

Brief Talk on the Application of Light Material Replacement Technology for Lateral Direction Hole of Embankment in Bump at Bridge-Heading Control

Yanming Feng

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: With the rapid economic development of coastal areas in China, local highway construction is also booming. Due to the vertical and horizontal of underground rivers in coastal areas of China, soft soil foundation is widely distributed. The uneven settlement of roadbed occurs continuously in the built operational highway. One of the most typical problems is the bumping at the bridge head. This roadbed disease seriously affects the safety and comfort of vehicles. The bumping caused by vehicles passing through the bumping section at the bridge head will further deepen the uneven settlement of roadbed. In the treatment of soft foundation, the settlement of embankment can be treated by transverse orifice diversion on both sides of embankment and replacement of light soil with air bubbles, which can ensure that the existing highway can maintain the diseased sections without enclosed traffic and reduce the economic losses caused by enclosed traffic due to road construction.

Keywords: Bubble light soil; Embankment lateral pilot hole; Operated highway; Bump at bridge-head; Un-closed traffic

浅谈路堤横向引孔置换轻质材料技术在治理桥头跳车中的应用

冯彦铭

重庆交通大学, 重庆, 400074

摘要: 随着我国沿海地区的经济迅速发展, 当地的公路建设也热火朝天的展开。我国沿海地区因地下河流纵横, 导致软土地基分布广泛。现已建成的运营公路不断的出现路基不均匀沉降问题, 最典型的问题之一就是桥头跳车, 这个路基病害严重影响了车辆行驶的安全性与舒适性, 且车辆经过桥头跳车路段所带来的颠簸会进一步加深路基的不均匀沉降。在对软基处治中, 对路堤两侧进行横向引孔并置换气泡轻质土来处理路堤沉降, 可以保证已运营公路在不封闭交通的情况下对已产生病害的路段进行维护, 减少因道路施工而封闭交通带来的经济损失。

关键词: 气泡轻质土; 路堤横向引孔; 已运营公路; 桥头跳车; 不封闭交通

1 引言

在现阶段对桥头跳车的处治过程中, 可分为路堤建设初期措施和已运营期措施, 其中路堤建设初期的措施较多, 例如: 地基处理、铺设多层土工材料加固路堤、使用膨胀性填筑材料及轻质土材料和设置过渡段柔性搭板等; 交通运营期的措施主要有路面加铺沥青混凝土、路面开挖浇筑深层混凝土搭板、桥头台背引孔注入水泥浆和直接对路基路面进行开挖然后置换轻质材料等方法。以上几种方法除了桥头台背引孔注入水泥浆这个方法外均需要采取封闭交通等临时管制

措施, 这将严重影响已通车的道路运营, 而且桥头台背引孔灌水泥浆的处理深度有限、灌浆质量难以保证。

路堤横向引孔置换轻质材料技术, 相比以上所提及的几种针对已运营公路的桥头跳车处治方案, 拥有不影响施工路面的正常交通运营、轻质换填针对性和灵活性强、处理工后沉降小等特点; 就经济角度而言, 从目前的试验工程对比分析来看, 其综合加固费用要高于开挖换填和路面加铺的费用, 但作为其主要费用的路基引孔费与路基填筑宕渣级配和压实度有很大关系, 因此其经济对比需结合具体处治段落进行分

析。

2 经济技术比较及建议使用范围

目前针对已运营公路桥头跳车问题，广泛采用的处治措施有路面加铺沥青混凝土、路面开挖浇筑深层混凝土搭板、桥头台背引孔注入水泥浆和直接对路基路面进行开挖然后置换轻质材料等方法。其中路面加铺沥青混凝土处理治标不治本，短期解决了桥头跳车问题，但反复的加铺反而会增加桥头路堤的荷载，从而导致总工后沉降的增加，无法从根本上解决桥头跳车问题，而且反复的加铺会使养护费用不断增加。路面开挖浇筑深层混凝土搭板，可在一定程度上减缓路面纵坡变化率的变化，减少因路基与桥台的差异沉降引起的桥头跳车，但是该方法也不能从根本上解决不均匀沉降问题，也就不消除桥头再次跳车的可能性。这两者都是属于短期内“治标不治本”的解决桥台与路基不均匀沉降的方法，无法从根本上解决桥台跳车问题，而且这两种方法都要求已运营的高速公路封闭交通，这将会带来很大的运营压力与不利的社会影响。

路堤横向引孔置换轻质材料技术通过将路堤中原有填筑材料引出并置换容重较低的轻质材料，实现对路堤荷载的减少，从而达到轻质路堤的目的，这将从根本上解决软土地基发生不均匀沉降的问题。部分路基路面开挖置换轻质路堤材料是在轻质材料发展基础上的一种消除桥头跳车的方法，其可以减轻路基荷载，减少及消除软基的沉降，可以从根本上解决桥头跳车的问题，但该方法应在具备部分路面封闭条件下进行，才可保证交通运营的不中断。对于不具备该条件的路段，比如匝道桥头路段等就很难实施该法。相比之下路堤横向引孔置换轻质材料就非常灵活，不受匝

道与主干道的影。对比传统的通过开挖路面路基来置换轻质材料，路堤横向引孔置换轻质材料技术可以保证路基的整体性，进而减少路基路面因开挖而发生的水土流失所导致的路基压缩。路堤横向引孔置换轻质材料技术的主要工程造价为路基横向引孔费用，与之联系的为引孔费用、引孔机械直径和路基宕渣。若建成通车太久远，对路堤宕渣的压实度与级配情况不了解的情况下，建议提高造价，并采用较为保守的引孔直径以保证施工质量与安全。

综合各方面优点，路堤横向引孔置换轻质材料适用于已运营公路，且不方便封闭交通的桥头路堤沉降较大的路段，或者是已通过路面加铺沥青层处治后依然存在桥头跳车问题的路段。

3 设计原理

这种技术是一种保证运营公路正常通车下的处治路堤工后不均匀沉降的方法，其主要特点为小直径成孔，气泡混合轻质土换填，示意图如图 1、图 2 所示。具体方法为：在不影响正常通车情况下，利用引孔设备在路堤两侧进行路堤横向小直径引孔，孔径及孔纵横向间距合理设置，中空螺纹钻杆钻进并向外排出原路基填料，深度应保证至路基填土中心位置，待轻质材料完全凝固后形成轻质路堤，减少路堤对地基的荷载，从而控制工后的剩余沉降量。路堤横向小直径引孔置换轻质材料处治技术的作用机理主要包括如下三点：降低路堤荷载，减小路基压力；在引孔同时对路基进行振动挤密，加快完成路堤压缩过程；在路堤两侧整体浇筑的气泡混合轻质土边坡和横向引孔灌注的气泡混合轻质土组合形成一个加固系统，能有效防止路堤不均匀沉降的发生。

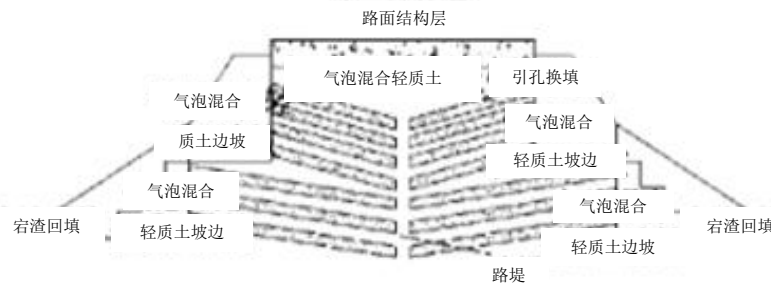


Figure 1. Diagram of subgrade replacement with light soil mixed by lateral orifice and bubble (cross section)

图 1. 横向引孔+气泡混合轻质土置换路基示意图（横断面）

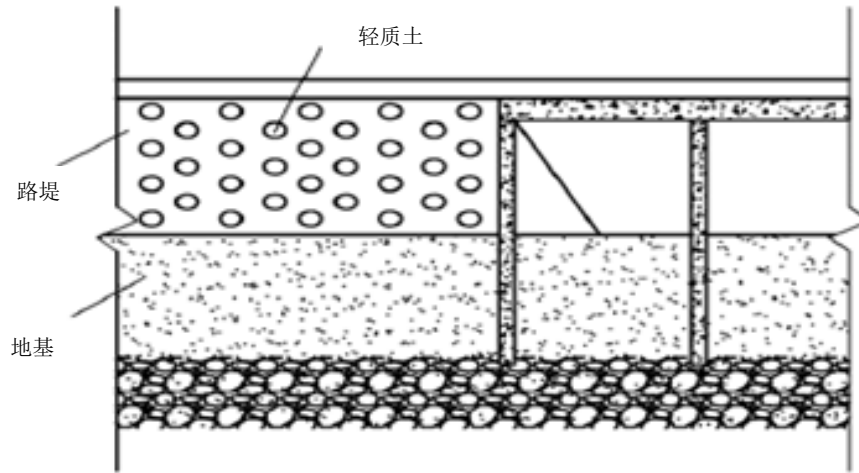


Figure 2. Diagram of subgrade replacement with light soil mixed by lateral orifice and bubble (Longitudinal section)

图 2. 横向引孔+气泡混合轻质土置换路基示意图（纵断面）

4 施工方法及注意事项

首先对路基边坡的开挖与引孔的施工顺序应从上到下进行，对边坡进行阶梯状开挖，挖除的原路基填料可用于填制阶梯状的施工平台，以便于引孔机械的运行。

横向引孔的钻孔顺序应按照从下至上、隔排引孔、间隔引孔的原则进行，且应结合施工图与现场实际情况合理安排布孔，必须保证路基因引孔而导致的稳定性与压缩量在合理的减少范围。特别的，针对部分沉降速率大、处理长度长的路段（>20 米），为了保证因引孔与轻质材料置换后还未凝固达到强度的时间段内路堤的稳定性，应考虑采取分段留土柱法进行施工。即将需处理路段划分为若干段（每小段长度 ≥ 7 米），实行分阶段留土柱法进行成孔换填：即分成 AB 两段，对 A 分段引孔回填时，B 分段不做任何处理[1]。待其注入的轻质材料强度到达中凝后，再对 B 分段进行处理施工。此法可有效减少处理段落过长导致施工期处理中部路堤沉降过大。

引孔机械在施工时应保证引孔在竖向平面上有一定的倾斜角度（ $\geq 10^\circ$ ），以保证轻质材料的完全充填。且设置每一横排的孔洞中，其钻孔角度应当一致，以防止相邻钻孔的互相干扰，从而影响整体的置

换效果。

在施工时应注意引孔区域与路面结构的距离控制，引孔区域的边界位置应至少与路面结构层保持 30cm 的距离，以保证施工不对路面结构层产生影响。孔与孔之间的横向距离应保证至少 30 公分以上，保证每个引孔的安全。

引孔时应采用中空螺纹钻杆，在钻入过程中排除填土。钻孔达到指定深度后，缓慢向外拔出螺纹钻杆，并同时向孔内泵送轻质材料。

所有钻孔都注浆完毕后，使用同一轻质材料浇筑边坡，应按设计放坡比例分阶梯状浇筑。浇筑顺序需在路堤上半部完成后，进行边坡浇筑；待路堤下半部完成后，再整体浇筑并调坡，边坡覆土并种植景观植物[2]。

应注意在雨中禁止施工，防治因雨水渗流而导致的成孔坍塌和边坡滑坡。

5 工程实例及效果

5.1 工程试验段土层情况

浙江省某高速公路，大部分路段都位于强度低，压缩量较高，含水量高的软土地基。其试验路段选取为某一匝道，其土层参数如下表所示。

Table 1. Soil parameters of test section

表 1. 试验段土层参数

土层名称	厚度/m	含水量/%	天然密度 /g · cm-3	初始孔隙比	压缩模量 /MPa	压缩系数 /MPa-1	有效粘聚力/kPa	有效内摩擦 /(°)
粉质粘土	1.2	22.7	1.95	0.64	7.24	0.22	45.00	15.20
淤泥质粘土	10.4	51.5	1.70	1.4	2.91	0.83	32.50	20.30
粘土	11.2	30.7	1.90	0.86	5.89	0.32	30.30	23.90
细沙夹层	0.4	24.5	1.98	0.7	16.81	0.10	-	-
粉质粘土	3.9	23.4	1.99	0.68	10.93	0.15	40.00	26.50

5.2 工程试验段沉降情况

沉降观测自 2010 年初至 2010 年八月份，桥头路段的沉降量达到了 129mm，严重影响了该路段的行车安全性与舒适性。在采取路面沥青加铺的处治措施

后，观测该试验路段仍存在较大的沉降速率。利用沉降预测程序对试验路段的工后沉降进行预测，得到工后预测沉降表（见表 2）[3]。

Table 2. Post-construction settlement prediction(mm)

表 2. 工后沉降预测(mm)

断面	目前沉降	预测工后沉降	剩余沉降	预测相关系数
左路面	219.3	402.2	182.9	0.9997
右路面	189.6	292.9	103.3	0.9996

不同的卸载厚度对工后沉降的影响不同（见图 3），可通过沉降比例卸载计算方法，得到最佳的卸载厚度。

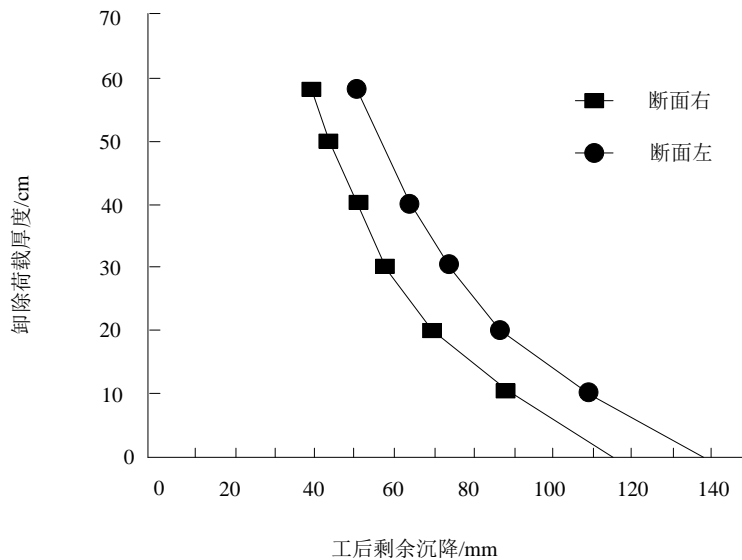


Figure 3. Unloading thickness-residual settlement diagram

图 3. 卸载荷载厚度-剩余沉降关系图

如图所示，若要满足工后沉降量在 50mm 以内即可采用 55cm 的卸载厚度。

5.3 处置后试验段情况

按照文中所提及的施工方案采取 55mm 的卸载厚度后, 得到 60 天的监测数据, 并利用该数据通过沉降

预测程序得到预测工后沉降量, 可得到以下工后沉降曲线图。

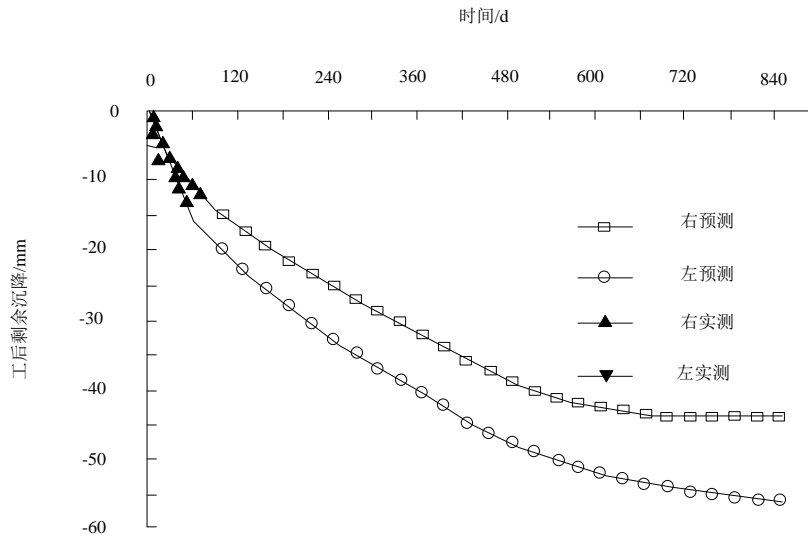


Figure 4. Post-construction residual settlement curve
图 4. 工后剩余沉降曲线

可以得出工后剩余沉降开始趋于稳定达到收敛。即可发现在本次对试验段落的横线引孔置换轻质材料处治中, 减少了工后剩余沉降 70% 以上, 该试验段落工后剩余沉降满足沉降控制标准, 能够很好的从根本上解决桥头跳车问题。

6 总结

路堤横向引孔置换轻质材料技术相比其他处治桥头跳车措施, 可适用于已运营却不具有封闭交通能力的高速公路, 能够有效减少因封闭道路而带来的经济损失与社会影响。

路基横向引孔置换轻质材料技术在实际工程中已得到应用, 针对那些已采取过路面沥青加铺处治的桥头跳车却依旧存在不均匀沉降的路段, 该方法有着实

际有效的作用。在实际工程中, 经过该技术的试验路段其工后沉降能够达到有效的控制标准, 表明该技术对于减少路堤荷载, 控制路堤沉降是确实有效的处治措施。

References (参考文献)

- [1] Brief discussion on lightweight filling technology for lateral guide hole of embankment.
- [2] Zhuang T., Wu X.L. Brief discussion on the innovation and application of current geotechnical engineering technology. Scientific Chinese. 2015, 7.
庄涛, 吴晓磊. 浅谈当前岩土工程技术的创新及应用. 科学中国人. 2015, 7.
- [3] Wu Y.D., Ding L., Lu Z., et al. Application of light soil in disposal of highway embankment settlement. Low Temperature Building Technology. 2014, 36, 10.
吴跃东, 丁磊, 陆钊等. 轻质土在处置公路路堤沉降中的应用. 低温建筑技术. 2014, 36, 10.