

扩顶复合地基在市政工程地基处理中的变形研究

韩光 李巍

张建洪

(北京首都公路发展有限责任公司 100078) (北京波森特岩土工程有限公司 102218)

[摘要] 通过复合载体夯扩桩在北京六环路中的应用,分析了理论计算与实际地基变形的差异和规律,验证了复合载体夯扩桩地基处理方案的处理效果,为再次实践应用提供经验和依据。

[关键词] 复合载体夯扩桩 扩顶 变形 地基处理

Research on the Settlement of Ram-compaction Piles with Composite Bearing Base in Municipal Engineering/Han Guang¹, Li Wei¹, Zhang Jianhong² (1 Beijing Highway Construction Management Co., Ltd., Beijing 100078, China; 2 Beijing Puissant Geotechnical Engineering Co., Ltd., Beijing 102218, China)

Abstract: The difference between the theory and actual settlement is analyzed through the application of the composite ground with enlarging pile top in the sixth circle road engineering in Beijing, and the effect of the technique is verified, which provides the engineering experience and design reference for the further use.

Keywords: ram-compaction piles; composite bearing base; enlarging the top area of pile; settlement; ground treatment

一、工程概况

项目为六环路桥头高填方地基处理,位于昌平和海淀区,地处平原地区,沿线地质大部分路段土层以低液限粘土为主,压缩模量较低、承载力低。从地面往下依次包括填土、亚粘土、粘土和亚粘土,其土层力学参数指标见表1。六环路跨越现况道路、河流较多,路基以填方为主。受铁路、公路、巡河路净空控制,桥头填方高度约6.4~7.8m。

表1 工程地质参数

土层	厚度 (m)	w (%)	γ (kN/m ³)	I_L	e	E_s (MPa)	f_k (kPa)
①素填土	1.5~2.0	—	—	—	—	—	—
②淤泥质亚粘土	2.1~3.5	41.2	17.4	0.67	1.26	3.6	90
③亚粘土	1.2~1.5	24.9	19.8	0.49	0.71	8.5	140
④亚粘土	7.5~8.8	21.0	20.5	0.34	0.59	11.8	200
⑤亚粘土	5.6~5.8	20.4	20.6	0.23	0.58	15.8	230

二、设计方案

北京六环路共包括11个桥的桥头路基,根据不同的地质条件,可以采用三种方案对桥头高填方地基进行处理:CFG桩复合地基和水泥土搅拌桩复合地基和扩顶复合载体夯扩桩复合地基。其中CFG桩复合地基和水泥土搅拌桩复合地基为常规地基处理方案,施工质量易控制,但造价相对较高;扩顶复合载体夯扩桩复合地基具有以下几个特点:为挤土桩,成桩过程中对桩间土可进行有效挤密;在柱锤的冲击下,桩端侧面土层及以下一定深度内的土层得到加固,形成深部扩展基础承担混凝土桩体传来的竖向荷载,因而单桩承载力高;扩顶复合载体夯扩桩复合地基在桩顶扩大了受

力面积,在桩径和桩数不变的情况下,增大了复合地基的置换率,桩体承担的荷载比CFG桩和深层搅拌桩大,桩间土承担的荷载小,复合地基沉降小,同时由于桩顶的扩展更有效的发挥桩体强度,经济效益明显。

扩顶复合地基具有施工速度快、造价低等显著的特点,但它毕竟是一种新型的工艺,且在市政工程中还是第一次使用,对比分析几种处理方法的区别,最终确定六环路工程中8个桥头路基采用了扩顶复合载体夯扩桩复合地基的处理方法,另1个桥头采用了水泥搅拌桩复合地基和2个桥头采用CFG桩复合地基。其中CFG桩桩径为400mm,桩长7.0~10.0m,复合地基承载力特征值为170~220kPa;水泥土搅拌桩复合地基设计桩径为500mm,桩长10.0m,设计复合地基承载力为170kPa;扩顶复合地基设计桩径为410mm,设计桩长为5.0~8.0m,设计承载力为170~220kPa。

施工完毕后进行复合地基承载力检测,所有施工完毕的复合地基承载力都满足设计要求,在设计荷载作用下,扩顶复合载体夯扩桩复合地基变形最小。

三、沉降观测的方法

沉降观测首先确定基准点,通过测量观测点与基准点之间的沉降差来计算观测点的沉降。由于临近的桥墩基础达到岩石层,且沉降已经稳定,故根据现场的实际情况,项目变形检测的基准点都安装在临近的桥墩上。场地上部为褥垫层及人工填方,均为散粒结构,为准确测量出处理完毕后复合地基的沉降,将沉降观测点安装于复合地基褥垫层的顶部,在路中心布置。沉降观测点由钢筋混凝土底板、金属测杆和保护套管

组成。保护套管尺寸以能套着测杆为宜,随着填土的增高,测杆和套管也相应接高,每节长度为50cm,采用了方板加竖向钢管的形式,方板尺寸为 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 3\text{cm}$,测杆采用 $\phi 4\text{cm}$ 的钢管,埋设示意如图1所示。

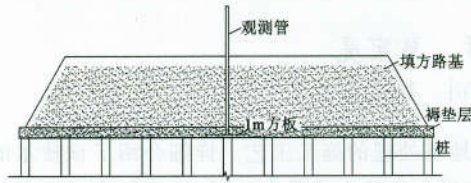


图1 变形观测点埋置示意

沉降观测采用蔡司 Dini12 进行观测,以二级中等精度要求的几何水准测量高程,观测精度小于 1mm 。观测周期为每 $7 \sim 10\text{d}$ 一次。

四、变形观测结果

桥头高填方地基处理的沉降观测应从施工阶段开始观测,但由于施工过程中的一些客观原因,使施工期间数据的离散性较大。根据规范和实践经验,施工过程完成的沉降为全部沉降的 35% ,故实际统计时从填土完毕后进行统计,实际沉降数据为观测数据与施工过程的预估数据之和,沉降观测数据详见表2。通过对沉降观测数据进行整理分析,获得了 $s-t$ 曲线。从曲线的发展看,目前各桥头复合地基沉降趋于稳定,且曲线形状与理论沉降曲线形状一致,接近于双曲线型。图2为温阳路桥头复合地基沉降 s 与时间 t 曲线。

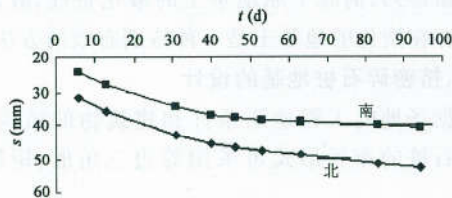


图2 温阳路桥头高填方地基处理的 $s-t$ 曲线

五、设计计算变形与实测变形的对比

软土路基的沉降共包括三部分:瞬时沉降 s_d 、主固结沉降 s_c 和次固结沉降 s_o 。《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》对这三种沉降计算进行了介绍。由于这三种计算涉及到的参数多,常规的勘察报告对某些参数并没有提供,故相当部分工程设计人员采用《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)的规定进行计算,该方法没有考虑沉降与时间的关系,故与实际沉降有一定的差距;且主固结和次固结沉降是随时间发展变化的,路基填方施工完毕后进行铺油施工,若铺油后路基沉降量过大将会造成路面的损坏,最佳铺油时间是指铺油施工完毕后的工后沉降不至于造成路面被破坏的施工时间,最佳铺油时间的确定一直是设计和施工的难点。

分别对桥头地基的实际沉降值和理论计算值进行统计,结果见表2,其中工后沉降是在分析了 $s-t$ 曲线后,利用双曲线法预测桥头路基最终沉降量。目前市政设计中常常采用建筑地基的沉降计算方法计算路基沉降,并且认为路基施工完工时,完成总沉降的 70% ,剩余 30% 为工后沉降,这种设计方法并不准确。建筑地基设计中采用规范方法计算沉降时,用经验系数 ψ 来考虑实测值与分层总和法的计算沉降量之间的差异,这里不妨借用此方法,在规范方法的基础上引入经验系数 ξ ,代表观测的工后沉降量与计算工后沉降量的比值,据表2得观测的工后沉降量与计算最终工后沉降量(固结度为 70% 时)的比值平均值为 0.7 ,即 $\xi=0.7$ 。

北京六环路复合载体夯扩桩复合地基沉降统计 表2

工程名称	部位	填土高度(m)	190d 累计沉降(mm)	双曲线法推测最终沉降量(mm)	累计沉降/70%固结度的计算量(mm)	规范法计算最终沉降量(mm)	固结度70%的计算沉降量(mm)	计算的工后沉降量(30%) (mm)	考虑经验系数0.7后的工后沉降量(mm)	利用观测结果推算工后沉降量(mm)	190d 沉降速率 v (mm/d)
10标2#匝道	南	14.0	74	111	0.7	156	109	47	32.9	37	0.35
10标2#匝道	北	14.0	73	113	0.7	148	104	44	30.8	40	0.25
9标/柳林路桥	北	9.5	58	67	0.6	134	94	40	28.0	9	0.09
8标/温阳路桥	东	9.5	53	63	1.2	62	43	19	13.3	10	0.08
8标/温阳路桥	西	12.0	41	46	1.2	49	34	15	10.5	15	0.08
6标/3#匝道桥	西	7.8	39	66	0.6	87	61	26	18.2	15	—
北沙河一号桥	东	12.5	32	47	0.5	95	66	28	19.6	15	0.04
平均值	—	—	—	73.3	0.8	104	73	31	21.5	20.1	—

六、变形规律分析

一般地,沉降随时间变化的曲线接近双曲线,表2中的观测值对应的沉降速率变小,沉降趋于稳定,用双曲线推测的最终沉降量如表2所示。北六环施工工期,桥头填土施工工期约 90d ,桥之间路面回填的时间为 100d ,经过加载期和稳定期固结(共 190d)后,复合地基固结度已达到 70% 以上,此时所剩工后沉降量均小于 50mm ,因此,工程的加载和稳定期时间 190d 可作为公路复合载体夯扩桩复合地基设计的依据。

七、结论

(1)通过对北京六环路复合地基沉降观测结果的分析,工后沉降计算经验系数可取 0.7 ,即用规范法计算的工后沉降量乘以经验系数 0.7 作为实际的工后沉降量。

(2)采用复合载体夯扩桩复合地基的桥头地基处理,施工 190d 后即可进行桥头的路面施工,这样可满足施工完毕工后沉降量的要求(其结果均小于 50mm),此结果可作为同类工程设计和施工参考。

参 考 文 献

1. 复合载体夯扩桩研究报告(内部资料).北京波森特岩土工程有限公司,1997.
2. 复合载体夯扩桩设计规程(JGJ/T135—2001).中国建筑业出版社,2001.
3. 建筑桩基技术规范(JGJ94—94).中国建筑业出版社,1994.
4. 建筑地基处理技术规范(JGJ79—2002).中国建筑业出版社,2002.