和固定,渗透水从砂中排出。该方法是实用的,但在铺设砂垫时,要注意以下几点(1)注意防止砂垫层堵塞,铺设过程中,可能会出现小污垢,对于这种现象,必须对砂进行处理,特别是采用端部处理的方式,可以用片石护砌来进行保护。(2)确保道路使用过程中砂的连续性和完整性。(3)为了尽可能顺利地使砂垫层排水,必须使用防水建筑材料。所有这些对于要素对道路的正常使用寿命至关重要。我们必须注意具体的处理方法,这也是项目建设的关键,本文中介绍的国道K1241+200-K1241+800路段是草甸湿地段落,土堆约1.5米高,地下水位相对较高,在这种情况下,可以用砂垫加固软土,铺设30厘米厚的砾石层,堆积应控制在2米以内。从投入的角度来看,部分没有发生沉降,道路平整性良好<sup>[3]</sup>。

(四) 土工织物加强法

使用土工织物加强法的第一步是制作土工织物,在这个过程中,我们需要将聚合物原料制作成丝、短纤维、纱,然后将其转化为土工织物,这种方法的优点是重量轻、整体连续性高、结构简单、抗拉强度高、耐腐蚀性强。土工格栅是土工布加固方法中重要的土工合成材料,其性能和效率相对较高。在软土表面铺设土工布的目的是实现其过滤、排水、隔热和加固功能。

(五) 沉降处理法

一般来说,在基底稳定后,必须填满地面,如江苏

高速公路, 预压缩路段可以等待不到5mm的两个月才能卸下, 但由于各种因素, 基底难以实现短期稳定性, 此时施工组织用对此进行处理。接下来, 简要分析两种堆处理技术, 第一种是用石灰岩土壤填充路面中间, 在实践中, 必须严格按照标准工艺控制石灰与优质土壤的比例, 在填充前完全搅拌后回填和压碎, 石灰与土壤发生化学反应, 从而固化土壤, 增强其强度, 达到道路加固效果, 提高道路完整性, 加工量也相应增加, 抗不均匀堆积的能力也相应提高, 其次, 工后修补技术对施工有严格要求, 同时对高速软土施工进行修复和工程后改进工作, 在地基稳定性的情况下, 施工后对路基和路面进行合理修复, 不均匀沉降的情况要及时得到控制, 使施工项目符合实际需要, 实现高速质量安全<sup>[4]</sup>。

#### (六) 强夯法

强夯法是将一定质量的夯锤提升到6~30米的高度, 夯锤自由下落, 压实地面, 可分为点和表面, 我们使用的方法是先点夯, 梅花形布点, 然后在低基础上铺设砾石桩, 处理深度为1.8~3米, 压实点之间的距离为1.5米, 每次压实及时填满坑中的碎石, 连续两次倾析密封后, 除非设计值, 否则在此点停止密封; 区域完全封闭后, 用1米厚的碎石填充整个区域, 整个区域密封, 压实土壤的孔隙率被压缩。同时, 压实点周围的裂缝提供了方便的孔隙水通道, 帮助土壤固化, 提高了土壤承载能力。压实方法适用于不同的地基, 粉土、泥炭、杂填土<sup>[5]</sup>。

#### (七) 开挖换土法

开挖换土法是通过挖掘机或手动方法开挖和替换土壤的技术, 需要更换碎石、高强度砂, 必须保证这些材料的渗透性, 否则会出现一些质量问题, 软土中的水不能干燥, 填充后必须压实层压, 由于软土位置水位高, 开挖工作会变得困难, 需要使用挖掘机或手动挖掘, 在换土过程中深度不能超过2.0m, 施工时要注意以下几点: (1) 选择良好的填料。由于软土中地下水含量高, 合适的填料可防止水上升和道路损坏, 避免出现损坏, 提供足够的稳定性和道路流量; (2) 开挖坡度应根据开挖深度和土壤剪切强度确定, 防止施工过程中出现坍塌, 增加工程量和不必要的消耗, 建议根据实际情况选择1: 0.2的垂直坡度。(3) 在进行堤坝更换工程时, 应避免雨季, 以免增加工程成本。因为在堤坝更换工程中, 雨水淹没的基础无法达到平台设计的强度。走廊K1090至K1150位于森林中, 由于大多数为低海拔湿地等, 采用此方法进行软土换填处理。在建成并开放使用后的3年内, 没有发现沉降等情况吗, 测试结果符合设计要求<sup>[6]</sup>。

#### (八) 土工合成材料加筋加固法

在这种方法中, 土工合成材料可以铺设在平台表面, 以便荷载均匀分布在平台上。当地基可能被塑性剪切破坏时, 土工合成材料可以起到防止表面破坏的作用, 从而增加地基的承载能力。土工合成材料和基底之间的相互摩擦将限制地基的横向变形, 从而提高道路稳

定性。

#### (九) 挤密砂桩方法

压实砂桩施工的关键技术是通过振动沉管设备将优质砂料强行打入软土层, 形成密集的桩-土结构, 从而增加软土地基的密实度, 减少沉降, 是目前软基处理施工中常用的一种可行方法。压实砂桩加固路基的机理通常体现在位移、压实、排水等方面。其中, 位移体现在砂桩机将砂料压入软土路基, 取代原断面的软土层, 形成密实地基, 提高软土路基承载能力。压实作用体现在成桩过程中桩身对周围土体产生的侧向挤压力, 使土体重新排列、压实, 从而达到加固软基的目的。排水表现为压实砂桩形成后在路基中形成垂直排水路径, 缩短了路基中的排水路径, 加速了软基的排水固结, 有利于地基更加稳定。

#### (十) 挖淤换填方法

挖淤换填技术建筑工程施工中常用的基础处理技术, 由于一些施工作业环境地质条件不佳、土质软弱, 为了保证工程质量, 需要采用挖淤换填的方式进行基础处理。碾压施工是其挖淤换填施工的具体内容, 在此过程中, 通过强化项目施工管理, 优化施工技术措施, 严格控制施工进度, 加强项目安全管理, 改进雨季施工作业, 能够确保更为高效的应用该项施工工艺, 有效提升现场施工效率和施工质量, 使其整体施工具有更高的经济效益, 社会效益和环保效益, 推进我国公路工程的发展。

### 七、结语

在高山地区, 由于冬季和春季气候寒冷出现大量冻土, 道路经常结冰。结冰的主要原因是路面表面过度积水。在土壤质量相同的自然因素中, 温度和湿度是影响道路和路面材料物理机械性能的两个主要因素, 路面和土壤材料的硬度和体积取决于路面系统的温度和湿度。

#### 参考文献

- [1] 明锋, 武立波, 祁伟, 牛富俊. 换填法在处置高寒沟谷区软基中的应用[J]. 公路, 2015, 60(12): 15-24.
- [2] 侯仰慕. 高寒季冻区盐渍土软基筑路处理技术研究. 内蒙古自治区, 省道201线海拉尔至阿木古郎公路项目建设管理办公室, 2014-09-05.
- [3] 郝利生. 高寒地区下湿地软基强夯处理技术的应用[J]. 山西建筑, 2011, 37(22): 59-61.
- [4] 郑建国. 抛石强夯加冲击碾压处理高寒湿地公路软基技术[C]//《施工技术》杂志社, 宁波市土木建筑学会, 浙江省二建建设集团有限公司, 宁波建工股份有限公司. 第二届全国地下、水下工程技术交流会论文集. 第二届全国地下, 2011: 365-367.
- [5] 王宏祥. 高寒湿地公路软基处理新方法机理研究[D]. 天津大学, 2009.
- [6] 辛长国. 高寒湿地公路软基处治技术研究. 内蒙古自治区, 内蒙古自治区海满公路建设管理办公室, 2008-05-01.