

塑料排水板堆载预压法 在广州大学城外环路的应用

郭 凌

(广州建筑工程监理有限公司 广州 510030)

摘 要: 本文介绍塑料排水板堆载预压法在广州大学城外环路工程中的应用, 并以原型观测资料作验证, 分析了该方法在软基处理中的效果, 肯定了该方法是合理、经济的。

关键词: 塑料排水板; 堆载预压; 沉降; 孔隙水压力; 固结度

Application of Plastic Drain and Preloading in the Guangzhou Higher Education Mega Center Out Loop Road

GUO Ling

(Guangzhou Construction Engineering Supervision Co., Ltd. Guangzhou 510030)

Abstract: This article introduces the application of plastic drain and preloading in the Guangzhou higher education mega center out loop road, based on the analysis of its effect in the treatment of soft foundation soil by the data of the in situ testing, proves it is effective and economical.

Key words: plastic drain; preloading; settlement; pore water pressure; degree of consolidation

堆载预压法是通过增加软基中的总应力, 在软基中形成超静孔隙水压力, 通过超静孔隙水压力的消散来增加软基中的有效应力。我国于 20 世纪 80 年代初期利用塑料排水板代替袋装砂井作为软土预压固结的竖向排水体, 并在工程中取得成功, 此后用塑料排水板堆载预压加固软基的技术得到了较大的发展。以下通过工程实例的介绍以及原型观测资料的分析, 探讨利用塑料排水板堆载预压进行软基处理的效果及其合理性、经济性。

1 工程概况

广州大学城外环路围绕小谷围岛外侧沿江边成环状道路, 全长 14.914 km, 宽 60 m, 地貌单元属珠江三角洲平原, 地质条件复杂, 并受海湾潮汐影响, 珠江水位变化 1~2 m, 淤泥厚度一般 2~12 m, 地层结构见表 1, 各地层土主要物理力学性质指标见表 2。

2 软基处理设计

根据地质勘察成果分析, 必须进行软基处理。有两条途径: ①进行软基加固, 如水泥搅拌桩、碎石桩等, 使沉降量减少; ②使沉降在路面施工前基本完成, 即采用排水固结法使沉降历时缩短。针对大学城建设工期短、质量要求高的特点, 并经多个技术经济方案分析比较后, 最终确定采用塑料排水板堆载预压法, 它具有以下优点: ①材质均匀可靠, 排水效果稳定; ②施工机械轻便简单, 可在超软弱地基上进行, 对土体扰动少; ③与最初设计拟用的水泥搅拌桩方案比较, 综合单价降低近 25 元/m, 大大减少工程投资。

2.1 塑料排水板设计

塑料排水板的计算采用太沙基 (Terzaghi) 一维固结理论, 先将塑料排水板按周长折算成换算直径:

郭 凌: 塑料排水板堆载预压法在广州大学城外环路的应用

表 1 地层结构简述

层序	地层	定名	层厚/m	岩性描述
1	耕植土	植物层	0.3~1.2	灰黑~褐色, 由粘性土组成, 含有机质及植物须根
2	第四系全新统冲积层	粉质粘土	1.0~3.0	灰黑~褐黄色, 湿, 可塑, 含有机质, 稍光滑, 摇振反应无, 干强度高, 韧性中等
3	第四系全新统海陆交互沉积层	淤泥间薄层粉砂	1.0~10.0	灰黑~黑色, 饱和~很湿, 流~软塑, 含有机质及少量腐木, 局部见有细砂层并见水平层理, 光滑, 摇振反应无, 干强度高, 韧性中等
		细砂	1.0~13.0	灰黑~灰黄色, 主要成分为石英, 饱和, 松散~稍密, 不均匀混淤泥, 局部地段见有腐木
4	第四系残积层	砂质粘性土	> 3.0	褐黄、褐红色, 由混合岩风化残积而成, 原岩结构清晰可辨, 稍湿~湿, 可塑~硬塑, 稍光滑, 摇振反应无, 干强度高, 韧性中等

表 2 各地层土主要物理力学性质指标

地层名称	天然含水量 W/%	孔隙比 e	液性指数 IL	压缩模量 Es/MPa	抗剪强度		标准贯入试验 N/ 击
					凝聚力 c/kPa	摩擦角 $\varphi/^{\circ}$	
粉质粘土	41.9	1.179	0.867	3.339			4.3
淤泥间薄层粉砂	63.4	1.687	1.708	2.034	10.2	2.9	1.7
砂质粘性土	26.9	0.884	0.284	3.934	32.7	18.5	17.2

$$d = a \times 2(b + s) / \pi \quad (1)$$

式中: a ——折减系数, 取 0.75;

b ——塑料排水板宽度;

s ——塑料排水板厚度。

本工程要求排水板穿透淤泥层且进入粘土层不少于 0.5 m, 故计算经预压后软基时刻平均固结度采用巴隆 (Barron) 固结理论的等应变条件公式:

$$U_r(t) = 1 - \exp \left\{ -8c_v t / d_e^2 \left[n^2 \ln(n) / (n^2 - 1) - (3n^2 - 1) / (4n^2) \right] \right\} \quad (2)$$

式中: c_v ——竖向固结系数;

d_e ——塑料排水板影响直径;

n ——井径比。

本工程采用了 SPB—II 型塑料排水板, 板宽 100 mm, 板厚 4 mm, 按 1.0~1.2m 正三角形布置。

2.2 软基处理设计技术控制指标

综合考虑最大沉降速率、水平位移速率以及排水固结的因素, 设计要求对加荷期加荷速率以

及软基稳定的控制标准如下:

(1) 竖向沉降增长率 < 15 mm/d; 稳定标准为连续 10 天沉降量 < 0.5 mm/d。

(2) 水平位移增长率 < 6 mm/d; 稳定标准为水平位移 < 1 mm/d。

(3) 孔隙水压力增量/荷载增量增长率 < 0.6; 稳定标准为固结度达到 90%。

3 原型观测布置

为确保施工期间软基土体稳定性, 保障软基处理的正常施工, 埋设了孔隙水压力计、地表沉降板、水平位移观测桩, 进行了孔隙水压力、地表沉降、水平位移、十字板抗剪强度对比测试等原型观测, 整个原型观测至 2004 年 2 月中结束, 期间根据观测数据指导工程施工。原型观测平面布置详见图 1。

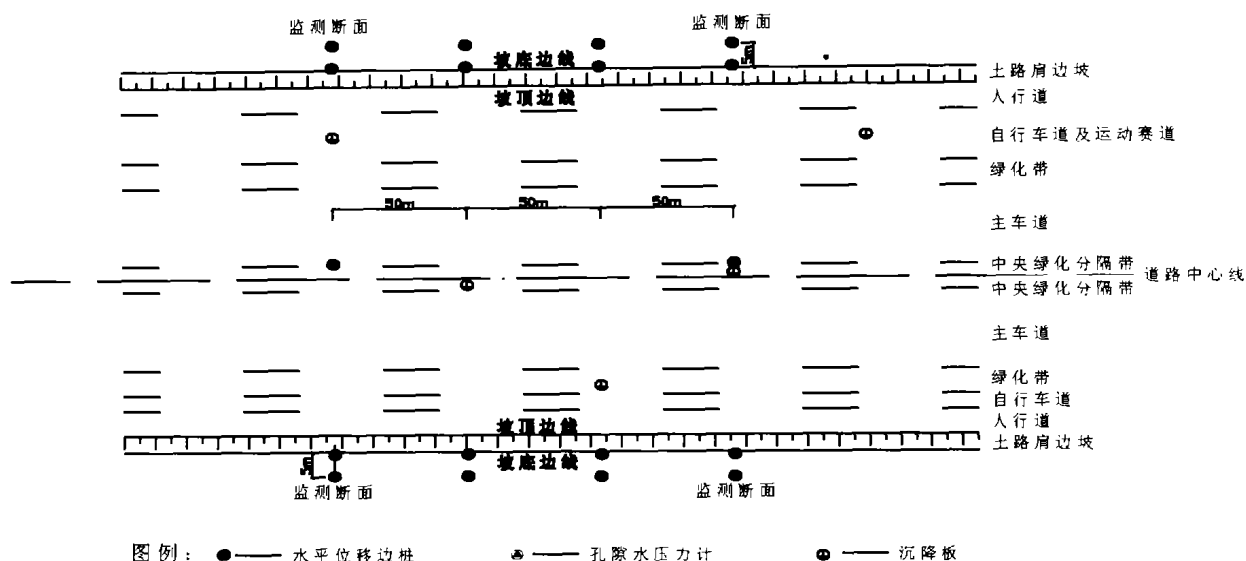


图 1 原型观测平面布置图

4 原型观测资料分析

4.1 沉降分析

由于软基土层较厚,含水量大,压缩性高,渗透性低和排水条件差,在自重及上部荷载的作用下,处于欠压缩状态,打入塑料排水板后,改变了软基原有的排水条件,缩短了排水距离,加快了排水速度和土体固结,在短期内产生较大的排水固结沉降。图 2 给出了 K13+400 断面地表沉降历时曲线,可以看出初始沉降速率较快,随后沉降~时间曲线很快趋于稳定,说明软基固结得到了加速。

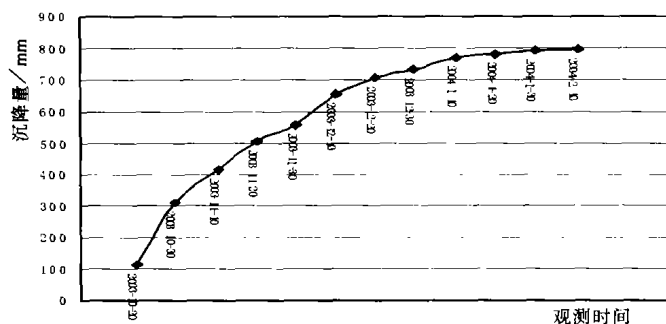


图 2 K13+400 断面沉降历时曲线

K13+300~K13+900 段各断面测得的沉降值见表 3。

表 3 K13+300~K13+900 段各断面测得的沉降值表

断面	沉降值/mm	断面	沉降值/mm
K13+300	771	K13+700	572
K13+400	797	K13+800	738
K13+500	752	K13+900	626
K13+600	666		

4.2 水平位移分析

为保证施工过程中的土体稳定,防止由于加荷而产生的土体剪切破坏,在路基边坡外侧设置水平位移观测桩,以随时了解土体的整体稳定情况,根据 K13+300~K13+900 段测得的数据显示,最大位移值 70 mm,最小位移值 47 mm,最终稳定值均小于 1 mm/d,可见软基处理过程中土体处于稳定状态。

4.3 固结度分析

4.3.1 利用孔隙水压力资料推算固结度

图 3 给出了 K13+450 断面孔隙水压力历时曲线,可以看出在加荷两个半月后,孔隙水压力变化趋于稳定,表明淤泥层的排水固结速度在塑料排水板的作用下得到了很大的提高。

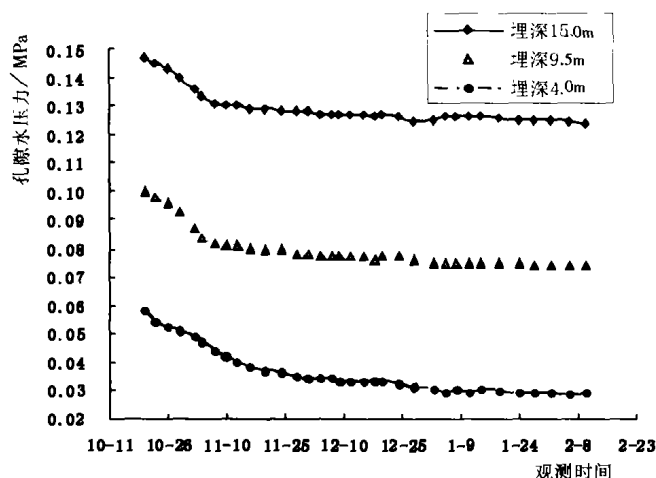


图 3 K13+450 断面孔隙水压力历时曲线

利用孔隙水压力实测数据推算软基时刻固结度的公式如下:

$$U_r(t) = 1 - \int_V U_t dV / \int_V U_0 dV \quad (3)$$

式中: U_0 —— 初始孔隙水压力;

U_t —— t 时刻孔隙水压力;

V —— 计算区域的面积。

利用 K13+300~K13+900 段孔隙水压力资料推算出固结度见表 4。

表 4 K13+300~K13+900 段孔压推算固结度表

序号	断面	固结度/%	平均值/%
1	K13+300	92.06	90.60
2	K13+450	91.90	
3	K13+600	88.48	
4	K13+750	93.67	
5	K13+900	86.89	

4.3.2 利用沉降资料推算固结度

利用沉降资料, 根据实测沉降~时间曲线, 用指数曲线配合法可推算出最终沉降量 S_∞ :

$$S_\infty = [S_3(S_2 - S_1) - S_2(S_3 - S_2)] / [(S_2 - S_1) - (S_3 - S_2)] \quad (4)$$

式中: S_1 、 S_2 、 S_3 分别为 t_1 、 t_2 、 t_3 时刻的沉降量, 且 $t_3 - t_2 = t_2 - t_1$ 。进而求得软基 t 时刻固结度:

$$U_r(t) = S_t / S_\infty \quad (5)$$

式中: S_t —— 时刻实测沉降量;

S_∞ —— 最终沉降量。

利用 K13+300~K13+900 段沉降资料推算出固结度见表 5。

表 5 K13+300~K13+900 段沉降推算固结度表

序号	断面	固结度/%	平均值/%
1	K13+300	89.13	90.23
2	K13+400	90.05	
3	K13+500	90.15	
4	K13+600	91.42	
5	K13+700	90.78	
6	K13+800	91.23	
7	K13+900	88.84	

由表 4、表 5 可见, 利用孔隙水压力与沉降资料推算出的固结度结果接近。

4.3.3 固结度反算固结系数与设计采用值的比较

利用实测数据, 按孔压曲线和沉降曲线反算出固结系数分别为 2.286~2.398 以及 1.831~1.907, 可见现场条件下不同方法反算的值均小于巴隆 (Barron) 等应变条件公式中的设计采用值 (设计采用值为 3.0), 这说明虽然原设计未考虑淤泥间薄层粉砂和下卧细砂层的排水效果, 但由于塑料排水板打穿软弱层进入粘土层, 因此细砂层还是起着一定的排水作用。

4.4 软基土体强度分析

图 4 给出了 K13+450 断面堆载前后分别进行的十字板原位测试结果, 从图中可以看出软基土体强度明显提高, 说明打插塑料排水板并施加堆载是相当有效的。

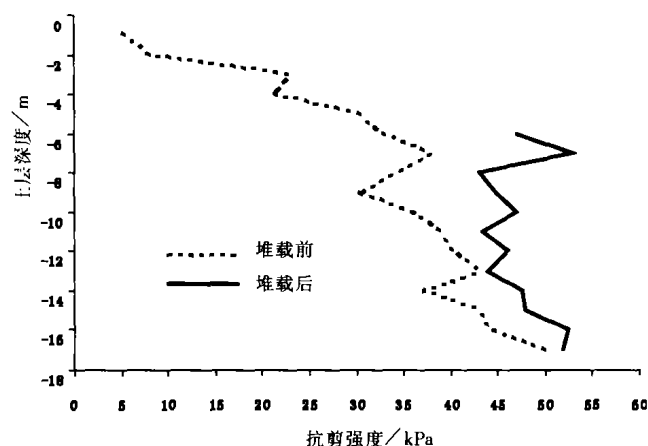


图 4 K13+450 断面堆载前后十字板强度对比曲线

5 排水固结效果

通过以上分析可知, 塑料排水板堆载预压法大大提高了淤泥层的排水速度, 加速了软基的固结, 在短期内使软基固结度达到了 90%, 满足软基处理稳定标准的各项控制指标。

6 结语

综上所述, 塑料排水板堆载预压法应用于本工程是成功的, 在满足质量、工期要求的前提下, 更大大降低了工程造价, 其合理性、经济性值得肯定。

参考文献

- 1 地基处理手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988
- 2 Terzaghi K. Theory of soil mechanics [M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 1948
- 3 Barron R A. Consolidation of fine grained soils by drain wells [J]. Trans ASCE, 1948