

文章编号: 0451-0712(2005)02-0128-03

中图分类号: U417.1

文献标识码: B

预压加固中应用的一种新型垂直排水通道

娄炎¹, 陈有华², 关秉洪¹, 何宁¹

(1. 南京水利科学研究院 南京市 210029; 2. 宁波高等级公路建设指挥部 宁波市 315192)

摘要: 介绍在预压加固中采用的一种新型垂直排水通道——钢丝透水软管,它比常规的排水板有更大的过水断面和通水量,在真空排水预压中能更好地传递真空度,减小传递损失,从而使它能适应越来越深的真空排水预压软基加固(或联合加固)工程,满足工程对工期和工后沉降量的更高要求。同时,由于其为在国内的首次应用,施工工艺上尚有一些需要完善和改进的地方。

关键词: 预压加固; 垂直排水通道; 钢丝透水软管

在软基加固中,预压是一种应用最广泛、效果显著且造价低廉的软土地基处理方法,在地基预压加固中为了缩短加固时间、增加加固中地基的稳定性和增强预压效果,一般都得设置垂直排水通道。垂直排水通道目前有大砂井(无包裹的)、袋装砂井及塑料排水板等。在堆(超)载预压中,垂直排水通道主要就是改变地基原有的排水边界条件,由原来的垂直向渗流变成以水平向为主的渗流,孔隙水能很快进入垂直排水通道,改变了土层中自由水的渗出途径,缩短了排水路径,加速了地基的固结,减少了工后沉降量,增加地基的强度和稳定性,使预压效果得到极大的提高,极大地缩短了加固时间,缩短了工期。在真空排水预压加固中,垂直排水通道除了具有上述功能之外,还要借助它来传递真空压力,真空度传递越快、越大、越深,则加固效果就会越显著。这就要求垂直排水通道内的阻力越小越好,而通水能力的大小往往能反映传递阻力的大小,因此,垂直排水通道要具有一定的断面面积。这就促使去考虑、开发新型的垂直排水通道,作者在这方面做了一些工作,首次将钢丝透水软管作为垂直排水通道用于真空与堆载联合预压加固杭州湾跨海大桥南岸接线试验段软基的工程中,本文是这次实践的一个小结。

1 新型垂直排水通道的考虑

选择新型垂直排水通道主要考虑以下几方面的情况:第一,它的过水断面和通水量要比现有的排水板大,其效果不能比现有排水板差;第二,这种垂直排

水通道要便于厂家生产,而且能形成流水线连续生产;第三,便于现有施工机械在不做很大改动的情况下进行施工;第四,新型垂直排水通道的成本不能增加很多。通过计算比较、分析研究,最后选择直径30 mm的钢丝透水软管作为一种新型的垂直排水通道。

经过测量计算,直径30 mm的钢丝透水软管其过水断面积为 5.7 cm^2 ,是普通C型排水板(板宽10 cm)过水断面积的3.8倍。由于市面上还没有现成的产品,在考虑了施工、经济等因素后,与厂家联合研制了直径为30 mm的产品,对该产品提出如表1所列的技术要求,后对试制出的产品进行检测,结果在表2中列出,可以看出试制的产品都达到了设计要求。

表1 钢丝透水软管主要技术参数

项 目		性能指标	检测方法	
内径/mm		30		
内径偏差/mm		±2.0		
滤布	纵向抗拉强度/(kN/5 cm)		≥1.2	SL/T235—1999
	横向抗拉强度/(kN/5 cm)		≥1.0	SL/T235—1999
	圆球顶破强度/kN		≥1.0	SASTM D3787
	渗透系数 K_{20} /(cm/s)		≥0.10	SL/T235—1999
	等效孔径 O_{95} /mm		0.1~0.15	SL/T235—1999
透水管	耐压值	应变1%时/N	100	SL/T235—1999
		应变3%时/N	380	SL/T235—1999
		应变5%时/N	1 200	SL/T235—1999

由于软管的直径比排水板的等效直径(56 mm)要小,在同样施工间距下,在假设为理想井条件下,理论上对同等条件的软土地基来说,其固结时间将

表 2 钢丝透水软管主要技术参数的检测结果

项 目		性能指标	变异系数
内 径/mm		28.7	0.076
单位长度质量/(g/m)		114	/
滤布	纵向抗拉强度/(kN/5 cm)	1.392	0.072
	纵向伸长率/%	12.9	0.108
	横向抗拉强度/(kN/5 cm)	1.133	0.206
	横向伸长率/%	21.2	0.138
	圆球顶破强度/kN	1.153	0.108
	渗透系数 $K_{20}/(\text{cm/s})$	0.131	/
	等效孔径 O_{95}/mm	0.142	/
透水管	耐压值	扁平率 1% 时/N	120
		扁平率 2% 时/N	223
		扁平率 3% 时/N	413
		扁平率 4% 时/N	820
		扁平率 5% 时/N	1 373

注:2004 年 2 月 23 日由水利部基本建设工程质量检测中心检测。

会加长;然而实际为非理想井条件,此时就不一定是这样了,因为钢丝透水软管的通水量要大很多。为此,做了一个对比计算,结果列在表 3 中,可以看出对固结系数为 $5\times10^{-3}\text{cm}^2/\text{s}$ 的软土地基来说,钢丝透水软管这种垂直排水通道的直径稍小,但加固时间并不比排水板长多少,其结果在工程上是可以接受的。所以选定直径为 30 mm 的钢丝透水软管作为一种新型垂直排水通道来试验研究。

表 3 瞬时加载非理想井状况下排水板与
钢丝透水软管的固结时间估算

通道种类	等效 直径 cm	间距 cm	布置 形式	固结度	固结系数 cm ² /s	β	固结 天数 d
排水板	5.6	120	△	0.90	5×10 ⁻³	2.998×10 ⁻³	89
透水软管	3.0	120	△			2.982×10 ⁻³	91
排水板	5.6	120	△	0.85		2.998×10 ⁻³	73
透水软管	3.0	120	△			2.982×10 ⁻³	75

2 钢丝透水软管实施的初步效果

为了检验上述想法,在某真空联合堆载预压的工地做了足尺现场试验研究,现将研究的初步成果报告如下。场地为 50 m×100 m,设计间距为 1.2 m,三角形布置,打设深度为 28.5 m(原设计深度为 32 m)。在将原排水板打设机械经适当改造后,也能打设钢丝透水软管,打设后的场地情形如照片 1 所示。

打设中发现有的管口会流出粉细砂(如照片 2 所示),少数软管甚至有被流出的砂堵死的可能。研



照片 1 施工后的钢丝透水软管现场

究发现,产生这一问题的原因有 2 点:其一,没有对钢丝透水软管的底部进行封堵,由于刚度和直径较大,过水断面就变得比较大,土颗粒容易进入;其二,在深厚软土下有一层粉细砂层,原设计打设深度为 32 m,刚好打到这层当中,振动产生的超静孔隙水压力在消散时正好将该层砂颗粒压入钢丝透水软管中,造成软管部分被堵塞,甚至个别软管被堵死。尽管如此,钢丝透水软管在真空联合堆载加固中还是起到了良好的效果。这可从软土中的孔隙水压力变化、分层沉降与地表沉降等的实测结果中看出。



照片 2 部分钢丝透水软管中有砂流出

图1 所示为在该试验区埋设的 10 个孔隙水压力测头的测量成果。在真空联合堆载预压的抽真空期间,抽真空引起的软土地基中孔隙水压力下降,形成负的超静孔隙水压力。孔隙水压力测头埋深自地表向下依次为 3 m、6 m、9 m、12 m、15 m、18 m、21 m、24 m、27 m 和 30 m,图1 曲线是从下向上与其对应。可以看出,真空度从地表通过钢丝透水软管已传入地下软土地基深处,在 30 m 深处也有反应,说明钢丝透水软管传递真空度的效果还是很好的;图 1 中最上一条曲线是真空度的过程线,在 2004 年 5 月 18~22 日期间,由于真实膜破坏使膜下真空度急剧降到 10 kPa,所有孔隙水压力测头也即时有了反应,

这充分显示出钢丝透水软管良好的传递特性,也说明其传递阻力是很小的,滞后性小。负超静孔隙水压力在软土地基中沿深度随时间的变化发展过程可用图 2 来表示,图 2 中自上而下共 4 条曲线,依次为 5 d、10 d、19 d 和 36 d 的软土中负超静孔隙水压力沿深度的变化线。从图 2 可看出,软土地基中负超静孔隙水压力随加固历时的增长而逐渐增大,目前最大值已达到 81 kPa,在地表下 6 m 深处;另外,也看到负超静孔隙水压力总的趋势是随深度增大而逐渐减小,在不同深度其值大小也有所不同,在到达 30 m 粉细砂层处,真空度有较大衰减。

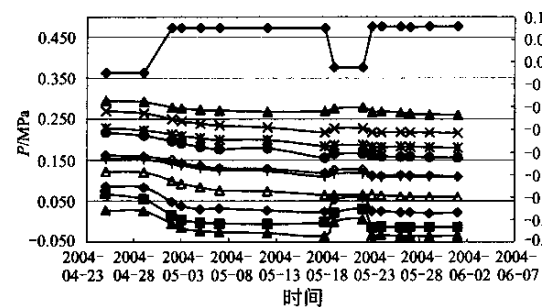


图1 N13区K119+757断面孔隙水压力过程线

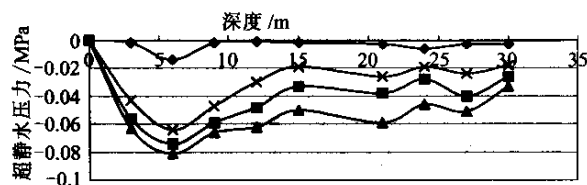


图2 负超静孔隙水压力随时间沿深度变化过程线

在仅抽真空的 30 多天当中,地表发生的平均沉降量为 456 mm(不含施工沉降量),在软土不同深度处的沉降量如图 3 所示。图 3 中 5 条线自上而下分别表示 3 m、6 m、9 m、12 m 和 15 m 深度处软土的沉降过程及沉降量的大小,可以看出各层土的沉降速率比较接近,抽真空初期沉降速率在地表下 3~15 m 深处为 38~20.5 mm/d,30 d 的平均沉降速率在 11~14 mm/d 之间,这是堆载预压所不能比拟的。

在同等条件下,以排水板作为垂直排水通道的真空堆载预压加固区,在 30 多天后地表发生的平均沉降量为 513 mm。钢丝透水软管加固区比它稍小。

从以上可初步认为,钢丝透水软管作为一种新型的垂直排水通道是可行的,能取得良好的加固效果。

3 需要改进的地方

现场实施的效果总的来说是好的,由于在国内

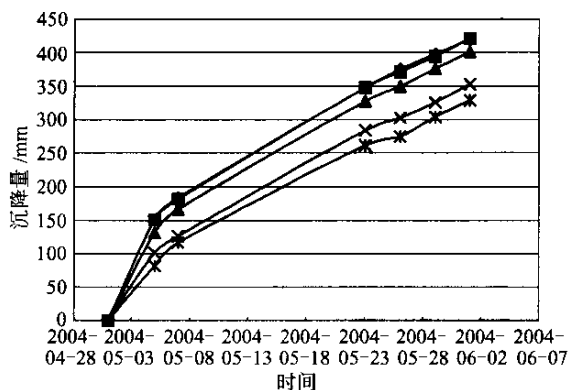


图3 N13区K119+757断面分层沉降过程线

是第一次使用,因此尚缺乏经验,目前认为有 2 个方面需要改进和注意。

第一,在钢丝透水软管施工中,由于对软管最下端没有刻意去封堵,因此在用激振式插板机施工时,软土中产生的巨大超静水压力将软土或软土层下的粉砂从软管底部压入钢丝透水软管中,有的可能堵塞部分长度的软管,有的会一直从地面管口冒出,如照片 2 所示,这样就减小了钢丝透水软管的排水功能,造成软土固结速度减缓;在真空与路堤联合堆载作用下,沉降量会比同区域排水板地段要小些。这在今后的施工中是要注意并给予解决的。

第二,软管上不太容易标记刻度,如何能方便地检测软管已打入软土中的深度,这是今后需要解决的另一个问题,只有解决好这个问题,才有可能使这种新的垂直排水通道被工程及监理单位接受。

4 结语

钢丝透水软管作为一种新型的垂直排水通道有它的特点,如过水断面大、刚度大,在真空联合堆载加固中能发挥其作用,能减小真空度传递阻力,已初显其优越性,有推广应用的前景。但要在应用时先做技术经济比较,选择合适的直径;要解决入土深度的检测、计量问题;要在施工工艺上做改进,譬如要在软管的下端予以堵塞。总之需要完善和改进,任何新生事物的成长都是如此。

参考文献:

- [1] 姜炎,等. 真空与自载预压联合加固高速公路软土地基[J]. 公路,2003,(3).
- [2] 姜炎. 真空排水预压法加固软土技术[M]. 北京:人民交通出版社,2002.