

真空预压软基处理卸载监测数据分析

韦武化

广东省有色金属地质局九三二队

DOI:10.32629/gmsm.v2i4.258

[摘要] 软土地基具有大沉降量、低承载力以及固结时间漫长等特性,在其上建造的各种构筑物会在使用阶段产生不均匀沉降及变形,影响到构筑物的正常使用,严重者甚至造成安全事故。因此结合软土地基处理方法对软土地基进行变形监测及分析具有极其重要的工程意义,本文以珠海市高栏港经济区平沙新城起步区(造地及填土、土地开发、道路配套)工程邻善路软土路基为对象,结合真空预压软基处理方法,对地面沉降、土中孔隙水压力、深层水平位移、分层沉降随上部荷载的变形进行分析,根据设计要求,为路基的卸载时机提供判别依据。

[关键词] 真空预压; 软基处理; 变形监测; 卸载

引言

真空预压法在地基处理时采用抽真空的方式将土体内部的孔隙水和空气吸走,使得土体内部处在负压状态,强化了有效应力,加速了土体的固结变形,以增强地基强度,具有安全性好、工期短、造价低、环境污染小并且地基在加固过程中不会发生剪切破坏、一次性可处理的软土面积大等突出优点,在港口、公路、铁路、能源、房屋建筑等工程领域得到广泛使用。但也存在真空预压法的有效加固深度意见不一,沉降预估值与实测值的差异,真空预压法卸载标准的确定等问题。

本文结合珠海市高栏港经济区平沙新城起步区(造地及填土、土地开发、道路配套)真空预压软土地基工程实际,因珠海软土性质及强度特征的复杂多变,要在工程设计阶段准确地确定工程的基本状况及其在施工过程中的变化,目前技术条件下尚不够现实。只有通过现场埋设的监测仪器,采用科学严谨的监测方案进行监测,及时了解施工过程中,土体的强度和变形特征,收集大量有价值的监测数据,并通过数据分析有效地进行施工过程控制,对施工中发现的问题及可能发生的情况进行预测,确定能否卸载,以确保工程质量。

1 监测内容

1.1 地表沉降

地基表面沉降为路堤荷载作用下地基排水固结压缩以及侧向变形引起的表面竖向下沉量,其大小、分布和变化都是影响路堤建造和使用的主要因素。

沉降观测点埋设在重点监测断面的路基中线和路肩的部位,根据设计要求地表沉降标安装在密封膜之上,以 $0.5 \times 0.5\text{m}$ 为板底的正方形形式,沉降标杆安装完毕,立刻测读每个沉降标的高程值当做起始数值。

1.2 分层沉降

分层沉降监测是对不同深度土层的沉降量多少的监测,以知晓土体内部各个土层的沉降量多少,根据分层沉降-荷载-时间变化图的变化规律,能够深入认识预压加固土体工序及预压期间个各层土体的变化情况,分析深层土的固结结果和预压处理作用深度。判断其稳定性,可作为把控工程速

度、改进施工方法及确保正常施工的依据。本项目分层沉降观测点埋设在路基中线部位,CJ1位于填土层,埋深为3米,CJ2~CJ6位于淤泥层,埋深分别为6、9、12、15、18米。

1.3 孔隙水压力

孔隙水压力的观测是用来监测地基土体在处理过程中孔压的变化状况,判别地基的固结状态;监视地基稳定性的发展,在观测期间,将获得的孔压消散状况加以分析,从而判断地基处理之效果。监测点埋设在路基中线和路肩的部位。

1.4 土体深层水平位移

预压地基土深层水平位移主要是用来监测地基预压加固时土体在较深位置的侧向位移变化情况,也称为测斜。埋设在路堤边坡的坡趾部位。

2 指数曲线法原理

本文为了检验路堤软基预压、加固的效果能否满足允许工后沉降的要求,利用现场实测沉降的资料,推算最终沉降值。最终沉降量是指除固结沉降外,还考虑其瞬时和次固结沉降的总沉降量,其计算方法有分层总和法、曲线拟合法、弹性理论法等多种,本文采用指数曲线法推算路基的最终沉降量。其计算方法为:首先利用测得数据绘制沉降和时间的关系曲线($S \sim t$ 曲线),然后在横坐标上任意等间距的选择加恒载后的3个时间点, t_1 、 t_2 和 t_3 (即 $t_3 - t_2 = t_2 - t_1$),求得相应沉降量分别为 S_1 、 S_2 和 S_3 ,则可推算出最终沉降量利用 $S \sim t$ 曲线推算最终沉降量时,为了计算的准确性,一般要选取3组不同的(t, S),分别计算后取平均值,且时间间隔宜尽可能大些。此外,绘制 $S \sim t$ 曲线时,应尽量使曲线光滑,使其规律性较好。

$$S_{\infty} = \frac{S_3(S_2 - S_1) - S_2(S_3 - S_2)}{(S_2 - S_1) - (S_3 - S_2)}$$

据推算的最终沉降量计算。根据某时刻的实测沉降与最终沉降量 S 之比可以确定固结度,即:

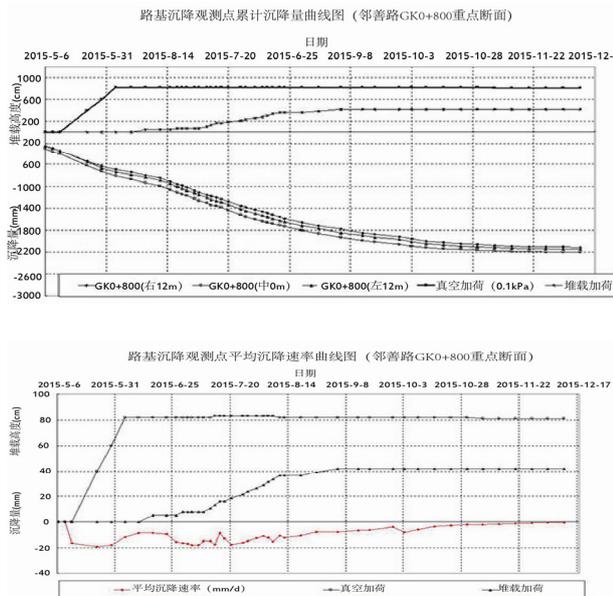
$$U = \frac{S_d}{S_{\infty}}$$

3 数据分析

该工程从2017年5月6日开始抽真空,2017年5月24日开始路基堆载,至2017年7月31日路基堆载完成,至2017年12月11日恒载预压时间已133天。

3.1 地表沉降

地表沉降主要是在埋设塑料排水板的阶段引起的沉降值和真空预压过程中引起的固结沉降值。观测数据整理成沉降量与堆载高度变化的曲线,具体的数据和图表见附图1。地基表面沉降有如下特点:



3.1.1 加载-恒载过程中的沉降

三个沉降监测点 CJ1(路肩)、CJ2(路中)、CJ3(路肩)的总沉降量分别为 2115.96mm、2200.58mm、2152.31mm。

从2017年5月6日至2017年7月31日(即加载期),三个沉降监测点 CJ1、CJ2、CJ3 的沉降量分别为 1428.26mm、1606.67mm、1500.17mm。沉降曲线出现较大下降趋势,说明土体沉降下沉较大。

从2017年7月31日至2017年12月11日(即恒载期),三个沉降监测点 CJ1、CJ2、CJ3 的沉降量分别为 687.70mm、593.91mm、652.14mm。沉降曲线出现了收敛趋势,说明土体变形逐渐趋于稳定。

3.1.2 沉降速率变化

从2017年5月6日至2017年7月31日(即加载期),三个沉降监测点 CJ1、CJ2、CJ3 沉降变化速率平均为 17.578mm/d;

从2017年7月31日至2017年12月11日(即恒载期),三个沉降监测点 CJ1、CJ2、CJ3 沉降变化速率平均为 4.846mm/d。

从2017年11月20日至2017年12月11日(最近21天),三个沉降监测点 CJ1、CJ2、CJ3 沉降变化速率平均为 0.457mm/d。

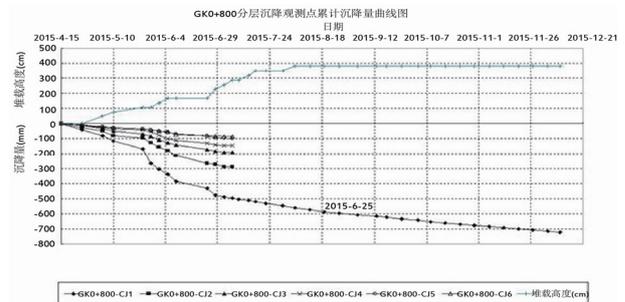
从2017年12月4日至2017年12月11日(最近7天),三个沉降监测点 CJ1、CJ2、CJ3 沉降变化速率平均为 0.242mm/d。

满足设计要求的满载90天后连续15天的平均沉降量 ≤ 2 mm/d且连续5天实测沉降速率 ≤ 0.5 mm/d的要求。

从平均沉降速率图看:在抽真空初期平均沉降速率变化比较大,而后期趋于平缓,沉降趋于稳定,沉降速率出现了明显的收敛趋势。

3.2 分层沉降

截至2017年12月11日,6个沉降环监测点的 CJ1 的沉降量分别为 724mm,其中 CJ2、CJ3、CJ4、CJ5、CJ6 在2017年7月9日堵塞,无法恢复,截至堵塞前的沉降量分别为 291mm、192mm、145mm、98mm、82mm。观测数据整理成各分层沉降环的沉降量与堆载高度变化的曲线,各测点分层沉降-时间关系曲线见附图3。

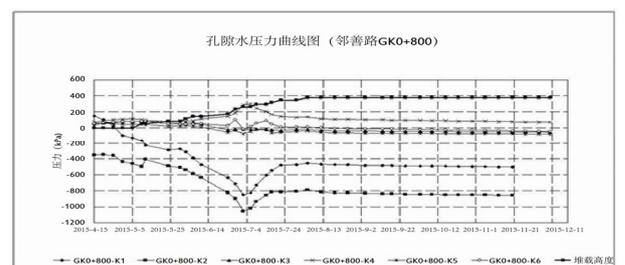


各层沉降有如下特点:

分层沉降观测点埋设在路基中线部位,测点基本沿深度沉降速率呈逐渐变小的发展趋势,恒载后,各沉降环的沉降速率逐渐减小。

3.3 孔隙水压力

观测成果整理成与堆载高度变化的曲线,超静孔隙水压力-荷载关系曲线见附图4。

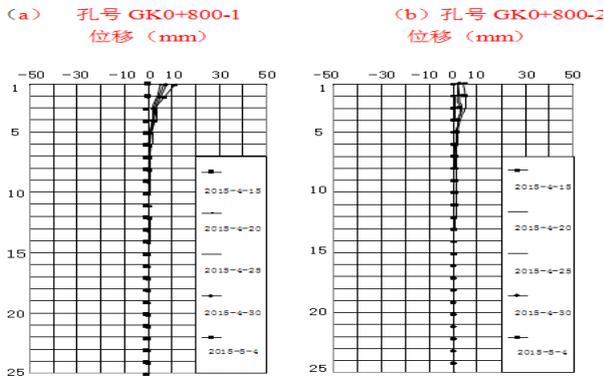


分析图表观测结果,孔隙水压力有如下特点:在施加荷载的初期,孔隙水压力急剧上升,随后的时间段里消散平稳。6个孔隙水压力监测点 K1、K2 监测点在2017年11月27日遭施工破坏,无法恢复,截止至破坏前为止,其变化累计量分别为-500.532kPa、-857.056kPa, K3、K4、K5、K6 的变化累计量截止至2017年12月10日分别为 53.504kPa、68.042kPa、79.902kPa、43.133kPa。在真空预压阶段,孔压不同深度的测点随着时间的延续呈下降的趋势。在堆载加荷期间,各监测点的孔压受堆载附加应力影响比较显著。恒载后,

消散速率呈逐渐减小趋势,孔隙水压力值呈稳定状。

3.4 深层水平位移

观测数据整理成土体侧向变形量沿深度变化的曲线,深层水平位移-时间关系曲线见附图5。



注:位移量表示该测孔垂直于路线边线方向的位移。其值“+”表示向路线内的位移;“-”表示向路线外的位移。

在施加荷载的过程中,该断面两侧土体的侧向变形总体向路基中线方向移动。测斜管的埋深 24m,主要的侧向变形发生在 0~16m 范围内,相当于软土层分布的范围。

从加载到恒载的过程中,侧向位移方向一直指向路堤中心,最大位移量发生在土层 2.0~6.0m 的范围内。越近地表,侧向位移量越大,这主要是由于在近地表区域内,受抽真空影响较大,抽真空引起的向内的侧向附加应力大于堆载引起的向外的侧向附加应力,侧向位移的大小和方向主要由场地的抽真空状况和路堤填筑高度决定。

3.5 最终沉降量

根据指数曲线法计算的代表性测点的最终沉降量,见表 1 所示,两个重点监测断面上的工后沉降值分别为 239mm 和 175mm,其固结度计算结果见表 2,固结度达 90%以上,结合工程中各监测项目的数据分析,该结果有效,能为工程提供一定的依据。

表 1. 指数曲线法推算最终沉降量取值一览表(路中)

桩号	满载日期	推算日期	天数	工后沉降值 (mm)	备注
GK0+800	2017-7-31	2017-11-11	133	239	
GK0+700	2017-7-31	2017-11-10	132	175	

表 2. 沉降实测值与设计值比较表

断面编号	沉降量(mm)			固结度 S_t/S_∞	工后沉降量 (mm)
	设计值	预压期设计值	推算的 S_∞		
GK0+800	2700	2700	2439	90.2%	238
GK0+700	2700	2700	2558	93.2%	175

3.6 连续 15 天地表沉降速率与设计要求的比较

从 2017 年 11 月 20 日至 2017 年 12 月 11 日(最近 21 天),三个沉降监测点 CJ1、CJ2、CJ3 沉降变化速率平均为

0.457mm/d(GK0+800)、0.23mm/d(GK0+700)。

从 2017 年 12 月 4 日至 2017 年 12 月 11 日(最近 7 天),三个沉降监测点 CJ1、CJ2、CJ3 沉降变化速率平均为 0.242mm/d(GK0+800)、0.20mm/d(GK0+700)。

满足设计要求的满载 90 天后连续 15 天的平均沉降量 ≤ 2 mm/d 且连续 5 天实测沉降速率 ≤ 0.5 mm/d 的要求。

4 结论

4.1 地面沉降:从 2017 年 12 月 4 日至 2017 年 12 月 11 日(最近 7 天),沉降变化速率平均为 0.242mm/d(GK0+800)、0.20mm/d(GK0+700)。满足设计要求的满载 90 天后连续 15 天的平均沉降量 ≤ 2 mm/d 的要求。实测沉降曲线推算的 20 年工后沉降满足小于 30cm 的设计要求。

4.2 分层沉降:通过观测各地层的沉降大小在堆载期,各分层沉降随时间呈迅速增长,约

30 天后,沉降速率明显变慢,预压 90 天后,沉降曲线趋于平缓。同一深度处,地基土压缩量随时间逐渐增大,但沉降速率逐渐降低。分层沉降最大的位置应发生在固结压缩模量小的软土层中,各地层沉降沿深度逐渐减小,与设计预设值基本符合。

4.3 孔隙水压力:通过观测各地层的沉降大小在堆载期,各分层沉降随时间呈迅速增长,约 30 天后,沉降速率明显变慢,预压 90 天后,沉降曲线趋于平缓。同一深度处,地基土压缩量随时间逐渐增大,但沉降速率逐渐降低。分层沉降最大的位置应发生在固结压缩模量小的软土层中,各地层沉降沿深度逐渐减小,与设计预设值基本符合。

4.4 深层水平位移:最大侧向位移发生在土层 2.0~6.0m 的范围内,在观测初期发展很快,根据侧向位移观测结果,通过严格地控制填筑速度,最终确保了路基的稳定安全。

根据上述综合因素,评定该路段软基处理加固达到了设计要求,建议进行真空卸载。实时监测分析为该工程提供了一定的依据

[参考文献]

[1]万爽.浅谈高速公路软土地基的处理[J].企业技术开发,2011,30(9):61-62.

[2]齐永正.真空预压加固软地基工程实例分析[J].人民长江,2010,41(24):81-85.

[3]胡瑞杰,张子明.真空预压软基处理监测数据分析[C]//中国科协年会-公路在综合交通运输体系中的地位和作用研讨会,2011:27.

[4]董志良,张功新,陈平山,等.吹填造陆超软土地基加固理论与工艺技术创新[J].水运工程,2011,(11):3-12.

[5]杜秀忠,李思平,杨光华,等.珠海某大面积新区软基处理设计及监测[C]//中国土木工程学会第九届土力学及岩土工程学术会议论文集(下册),2003:7.

[6]程杰恒,张航.真空预压法加固软基几个问题的探讨[J].工程质量,2009,27(3):55-59.