

袋装砂井堆载预压排水固结法在软土地基中的应用

苟建军

(广东晶通公路工程建设集团有限公司, 广东广州 510500)

摘要: 简述袋装砂井堆载预压排水固结技术结合土工材料加筋及薄层轮加法在广珠西线高速公路软土地基处理中的应用。

关键词: 软土地基; 袋装砂井; 土工材料加筋; 薄层轮加法; 堆载预压排水固结

中国分类号 U416.1

文献标识码 A

The Application of Sand Wick Stacking Load and Consolidated Drained Technique to Soft Soil Foundation in Highway

GOU Jian-jun

(Guangdong Jingtong Engineering Construction Co. Ltd., Guangzhou 510500, China)

Abstract: This paper describes the application of sand wick stacking load and consolidated drained technique with the technique which earthwork material is sited in road embankment and the "flag-wheel-addition" technique of filling to soft soil foundation in West Line of Guangzhou highway.

Key words: soft soil foundation; sand wick; earthwork material; flag-wheel-addition; stacking load and consolidated drained

1 工程概况

广珠西线高速公路(一期)工程位于广东省佛山市,全长14.6 km,地处珠江三角洲,沿线均存在软土地基。其中第六合同段位于佛山市顺德区陈村镇,路基长1.7 km,路线行经珠江三角洲冲积平原,区内多为鱼塘、花圃,水网交错,地下水位高。地层情况由上至下为:素填土、海陆交互相沉积土、第四纪冲积层和强风化岩、弱风化岩、基岩。本合同段路基为填土路堤,填高2~7 m不等。路堤段均有软基分布,软土厚度5~9 m不等,厚度变化大,常形成淤泥或淤泥质粘土夹砂,呈流塑状,含水量高,强度低,富含有机质。

根据土质勘探及土样试验结果表明,本段软土含水量高、孔隙比大、塑性高、强度低、压缩性大、灵敏度高,平均渗透系数为 $2.93 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$,径向固结系数 $C_r=2.23 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ 。如不采

取处治措施,则极限填土高度约为2 m。按设计要求,本合同段路堤填方高约2~7 m,工期两年多,土方预压时间不足一年,如不采取处治措施,一则填方路堤有失稳的危险;二则预压期地基固结度仅达58%,无法满足设计及行车要求。

根据本路段地质土力学指标,参照珠江三角洲其他高速公路软基处理经验,选择袋装砂井堆载排水固结法结合土工织物加筋对软基进行处治,并利用路堤填筑工艺“薄层轮加法”对路堤进行快速填筑,达到了安全、快速、有效的目的。

2 软基处理方案

根据规范,桥台与路堤相邻处容许工后沉降 $S \leq 0.10 \text{ m}$,涵洞或箱型通道处 $S \leq 0.20 \text{ m}$,一般路段 $S \leq 0.30 \text{ m}$ 。设计要求桥头及结构物路段工后沉降 $S \leq 0.10 \text{ m}$,一般路段 $S \leq 0.20 \text{ m}$ 。

2.1 排水体设计施工方案

收稿日期: 2004-12-27

作者简介: 苟建军(1972-),男,路桥工程师

研究方向: 路桥施工与管理

排水体采用袋装砂井, 井径7 cm, 间距分别采用1.2~1.5 m, 按等边三角形布置, 设计桩长按打穿软土层控制。

砂袋采用聚丙烯编织袋, 渗透系数不小于 5×10^{-3} cm/s, 抗拉强度不低于150 N/cm, 延伸率小于25%。

砂井用砂采用风干的中粗砂, 细度模数大于2.7, 含泥量小于3%, 渗透系数大于0.05 mm/s。砂井灌砂量大于干密度的95%, 顶部贯穿伸出砂垫层并外露20 cm。

2.2 堆载及加筋设计施工方案

(1) 路堤设置1.0 m等载预压, 桥头路段在等载预压的基础上再设0.5 m的超载预压。

(2) 桥头及高填土路段采用“砂垫层+袋装砂井+2~3层土工格栅加筋”的处理方法, 一般路堤及部分填土较高路堤采用“砂垫层+袋装砂井+1~2层土工布”的处理方法(图1、图2)。

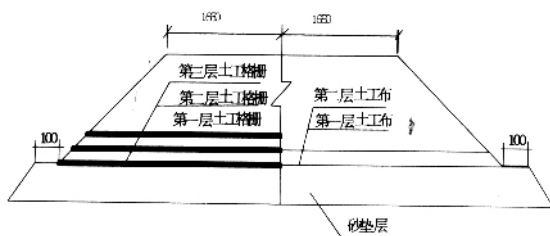


图1 路堤土工材料布置(单位:cm)

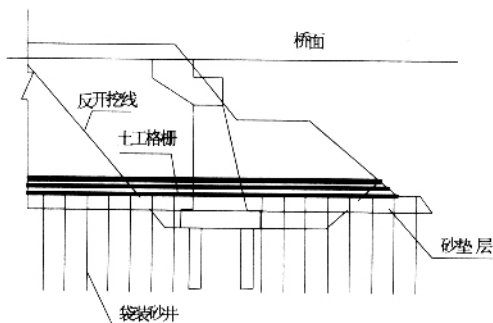


图2 桥台土工材料布置

(3) 填土高度小于1.0 m的路段, 在等载预压的基础上再设置0.5 m的超载预压。

(4) 砂垫层厚50 cm, 铺设宽度伸出路基两侧坡脚各1 m, 每隔50 m将砂垫层伸出坡脚外2 m, 作为特置排水通道。

(5) 土工布采用有纺宽幅编织土工布, 单位面积重量不小于235 g/m², 径向抗拉强度不小于2 500 N/5 cm, 延伸率不大于25%; 纬向抗拉强度不低于2 000 N/5 cm, 延伸率不大于25%。

(6) 土工格栅采用单向拉伸聚乙烯土工格栅, 设计抗拉强度不小于30 kN/m, 对应延伸率不大于10%。

2.3 施工监控

为保证路堤填土安全快速完成, 在路堤桥头及一般路段设置监控断面, 对填土加载过程进行监控, 通过对实测沉降量、沉降速率、坡脚位移等参数进行分析, 确定每一层的填土高度和填筑速度, 以达到安全、快速填筑的目的, 并为卸载及后续施工提供依据。

2.3.1 监控断面

监控断面包括主监控断面和普通监控断面(图3)。

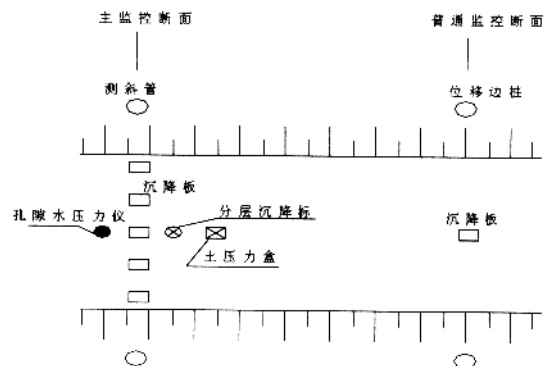


图3 监控断面平面布置

(1) 主监控断面(图4)设置于桥头路段, 进行变形和应力监测, 每个断面监测仪器包括5块沉降板、2个侧斜管、1个孔隙水压力计、1个分层沉降标、1个土压力盒。

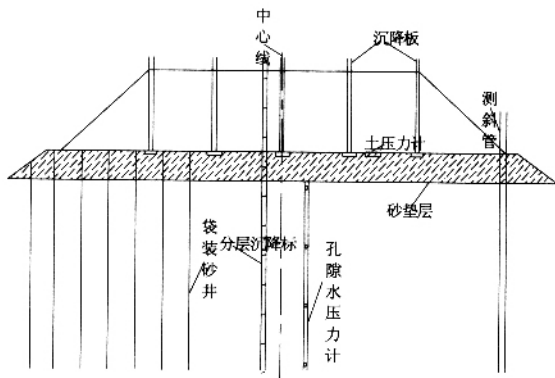


图4 主监控断面仪器埋设

(2) 普通监控断面设置于一般路段, 只进行变形监测, 每个断面监测仪器包括3块沉降板与2个位移边桩, 沿路基每50~100 m设置1个。

本合同段主监控断面分别设于K8+680和K10+315两桥头桩位处。

2.3.2 监测频率(表1)

表1 监测频率

加载时间	沉降板	孔压仪	测斜	土压力盒	分层沉降
加载期间	1次/d	2次/d	1次/d	1次/d	1次/2 d
加载后 7 d 内	1次/2 d	1次/d	1次/3 d	1次/2 d	1次/3 d
加载 30 d 后	1次/3~5 d	1次/2 d	1次/7 d	1次/3 d	1次/7 d
加载 90 d 后	1次/7 d	1次/4 d	1次/15 d	1次/7 d	1次/15 d

2.3.3 监控标准

监控标准采用孔压、侧向位移、沉降三项指标综合控制。

(1) 加载期间稳定控制标准为：单级孔压系数小于0.6；综合孔压系数小于0.4；沉降速率不大于15 mm/d；侧向位移不大于5 mm/d。

(2) 每一级加载完成后进行下一级加载控制标准：单级孔压系数小于0.4；沉降速率小于6~8 mm/d。

(3) 加载间歇期为5~15 d。

(4) 桥头及结构物路段，路基中心表面沉降速率不大于3 cm/月时可进行反开挖施工，一般路基中心表面沉降速率不大于0.5 cm/月时可卸载。

(5) 监控程序：仪器埋设、初始读数→路基填筑→监测→数据分析→达到设计标高→结束填筑，进行预压监测。

2.4 路堤填筑

软基处理前先清表，铺设50 cm厚砂垫层，然后施打袋装砂井，铺设土工格栅及土工布，进入路堤填土施工。

路堤填筑采用薄层轮加法施工（图5），每层土压实厚度为30 cm。利用埋设的监测仪器，通过监测数据，分析每层土填筑期间应力、应变、沉降情况，了解土体的固结情况，确定填土速率及填土高度。

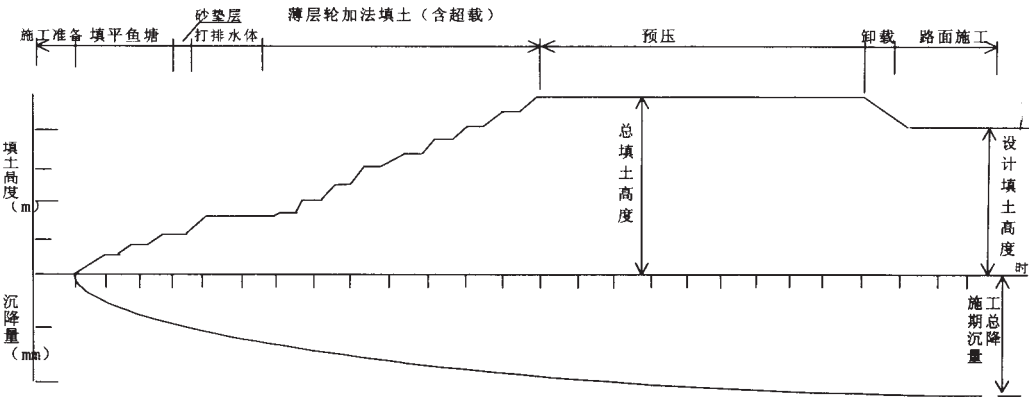


图5 路基加载示意

3 施工效果分析

3.1 孔压效果分析

孔隙水压力监测是了解加载期间地基土体固结状态最直接、最有效的手段，也是施工期评定地基稳定性和固结度的有效方法，其中超孔隙水压力的消散程度是决定下一级加载与否的重要依据之一。

随着加载，地基土内孔隙水压力增长，停止加载后开始消散。当再次加载时，孔隙水压力又跟着增长、消散。

通过对实测资料的统计，得出每级加载对应的孔压系数和消散度，资料表明，截止下一级加载开始，各断面不同深度处超孔隙水压力消散均

已完成。

3.2 侧向位移效果分析

侧向位移速率量值大小是判断路堤稳定与否的控制指标之一，同时可根据侧向位移量的大小计算因侧向位移引起的沉降量。深层位移是在坡脚点埋入测斜管到底部稳定土层，加载过程中用测斜仪进行量测，了解深层土侧向移动情况，从而指导路基加载施工。

从监测成果可以得出：

(1) 侧向位移量和位移速率与荷载大小有极其明显的相关性，随着加载，位移量和位移速率增大，加载停止，位移量和位移速率显著减小。

(2) 最大侧向位移量发生在地表以下2.5~3.5 m处。

(3) 加载期间最大位移速率3.55 mm/d，发生

在K10+315断面, 小于5 mm/d的标准。

(4) 截至2002年8月31日侧向挤出量最大值392.09 mm³, 发生在K8+680位置; 最小值138.55 mm³, 发生在K10+315位置。

袋装砂井预压排水处理软土地基的天然强度较低, 在不太大的荷载作用下就会屈服, 产生塑性剪切变形, 如果地基的稳定系数很小, 则由此引起地基沉降将会很大。合理准确地分析加载期间沉降的发展趋势, 对指导路基加载施工是至关重要的。

3.3 沉降效果分析

(1) 沉降速率

随加载高度和加载速率的不同, 沉降速率也不同。至2002年12月13日, 监测资料显示, 加载速率对沉降速率的影响较大, 每一次加载, 均引起较大的沉降速率, 随间歇期而趋于减少。

(2) 沉降量

沉降量随加载而增加, 且因地质条件、监测起始时间及加载高度不同, 不同断面的累积沉降量也不同。

4 结语

监测数据表明, 自路基于2002年5月施工完袋装砂井, 开始路堤填筑以来, 本路段路基稳定情况良好, 路堤桥头路段沉降率稍大, 其他一般路堤沉降速率比较理想。

(1) 桥头K8+680桩号处路堤中心施工加载期间沉降速率平均为3~5 mm/d, 沉降速率大时达10~15 mm/d, 该处填土高7.34 m, 设计最终沉降量为0.86 m, 2002年12月13日填土加载完成, 累

计沉降量达0.775 m, 截止2003年2月14日, 沉降速率平均为1 mm/d左右, 累计沉降量0.815 m。

(2) 桥头K10+315桩号处路堤中心施工加载期间沉降率平均为3~5 mm/d, 沉降速率大时达8~12 mm/d, 该处填土高5.30 m, 设计最终沉降量为0.66 m, 2002年12月13日填土加载完成, 累计沉降量达0.444 m, 截止2003年2月14日, 沉降速率平均小于1 mm/d, 累计沉降量达0.506 m。

(3) K8+680处2002年6月下旬沉降量一度较大, 最大沉降量发生在6月20日, 达18 mm, 超过规定15 mm/d标准, 但路基未失稳, 坡脚也未出现异常情况。经分析, 认为这与铺设了土工格栅有关, 土工格栅对路堤稳定发挥了较大作用, 于是决定停止加载, 继续观测。第二天沉降量为12 mm, 第三天沉降量为8 mm, 表明路堤已趋于稳定, 第五天开始填土加载, 并加强观测, 此后监测数据一直处于理想状态。

通过施工实际情况和监控数据, 表明本路段软基堆载预压设计方案是合理的, 施工工艺是可行的, 达到了路堤安全、快速填筑的目的。其中薄层轮加法填筑路堤避免了路堤填筑过程中出现较长的填土间歇时间, 而把这些时间挪至填土到设计标高或超载标高之后, 从而加大了预压量, 增加了施工期内沉降量, 减少了工后沉降量。

参考文献:

- [1] 公路软土地基路堤设计与施工技术规范(JTJ017-96) [S]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
- [2] 广州至珠海(西线)高速公路海南至碧江段两阶段施工图设计, 2000.12
- [3] 苟建军. 公路软基袋装砂井堆载预压处理技术应用 [C]. 同济大学工程硕士学位论文, 2004.