

某高速公路塑料排水板处理软基施工实例与效果分析

李彬

(长沙理工大学, 湖南 长沙 410076)

[摘要] 以某高速公路 K24+660~K24+980 地段塑料排水板处理软土施工为实例, 从材料要求、机械设备、排水板设计、施工质量标准、施工工艺及处理效果分析等方面进行了论述。

[关键词] 塑料排水板; 软土地基; 处理; 分析

[中图分类号] U415.6 U417.3

[文献标识码] B

[文章编号] 1002-1205(2003)04-0081-03

Application and Analysis of Soft Foundation Treatment Using Plastic Drainage Board in Freeway

LI Bin

(Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410076, China)

[Key words] plastic drainage board; soft foundation; treatment; analysis

软土地基上修筑路基如不加固处理, 往往会使公路发生诸多病害和隐患, 导致公路破坏或不能正常使用。目前国内外软土地基处理方法很多, 采用塑料型排水板处理软土地基就是其中一种, 它在高速公路软基处理中已普遍采用, 它的特点是单孔过水断面大, 排水畅通, 质量轻, 强度高, 耐久性好。它主要是通过塑料排水板将地基中的水排除, 以增加作用于土颗粒的有效应力来加速地基固结沉降, 减少高路堤工后沉降量, 增强路堤稳定性, 使地基强度提高。下面就施工中塑料排水板处理软基方法和处理效果进行探讨。

1 主要材料与机械设备

a. 塑料排水板。采用 SPD2 型塑料排水板。每一批塑料排水板应经指定的质检部门检验, 且附有出厂合格证及试验、检验报告。在使用时应经常检查塑料排水板的外套薄膜是否完好无损。

b. 土工布。采用型号 CEF2006 的有纺土工布。

c. 砂砾垫层。砂应为中粗砂, 含泥量 $\leq 3\%$, 渗透系数 $6 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$, 砾石最大粒径 $\leq 40 \text{ cm}$ 。

d. 打设塑料排水板的设备采用门架式插板机,

包括导架、套管、驱动套管下沉的振动锤、绞车及装排水板的卷筒和防风装置等。套管插入杆为扁平状或圆形, 内径大于排水板的尺寸, 长度大于排水板设计长度, 在打设中保护排水板不被损坏。

2 工程设计

2.1 工程概况

某高速公路 k24+660~k24+980 路基总长度 320 m, 全部位于软土地基。路基土石方总量 3.2 余万 m^3 , 路基设计宽度为 27.5 m, 双向四车道, 设计行车时速 120 km/h; 路基设计施工要求插板长度穿透淤泥层, 并加深 0.5 m, 超填土 1 m, 加载预压期为 8 个月, 工后沉降小于等于 300 mm, 淤泥固结度要求大于 85%; 本段极限填筑高度 4.6 m, 当量荷载 68 kPa。该施工路段的地质条件为湖区平原区, 从地质报告可以看出地表为一层软塑性粘土, 厚度 1.2~1.8 m, 强度较低, 二、三层为淤泥质粘土, 呈软塑料状或流塑状, 具有高压缩性, 属软弱地基, 厚度 8~12 m。

2.2 软基处理设计

目前塑料排水板的设计沿用砂井理论。即将塑料排水板换算成当量直径 D_p 的砂井, 然后按砂井

[收稿日期] 2003-08-02

[作者简介] 李彬(1964-), 男, 工程师, 主要从事公路与桥梁施工及管理工作。

理论进行设计,确定排水板的间距及长度。

设塑料板宽度为 b ,厚度为 δ ,则换算公式为:

$$D_p = \alpha \frac{2(b + \delta)}{\pi}$$

式中: α 为换算系数,一般取 0.75。

例: $b = 100 \text{ mm}$, $\delta = 4 \text{ mm}$, $\alpha = 0.75$,则求得 $D_p = 5 \text{ mm}$ 。

路基竖向排水采用塑料排水板正三角形布置,间距 1.0 m,排水板平均插深 10.8 m,施工时排水板伸入砂砾层至少 40 cm;地表采用厚度为 50 cm 的砂砾材料做排水层,要求砂砾最大粒径不大于 4 cm,含泥量不超过 2%,级配良好;设计要求铺设一层土工布。为防止砂砾垫层由于差异沉降造成错断和砂砾受到基底土的污染,砂砾铺设前,将原基底做出 1.5% 的横坡,并铺设了一层中间厚,向路基两侧逐渐减薄的平均厚度为 30 cm 的土石混合料。土石混合料要求最大粒径不超过 15 cm,含泥量不超过 8%。

2.3 桩位布设

a. 首先根据设计长度、宽度及板距计算出布设的行数和列数。由于布设的原则按正三角形(梅花形),故:

行数 = 处理长度/设计板距 $\times \sin 60^\circ + 1$

列数 = 处理宽度/设计板距 + 1

b. 根据计算结果画出布桩图,标明排列的编号。每行桩的轴线应垂直于路线中心线,曲线上应为法线方向。同时应绘制一张较大的布桩图交施工人员打设时使用,每施打一根应在图上相应位置标出,以免遗漏。

c. 根据布桩图在铺设好的第一层砂垫层上放出具体的桩位,作出明显的标志。一般可用 15 cm 长的钢筋插在桩位上,桩顶部最好用红油漆抹红。

d. 在施工前,按地基设计要求与地形地质条件,确定排水孔的平面布置及施插排水板的顺序。

e. 施工场地与道路要符合施插排水板的要求,诸如施工人员与机具的进出,临时设施的安排等。

f. 按施工组织设计确定的场地排水孔位置放线后,用竹桩为标志定插孔位。

3 施工质量标准

3.1 塑料排水板

a. 塑料排水板材质要求。塑料排水板是工厂的定型产品,选择时应检验其产品的性能与效应指标,见表 1。

表 1 塑料排水板性能和效应指标

序号	指标名称	指标控制值
1	打入深度	不小于设计值
2	抗拉强度/kN	≥ 1
3	延伸率/%	2 ~ 10
4	抗撕裂度/N	> 300
5	拔管塑带长度/cm	≤ 50
6	板距误差/cm	≤ 5
7	垂直度/%	≤ 1.5
8	透水性/($\text{mL} \cdot \text{s}^{-1}$)	10 ~ 3
9	滤膜渗透系数/($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	4.2×10^{-4}

b. 排水孔的施打要求。①施打过程保持排水孔的垂直度,其垂直偏差按进入深度控制 $\leq 1.5 \sim 2 \text{ cm/m}$;②排水孔的平面位置应按设计要求的间距施打,一般位置偏差不超过 5 cm。

c. 排水板的施插要求。①保持排水板入土的连续性,发现断裂即重新施插;②连接排水板的上下搭接长度不小于 10 cm,并应连接牢固;③施插排水板到达设计入土深度后方能拔管;④完成排水板的施插并切断后,露出地面的“板头”长度不能小于 15 cm。

d. 软基或超软土地基通过预压排水固结的有关参数。①预压加荷为 $15 \sim 120 \text{ kN/m}^2$;②分级加荷 1 个月后沉降量达到土层总厚度的 20% 以上;土的含水量减少到 50% 左右。

3.2 砂砾垫层

砂砾垫层技术指标,见表 2。

表 2 砂砾垫层技术指标

序号	指标名称	控制值
1	压实度/%	≥ 90
2	厚度/cm	50
3	宽度	不小于设计值

4 施工工艺

a. 施工工艺流程。测量放样→地面清理及整平→铺设部分砂砾垫层→放出桩位施打塑料排水板→灌砂及填坑→铺设砂垫层→铺土工布→埋设沉降观测板

b. 插板时,插板机就位后通过振动锤驱动套管对准插孔位下沉,排水板从套管内穿过与端头的锚靴相连,套管顶住锚靴将排水板插到设计入土深度,拔起套管后,锚靴连同排水板一起留在土中,然后剪断连续的排水板,即完成一个排水孔插板操作。插板机就可移位到下一个排水孔继续施打。在剪断排

木板时,要留有露出原地面 15~20 cm 的“板头”;其后在“板头”旁边挖起砂土 20 cm 深成碗状的凹位,再将露出的板头切去,填平,插板施工即告完成。

c. 施工注意事项。①注意排水板的技术性能,应按设计要求对每批进场的产品抽查检验合格后方可施工;②在开工前,要布设好沉降,位移观测点,作好观测记录;③排水孔的施打过程要采用恒载振动压入的方法,一直打到设计要求的深度,不允许重锤夯击;④轨道顺路方向铺设,铺设轨道时应使同一断面保持水平,以保证施打时垂直度 $<1.5\%$;⑤施打从护坡道向路中心推进,每排可打设 5~9 根,打完一排再向前移动门架,直至处理长度方向迄点。然后横移门架,返回施打下一副;⑥排水板一般不允许接长。如果要接长时应剥开滤膜使芯板接平(搭接长度 <20 cm),然后包好滤膜,再用订板机订牢。接长的根数不宜超过打设根数的 5%,一般最多只允许接长 1 次;⑦施工时应加强检查,保证板距、垂直度、板长、跟带长度等符合规范要求。

5 软基处理效果分析

塑料排水板工程及路基填土完成后,经过长达 8 个月时间的沉降观测(见表 3),资料显示,路基下

表 3 沉降观测记录(日期:1998 年) cm

点号	里程	日期/(月/日)								累计值
		1/14	2/15	3/14	4/14	5/13	6/15	7/15	8/14	
1	k24+660	27	21	10	9	6	4	1	0	78
2	k24+700	25	13	11	10	8	5	1	0	73
3	k24+740	24	18	14	12	9	7	2	1	86
4	k24+780	22	15	13	12	7	6	1	0	76
5	k24+820	29	16	14	9	9	5	2	1	85
6	k24+840	31	22	8	6	3	1	1	0	72
7	k24+880	29	24	11	8	4	2	0	0	78
8	k24+920	27	20	9	7	6	2	1	0	72
9	k24+940	30	21	8	7	5	3	1	0	75
10	k24+980	32	25	15	9	7	3	2	1	95

注:布点时间为 1997 年 12 月 15 日。

降已趋稳定。1998 年 9 月委托勘察部门进行了抽芯检测,并于 1999 年 9 月 20 日召开了该路淤泥固结情况鉴定会,根据有关沉降观测及地质抽芯检测分析,确定了该工程软基处理经过科学施工,严格管理,已经达到预期满足设计要求,可以进行下一道工序。

5.1 沉降观测

由表 3 可见,上述 10 个点的累计累降量都已达到 72~95 cm,沉降量与淤泥层的厚度有关,即淤泥层越厚,沉降量越大,已基本达到设计预测值,但最后 2 个月的沉降量很小,在 0~2 cm 之间。由此可

以确定,该路基的沉降已基本完成,趋于稳定。

5.2 抽芯检测及排水固结情况

根据开工前的地质钻探报告及 1998 年 9 月所做的抽芯检测资料,列出填土前后淤泥层的物理力学对比值(见表 4)。表中的数据是填土前后各孔位土样的平均值。

从表 4 可知,该路段的淤泥层经填土堆载及插塑料板后,其工程力学性能变好,强度得以提高,天然含水量降低,天然孔隙比变小,固结系数变大,淤泥层的固结程度得以明显提高。

软土地基经塑料排水板处理以后,土样在各级荷载作用下,相应的固结度均有所提高。由此可见,淤泥层经过排水固结,其固结度指标已完全达到设计要求。

表 4 填土前后淤泥层的物理力学指标对比表

指标名称	填土前	填土及插板后
天然含水量 $w/\%$	86.4	47.6
天然容量 $\gamma/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	1.51	1.78
天然孔隙比 e	2.486	1.269
液性指数 I_L	0.29	1.41
压缩模量 E_s/MPa	0.98	3.18
抗剪强度(快剪) C/kPa	4.8	7.8
固结系数(纵向) $C_v/(\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1})$	4.58	16.88

6 结语

通过采用 CEF2006 有纺土工布,起到了加速地基固结,保证了地基均匀沉降,减少了路基瞬时沉降和横向差异率的作用。

填筑高度在极度限高度以内时,沉降控制速率宜控制在 20 mm/d,加载速率控制在 2.5 kPa/d,能够保证地基的稳定。

塑料排水处理软基施工中除严格按本文要求施工外,还应保证充分的预压时间,并注意处理好以下 3 项关键技术:①塑料排水板设置间距是影响预压期长短的关键;②打入深度是影响工后沉降大小的关键;③预压荷载的大小是决定能否消除和减少工后沉降达到设计要求的關鍵。

该工程完工两年以来,未发现路基沉降开裂现象,实践证明,该路段软土地基处理是成功的。

[参考文献]

[1] JTJ017-96,公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].

(下转第 89 页)

4 真空堆载联合预压法的检测

为了全面检测真空堆载联合预压法的施工质量,在施工准备的过程中应同时检测设备的布置,一般情况下在密封膜下埋设真空测头,有时为了检测真空度沿深度的传递情况,应埋设深层真空测头。在一些科研项目中为了检验其加固效果,应埋设地下水位计、孔隙水压力计、分层沉降环、测斜管、表面沉降板等设备,并且在插板前、插板后及加固后进行现场和室内试验。

5 卸真空的标准

对于高速公路,为了缩短工期并有效控制工后沉降,一般使地基土处于超载预压状态。根据港口工程地基规范,结合已有的工程实践经验,提出了适于高速公路的卸真空标准为:实测地面沉降速率应小于 $V = V_{95} \times C_c / C_s$ 才为稳定。式中: V_{95} 表示路基95区顶沉降速率稳定标准,一般为5 mm/月; C_c 表

示压缩指数, C_s 表示回弹再压缩指数。根据大量实测数据可知, C_c / C_s 一般为3~4,由此可以定出卸真空的标准为15~20 mm/月。

6 结语

真空堆载联合预压法处理高速公路软土地基具有良好的效果,已越来越广泛地应用于实际工程,其设计和施工中应注意的事项是真空堆载联合预压是否成功的关键。一般情况下连续抽真空3~5个月,固结度可达90%以上,基本满足高速公路对工后沉降量的要求^[3]。卸真空标准为合理卸载、合理安排工期提供了参考依据。

[参考文献]

- [1] 刘家豪.第四届塑料排水板法加固软基技术研讨会论文集[C].南京:河海大学出版社,1991.
- [2] JTJ205-98,港口工程地基规范[S].
- [3] JTJ017-96,公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].

(上接第74页)

发现裂缝。因此,该桥通过加固维修后,在试验荷载(达到设计值)作用下处于弹性工作状态,主要指标(挠度、应力)实测值小于计算值。此桥的承载能力满足设计荷载汽车-20级和挂车-100的营运要求。

4 结语

该大桥通过壁可法封闭裂缝和贴钢法进行加固

后,经过静载试验效验,其刚度和强度都能满足汽-20级和挂-100的营运要求。经加固后开放交通至今,使用状况一直良好,这说明本次加固维修是成功有效的。

[参考文献]

- [1] 胡钊芳、帅长斌.公路旧桥加固技术与实例[M].北京:人民交通出版社,2002.1.

(上接第83页)

- [2] 中华人民共和国交通部第二公路勘察设计院.路基(第二版)[M].北京:人民交通出版社,1997.
- [3] 中华人民共和国交通部.塑料排水板施工堆积[M].北京:人民交通出版社,1996.

- [4] 叶书麟.地基处理与托换技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [5] 吴邦颖.软土地基处理[M].北京:中国铁道出版社,1995.
- [6] 华东水利学院.土工原理与计算[M].天津:水利出版社,1980.