

Improvement of Filling Technology Research for High Liquid Limit Soil Bed

Gao WANG

School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: There are a series of problems when high liquid limit soil is directly used as subgrade filling. For example the compaction difficulty and poor water stability are of these kinds of problems. Aiming at problems will occur at the process of filling the roadbed, some tests are carried out to study the compaction, water content, California bearing ratio of high liquid limit soil and the study of intensity attenuation is included. These tests are carried out to mimic the process of construction. According to the results we can find out that there will have a lot of problems when the high liquid limit soil is directly used as the subgrade filing. In view of these problems, I put up a method to solve these problems. The proposition is that high liquid limit soil can be directly used as the road bed filling and some problems can be solved by modifying high liquid limit soil with sand. The properties of high liquid limit soil can be greatly improved by using this kind of method and these problems will not occur any more. In addition to these results, I consult the related documents for further study on high liquid limit soil. The results of these documents are concurred with what I have found and the method I proposed are in line with what they have proposed. The results show that the properties of high liquid limit soil can be greatly improved by modifying it with sand. After modifying with sand, it can be directly used in upper and lower embankment. Regions which are full of this kind of soil can benefit a lot by using this method in the process of construction and the quality of the project can be improved easily.

Keywords: Road engineering; High liquid limit soil; Subgrade filling; California bearing ratio; Improved by sand

高液限土路基填筑方案改良研究

王 告

重庆交通大学, 土木工程学院, 重庆, 中国, 400074

摘 要: 高液限土在用于路基填筑时会出现一系列的难题, 如水稳定性差、压实困难等。本文针对高液限土在实际路基填筑过程中会出现的问题, 通过加州承载比试验、碾压试验等研究高液限土的压实度、含水率、加州承载比大小和使用过程中强度的衰减等方面出现的问题。通过对结果的分析, 可以得出高液限土直接用于路基填筑时所出现的一系列问题, 针对高液限土的这些问题, 本文提出了改良高液限土用于路基填筑的办法, 即通过对高液限土进行掺砂从而改良其用于路基填筑的性质, 使得掺砂改良后的高液限土可以直接用于填筑路基而不会出现之前的一系列问题。针对这一改良方法, 通过试验及查阅相关文献资料, 对改良前后高液限土的一系列性质进行对比分析, 得出了掺砂改良后的高液限土具有很好的性质, 可以直接用于路基底基层和路堤的填筑。这一方法有效的解决了高液限土分布地区路基填筑这一难题, 从而可以当地取材, 降低工程造价, 提高工程的质量。

关键词: 道路工程; 高液限土; 路基填筑; 加州承载比; 掺砂改良土

1 引言

高液限土在我国华南等山地丘陵地带广泛分布, 随着经济的发展, 我国高速公路的建设速度加快, 并且建设区域也从开始的沿海平原地带逐步向丘陵山地推进。在丘陵、山地一带建设道路就会遇到一系列的技术难题, 这其中就要克服高液限土的不良性质, 解

决由于高液限土的不良性质所带来的一系列施工、质量保证难题。高液限土中一般包含相当多的蒙脱石、伊利石、高岭石等黏土成分。其中高岭石是由颗粒极细的含水硅酸盐构成的矿物质, 晶体之间主要依靠微弱的范德华力而结合在一起, 水分极易进入晶胞之间发生作用使之膨胀变形; 伊利石所具有的亲水性、膨胀收缩性不如蒙脱石, 是一种很不稳定的中间产物,

晶胞之间联结力很强，它的亲水性和膨胀性比前两种矿物都要小。因为矿物组成成分的一系列性质，因此高液限土具有天然含水率高并且远大于最佳含水率；保水性强，自然状态下难以降低其含水率；强度低，水稳定性差等一系列不良的工程特性。这些性质也就给用高液限土填筑的路基带来了一定的危害，设计施工阶段处理不好，将会给工程运营带来极大的危害。用未经处理过的高液限土直接填筑路基会产生以下危害：路基的不均匀沉降、开裂、滑坡、压实不足等一系列工程问题^[1]。针对这些问题，国内外的很多研究人员都进行了一系列的科学研究。目前将高液限土作为路基填料通常对填料的处理方法有以下几种：隔水防护法、改善颗粒级配、改良施工方法及工艺、掺加无机结合料、掺加化学改良剂等一系列改进方法，这些方法都有各自的优缺点^[2]。如程涛等人通过对干湿循环下高液限土的力学特性方面的研究，提出了通过改善颗粒级配和控制干湿循环次数来改善高液限土用于路基填筑时的不良特性^[3]。但是该方法只是提出通过掺砂来改良高液限土的性质并没有给出具体的掺砂比例参考值，所以不具有推广应用价值；李方华教授通过研究、试验给出了改善高液限土性质的最佳掺砂比例^[4-5]，但是也仅仅给出了高液限土填筑路基是 CBR 值随着掺砂比例的变化，并没有考虑路基填筑施工完成后其强度衰减的变化情况。曾荣国等提出的通过在土中掺加一定量的氯化钙、明胶等化学成分来依次提高土的内摩擦角、粘结力来提高抗剪强度值，从而提高土的抗剪强度^[6]。但是该方法需要大量的氯化钙和明胶，并且改变了土的化学成分，可能会对沿线的生态造成破坏以及给后期土的治理带来困难；朱冬梅教授从施工方面进行研究，以期避免高液限土用于路基填筑所带来的一些列问题^[7]。戴良军教授也提出了在高液限土中掺砂 20% 来改善高液限土用于填筑路基的不良特性^[8]。但是也仅仅考虑了从掺砂改良这一个方面来提高 CBR 值，也有一定的不足。CBR 值是用来评价高液限土改良效果的因素之一，加州承载比试验是用来评价填筑材料承载能力的一种常用的考量方法。但是除此之外还应该考虑填料施工时的压实度大小，压实度则表现土体被碾压过程中达到的密实程度。压实度越大，则单位体积内土体含有的土颗粒就会越多，颗粒之间的距离就会越小，土颗粒间的联结力相对来说就会有所增大，从而使高液限土的压实度达到优良路基填筑土填筑水平，提高填筑质量^[9]。

针对以上研究成果的不足之处，通过查阅相关文献资料，综合分析相关人员的研究成果，提出了一种新的改良高液限土作为路基填土的施工方案，确定最佳掺砂率的同时，改善施工工艺。传统压实工艺设计方法，通过试验研究土在压实时的 CBR 值随含水率的变化规律，以获得路基土在施工期间最大的干密度为目标，但是并没有考虑到在使用阶段，所出现的含水率增加到平衡含水率并且由此引发的胀缩现象的出现^[10]。所以本文压实工艺设计方法不再以压实时最大干密度所对应的含水率为压实施工的控制含水率，而是以压实时 CBR 值最大时所对应的含水率值做为施工时路基压实所控制的含水率，该含水率值稍稍大于最佳含水率值，且与后期所达到的平衡含水率相接近。后期路基含水率的增加将不会过于明显，从而由于后期使用阶段含水率增加所引发的的膨胀变形也就会很轻微，不会对工程造成严重的危害，较好的解决了高液限土用于路基填筑所遇到的一系列难题。以下对所提出的新思路，新方法进行验证。

2 新方法的验证

2.1 通过改变填料的级配（掺砂）后高液限土工程特性的变化研究

2.1.1 试验材料的准备

在高液限土的广泛分布的地区，选取有代表性的高液限土，取土及运输过程中应注意尽量不要对土体造成破坏。

2.1.2 试验所需试件的制备方法

设计试验时应该制备两种不同的试件若干个，一类试件是不掺加砂的由原状土直接通过试件的制备流程制成的若干个试件。另外一类是具有对比作用的试件，即掺加不同含量的砂所制成若干个试件，由此与直接由高液限土制成的试件形成对比，然后通过对比分析试验结果得出的一系列结论。为了防止试验过程出现的偶然误差以及进行更好的数据拟合分析，在研究掺砂量对高液限土性质改良影响时可以制作不同掺砂比例的试件供研究分析使用，可以向其中加入 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40% 的砂进行试件的制备。为了方便试验，将两类不同的试件记为试件 1（不掺砂试件）、试件 2（掺砂试件）。试件的制备过程参照宋畅等编著的《土质试验与试验分

析》一书^[11]和《公路土工试验规程》这一国家标准^[12]。在试件制备以及试验过程中应该严格按照这一国家规范进行操作, 试验控制的环境以因素及试验的操作流程都应该符合国家规范。如果未按照严格操作规范得出的试件, 则试验的后续工作不得进行, 一旦进行得出的数据也不具有任何使用价值。

2.1.3 设计试验的操作过程及对试验结果的分析

在控制其他因素一定的情况下, 掺砂比试验所要获得的指标是掺砂前、掺砂后试件在最佳含水率条件下所得到的 CBR 峰值大小。然后在单独分析试件 2 条件下不同掺砂比例试件所获得的 CBR 峰值大小, 最后进行比较分析不同掺砂比例条件下对高液限土改良程度大小, 从而得到最佳掺砂比例, 为高液限土改良之后用于路基填筑提供一定的指导。CBR 试验过程参考试验教程^[11]。

参考相关的文献资料, 对试验结果进行分析可知^[8], 得到如下结论: ①高液限土通过掺砂改良后, 其工程特性得到明显的改善, CBR 峰值得到显著地提高, 用于路基填筑时可以有效改善高液限土直接用于路基填筑时所出现的一系列问题; ②根据试件 2 结果通过对比分析可知, 不同掺砂比例对高液限土的改良影响程度不同。最终得出掺砂比例为 20% 的高液限土的性质得到了很大程度的改良, 原先所出现的问题得到了不同程度的避免。这一结果的发现可以更好地应用于路基填筑施工, 对提高高液限土路基填筑施工质量的提升具有一定的指导意义。

2.2 通过改善施工工艺 (控制压实时含水率) 改善高液限土的工程特性

传统的压实控制含水率为最大干密度情况下的最优含水率, 该种施工工艺有其不足之处。在最佳含水率条件下可以使路基的压实度很容易达到规范的要求, 但是并未考虑到在后期的使用阶段, 含水率会随着时间的增加而有所增加, 最终达到土的平衡含水率^[10], 含水率的增加会引起高液限土的胀缩现象的出现。本文提出的改善方案是压实时含水量控制在 CBR 峰值对应的含水率, 该含水率略大于土体压实时的最佳含水率值, 同时与后面所达到的平衡含水率接近, 该种施工工艺可以有效的控制后期路基含水率不发生较大幅度的变化, 有效避免高液限土胀缩现象的出现。针对这一方案, 通过合理设计试验方案, 在

条件允许的情况下进行以下的试验, 并对得出的实验结果进行分析, 验证该种方案的可行性。

2.2.1 试验材料的准备

在高液限土的广泛分布的地区, 选取有代表性的高液限土, 取土及运输过程中应注意尽量不要对土体造成严重的破坏。

2.2.2 试验所需试样的制备

该试验是为了得到在不同含水率下进行路基填筑压实所得到的压实度以及后期使用过程中, 改良高液限土路基的膨胀变形随着含水率的变化规律。进行试件制备时, 首先对高液限土样进行掺加 20% 砂的基础上, 制作不同含水率的试件, 含水率可控制在最优含水率值的上下浮动。如设计试验时可以制作含水率分别为最佳含水率减 6%、最佳含水率减 4%、最佳含水率减 2%、最佳含水率、CBR 值最大时对应的含水率、最佳含水率加 2%、最佳含水率加 4%、最佳含水率加 6% 这样八组试样进行试验, 分别测定其对应的 CBR 值大小。并且在施工完成后测定改良高液限路基土的膨胀变形与路基填筑时控制含水率之间的关系。通过分析相关实验结果可以得出以下结论^[8-10]:

①在工程使用阶段, 路基土体的含水率会从初始压实控制含水率缓慢增加到平衡含水率状态达到稳定; ②改良高液限土路基的膨胀量会随着初始含水率的增加而减小, 初始含水率越高则与平衡含水率之间的差值就越小, 后期的膨胀量就会相对减小 (在初始压实控制含水量不超过平衡含水量的前提下); ③要想控制改良后高液限土路基在使用阶段的膨胀变形量, 使之不过大, 则应该控制压实时含水率尽可能的接近后期所达到的平衡含水率。这样一来后面路基的含水率不会再发生较大的变化, 随之而来的是膨胀变形量也有较大的降低, 工程的使用寿命得到一定的增加; ④因为最佳含水率值小于土的平衡含水率, 所以在雨水等的作用下, 使用阶段路基的含水率会有所增加相应的路基土的膨胀变形量增大。随着变形量的增大, 路基的强度出现衰减。所以传统的路基压实控制的最优含水量并不一定是最合适的路基压实控制含水量。⑤本方案提出的在 CBR 值最大时对应的含水率作为路基压实控制含水率这一新的施工工艺具有一定的使用价值, 是本文一大创新点, 可以作为相关工程的参考。

3 总结

(1) 高液限土具有含水率高、渗透系数低、液限高、塑性指数高、细颗粒含量高、膨胀性大、强度低、水稳定性差等一系列不良的工程特性，所以高液限土不宜直接用于填筑路基。

(2) 在高液限土中掺加一定量的砂可以改善高液限土自身的不良工程特性，并且通过改良后的高液限土可以用于填筑路基，填筑质量得以明显的改善。经过分析试验结果，查阅相关文献资料可以得出掺砂量在 20% 左右的高液限土用于填筑路基时可以很好地避免直接用高液限土填筑路基所出现的一系列问题。

(3) 使用过程中，路基的含水量会随着时间的增加而有所增加，最终达到相对平衡的含水率状态。伴随着含水率的增加，路基土会产生一定的膨胀变形，整体结构强度会有所下降。

(4) 传统的控制最优含水率进行路基填筑压实并不是最佳的施工方法。在 CBR 值最大时所对应的含水率下进行路基填筑压实具有一定的优越性，因为此时的含水率略大于最优含水率，接近平衡含水率。在后续阶段，路基的含水率不会发生较大的变化，从而路基的膨胀量不会超出容许范围，保证了路基结构强度值不出现较大的变化。

(5) 新的填筑方案提出仅在高液限土的基础上做出的假设，对于其他类型土进行路基填筑施工时是否具有同样的作用还有待进一步的研究。

致谢

衷心感谢参考文献中所列出的所有作者，为本次论文的完成提供大量的参考信息，感谢老师和师兄们在我论文写作过程中提供的无私帮助和修改意见，感谢室友和同学在我论文写作过程中给予的鼓励和帮助。今后我会再接再厉，争取写出更好的论文。

References (参考文献)

- [1] Qing Lan, Lianghong Cao, Xin Liu, et al. Technology for subgrade filling of high liquid limit soil[M]. Beijing: China Communication Press 2014: 1-79.
- [2] JTG F10-2006, Technical specifications for construction of highway subgrades[S]. Beijing: China Communication Press, 2006.
- [3] Tao Cheng, Baoning Hong, Jiangtao Cheng. High liquid limit soil mechanics properties under the dry-wet circulation research[J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2013, 45(6): 82-95
- [4] Fanghua Li. Experimental study of optimal proportion of gravel adapted to improve the properties of high liquid limit soil subgrade[J]. Rock and Soil Mechanics, 2010, 31(3): 785-788.
- [5] Tao Cheng, Baoning Hong, Xin Liu, et al. Determination of optimal and content for improving high liquid limit soil[J]. Journal of southwest Jiaotong University, 2012, 47(4): 580-586.
- [6] Rongguo Zeng. The recovery of undisturbed silty clayey soil shear strength test. Subgrade of Engineer, 2016, 23(4): 230-236.
- [7] Dongmei Zhu, Baihong Deng, Baining Hong et al. Test and study on filling improvement programs for high liquid limit soil embankment[J]. Technology of Highway and Transport, 2010, 4(2): 5-10.
- [8] Liangjun Dai, Dayong Zhu. Filling technology research for high liquid limit soil road bed[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2016, 36(1): 44-50.
- [9] DIMITROVAL R S, YANFUL E K. Factors affecting the shear strength of mine tailings/clay mixtures with varying clay content and clay minerology[J]. Engineering Geology, 2012, 125: 11-25.
- [10] Jianlong Zheng, Rui Zhang. Prediction and control method for deformation of highway expensive soil subgrade. China Journal of Highway and Transport, 2015, 28(3): 1-10.
- [11] Chang Song, Shouxi Chai, Pei Wang, et al. Soil test and the test analysis [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 2007: 160-164.
- [12] JTG E40-2007, Test methods of soils for highway engineering[S]. Beijing: China Communication Press.