

吹填淤泥地基处理后排水板通水性能的试验

王 波 ,邱青长 ,谢仁红

(中交四航工程研究院有限公司 广东 广州 510230)

摘要 结合深圳某围海造陆吹填淤泥地基加固工程 ,通过在施工完成后排水固结地基中塑料排水板的原位取样和变形观察 ,室内进行了塑料排水板的通水量试验 ,研究了工程完工后排水板的排水性能变化规律和有关性状 ,对比分析塑料排水板使用前后的排水性能指标变化。研究表明 :在 350 kPa 的侧压力下 ,淤泥层中的排水板纵向通水量与 50 kPa 时相比下降了 36.2% ;未弯曲时排水板的排水性能较原材样品仅略有下降 ,当弯曲率达到 40% 时 ,纵向通水量减小为原来的 54.4% ,揭示塑料排水板的排水性能在固结过程中的变化特征。

关键词 吹填淤泥 塑料排水板 纵向通水量 试验研究 现场开挖

中图分类号 :TU411 ;TU472 ;U655.54 文献标识码 :B 文章编号 :1006-764X(2009)S1-0209-03

塑料排水板排水固结法是处理软土地基的有效方法之一 ,通常结合堆载、真空或真空联合堆载等方法进行预压 ,使土体中的孔隙水排出 ,同时地基土的强度和承载力等指标也得到相应提高。在软基处理过程中及完工后 ,排水板各项物理力学性能 ,如排水性能等 ,均会逐渐发生变化 ,最终对地基加固的效果及工后沉降等产生影响。由于地基条件的复杂性 ,目前对这一问题相关的研究^[1-3]较少 ,俞炯奇等^[3]曾通过现场开挖 ,采取在地下工作 2 年后的塑料排水板试样进行室内检测 ,并与施工前的性能进行对比分析 ,认为通水量减小 ,弯折的排水板通水量减小的可能性更大 ,部分数据达不到设计要求 ,对工程后期排水固结将产生不利影响。目前广东地区海相吹填淤泥地基处理后进行的排水板通水量实测数据资料几乎是空白。

深圳某港口软基处理工程吹填淤泥地基采用了真空联合堆载预压法进行处理 ,该工程结束后在加固后的场区内需施工公路管沟等项目 ,地基开挖深度达到 2.5 ~ 3.0 m ,开挖后露出许多塑料排水板。由于在真空-堆载联合预压过程中 ,插设在吹填淤泥中的塑料排水板排水性能必然会发生变化 ,结合该工程项目 ,笔者进行了现场取样并作室内通水量试验研究 ,以研究其变化规律与机理。

1 工程背景

1.1 工程概况

该工程采用吹填港池疏浚土形成陆域 ,地基处

理工程加固面积约 210 万 m² ,分为若干个地基处理加固区 ,地基处理主要采用真空联合堆载预压法。地基处理工艺包括铺设工作垫层及排水砂垫层、施打塑料排水板、密封墙施工、真空联合堆载预压、整平处理至交地标高等。对取样区域的塑料排水板 ,从开始打设至开挖取样的时间约为 13 个月 ,开挖后迅速送试验室进行通水性能的有关试验。

1.2 工程地质

该工程在加固前自上而下地层为吹填淤泥、第四纪滨海相沉积形成的灰色淤泥(Q₄^m)、第四纪冲洪积形成的灰黄色中粗沙、砾沙、黏性土混沙(Q₄^{al+pl}) ,其基岩为燕山期花岗岩。从上而下主要软土层特征 :①吹填淤泥(流泥或浮泥) :灰色 ,饱和 ,流塑 ,吹填不均匀 ;含水量高达 135% ~ 170% ,孔隙比大于 3.0 ,厚度为 4 ~ 5 m。该层土含水量大 ,孔隙比大 ,强度极低 ,压缩性大。②淤泥 :灰色 ,饱和 ,流塑 ,滑腻 ,混较多粉细砂 ,局部夹薄层粉细砂 ,局部呈现为流泥和淤泥质黏土 ,土层平均厚度为 7.84 m (1.60 ~ 15.80 m) 。上述 2 层淤泥土厚度平均在 12 m 左右 ,工程性质极差 ,对其进行排水加固是工程地基处理成败的关键。吹填淤泥经晾晒后上铺一层厚度约为 1 m 的中粗砂排水垫层。

2 现场取样与观察研究

工程设计采用的塑料排水板为 SPB-B 型 ,插设

深度 20 m ,所取排水板样品分为砂垫层中及淤泥层中 2 类。取样时 ,利用该场地正进行路基管沟开挖的有利条件 ,从沟壁砂垫层和淤泥层中以人工分别采取塑料排水板 ,密封后送实验室进行试验。样品埋深 :砂垫层中排水板埋深在 0.5 ~ 1.0 m 之间 ,淤泥层中排水板埋深在 1.5 ~ 2.5 m 之间。

取样过程中可观察到排水板在加固后地基中的埋藏状态如图 1 所示 ,可见淤泥层中排水板发生了多种变形 ,以正面纵向弯折为主 ,同时也产生横向的弯曲 ,甚至可见纵向弯折处再发生水平向的弯曲 ,这反映了吹填淤泥地基在排水加固过程中复杂的应力变化与变形 ,但以垂直向的沉降压缩变形为主。

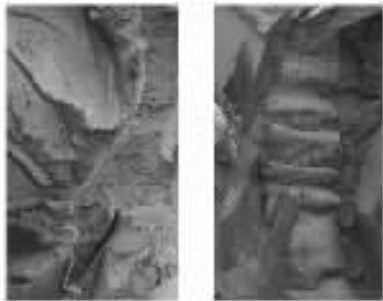


图 1 软基加固后排水板埋设状态

3 排水板纵向通水性能的试验研究

纵向通水量是塑料排水板一项决定排水效果好坏的重要性能指标。由于种种原因 ,水在进入排水板滤槽后流动速度减缓 ,并阻的影响减小了排水板的通水能力 ,造成压力水头的降低。除滤膜的渗透性及涂抹等因素外 ,影响排水板通水能力的其他因素还包括 :板容纳水体的有效体积和作用在板上的侧压力 ;地基沉降引起的排水板弯折 ,土体细颗粒透过滤膜后在芯板槽中的淤积 ,排水板系统的耐久性^[4]等。

3.1 原材样品的通水量指标

工程所用排水板来自 3 个厂家 ,在插设前共做 25 组排水板通水量试验 ,每组试验样品均代表 20 万 m 排水板。试验结果为 :在侧压力 350 kPa 下 ,复合体的纵向通水量值分别为 64 cm³/s ,61 cm³/s ,

58 cm³/s ,60 cm³/s ,53 cm³/s ,55 cm³/s ,58 cm³/s ,58 cm³/s ,56 cm³/s ,50 cm³/s ,48 cm³/s ,55 cm³/s ,58 cm³/s ,58 cm³/s ,56 cm³/s ,62 cm³/s ,58 cm³/s ,58 cm³/s ,56 cm³/s ,62 cm³/s ,60 cm³/s ,56 cm³/s ,59 cm³/s ,53 cm³/s ,52 cm³/s ,平均值为 57.0 cm³/s ,样本总体的标准偏差为 3.7 cm³/s。

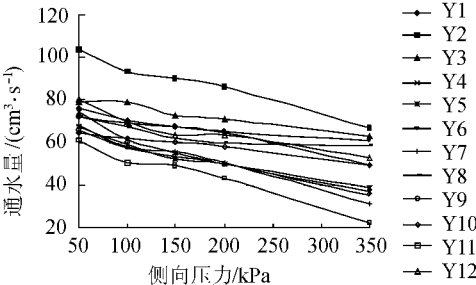
3.2 不同侧压下的通水量试验

排水板在插设后 ,随着深度的增加 ,所承受的侧向土压力会相应增大 ,其芯板的变形增加 ,滤膜也会进一步的被挤入芯板槽中 ,导致水流的有效断面减小 ,通水量降低。侧压力对通水量的影响程度与膜和芯板材料的力学性质有关 ,也与制造过程有关。JTS257—2008《水运工程质量检验标准》^[5]规定 ,塑料排水板通水量试验时侧压力施加到 350 kPa ,以此作为通水量试验的条件。对该工程来说 ,排水板插设深度 20 m ,估算最深处排水板所受侧压力(总应力)大小约为 250 kPa 左右。试验研究考虑了不同深度处土体不同侧压力对排水板通水量的影响 ,对取自淤泥层中的 12 组和砂垫层中的 6 组塑料排水板 ,分别在 50 kPa ,100 kPa ,150 kPa ,200 kPa ,350 kPa 共 5 个侧压力级别下测试其稳定通水量 ,试验结果如图 2 所示。

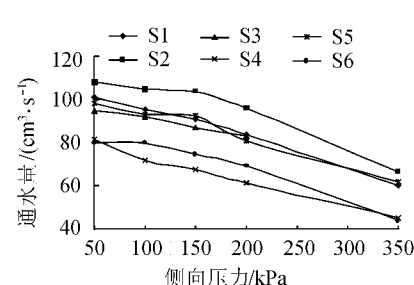
由图 2 可知 ,随着侧压力的增大 ,排水板的通水量逐渐减小。与 50 kPa 时相比 ,在 350 kPa 的侧压下 ,淤泥层中的排水板通水量平均下降了 36.2% ,砂垫层中的排水板通水量平均下降了 41.0%。试验结果表明 ,在不考虑其他影响因素的条件下 ,350 kPa 的作用可使排水板的通水量下降 36.2% ~ 41.0%。

本文试验所取的样品 ,埋深最大为 3 m ,在地下所受侧压力应在 30 ~ 60 kPa 之间 ,远小于试验的 350 kPa ,试验结果可与原材样品的结果相比较。350 kPa 侧压力下的试验结果为 :淤泥层中的排水板通水量平均值为 47.1 cm³/s ,较原材样品减小 17.4% ,样品标准偏差为 13.6 cm³/s ;砂垫层中排水板通水量平均值为 55.4 cm³/s ,较原材样品仅减小 2.8% ,样品标准偏差为 9.2 cm³/s。

文献[1]曾提及 ,Kodo 等在不同时间内从地基

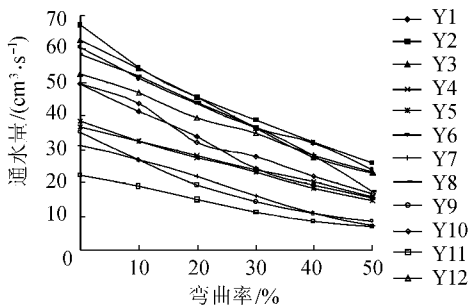


(a) 淤泥层中排水板通水量~侧压力关系曲线

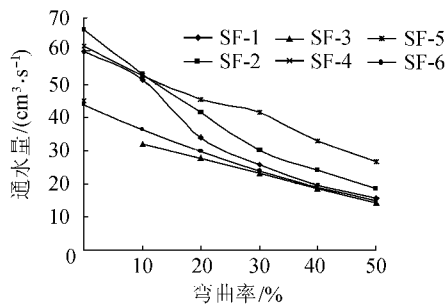


(b) 砂垫层中排水板通水量~侧压力关系曲线

图 2 排水板的通水量与侧压力关系



(a) 淤泥层中排水板通水量~弯曲率关系曲线



(b) 砂垫层中排水板通水量~弯曲率关系曲线

图3 排水板的通水量与弯曲率关系

中取出排水带进行空内通水量试验,结果表明短期(10 d)内通水量随侧压力的增大明显降低,但仍能满足工程要求。对于较长时间(280 d和560 d)的通水量,其降低更加明显,通水量降低到1/2~1/6时,对工程固结产生明显的影响。试验结果则表明:在不考虑弯曲、淤堵等其他条件的前提下,对于地下埋藏约390 d(13个月)的排水板通水量,淤泥层中降低到原来的82.6%,砂垫层中则降低到原来的97.2%。淤泥层中的排水板通水量相对砂垫层中的排水板通水量变化较大,原因是排水板在淤泥层中曾承受较大侧压力,这导致排水板滤膜和滤芯变形大,试验过程中滤膜被压入滤芯槽中,有效过水断面更小,同时淤泥对滤膜的淤堵等也有影响,因此其通水量减小值更大。

3.3 不同弯曲率下排水板的通水量

由于地基软土层的压缩而使排水板产生弯曲,考虑其对通水量的影响,对取自淤泥层中的12组和取自砂垫层中的5组塑料排水板进行了实验室的模拟试验(为便于模拟,所使用的样品均选用较为平直的)。模拟的弯曲率分别为10%、20%、30%、40%和50%,试验结果如图3所示。

由试验结果可见,排水板的通水量随弯曲率的增大而减小,以平均值统计,淤泥层中和砂垫层中排水板在弯曲率为50%时通水量分别仅为 $16.6 \text{ cm}^3/\text{s}$ 和 $17.9 \text{ cm}^3/\text{s}$,较无弯曲时的通水量 $47.1 \text{ cm}^3/\text{s}$ 和 $55.4 \text{ cm}^3/\text{s}$ 分别减小了64.8%和67.7%。淤泥层中排水板在弯曲率为40%时的通水量为 $21.5 \text{ cm}^3/\text{s}$,较无弯曲时减小了54.4%。根据深圳当地经验,海相吹填淤泥在经软基处理后的压缩率较为接近40%,大致可以推算出在当地软基处理工程中,由于排水板弯曲的影响将使得其通水量减小至约为原来的54.4%。

3.4 排水板通水量的时效性试验

排水板在地下环境工作过程中,由于土层侧压力作用造成的排水板芯板蠕变、滤膜的缓慢变形及生化作用等因素均会使其通水量逐渐减小^[6]。为探讨这一减小规律,实验室也进行了短期模拟试验。

试验保持排水板在一定的压力(350 kPa)作用下,分别在稳定24 h、48 h和72 h后读取其通水量,测试排水板的纵向通水量值逐渐减小,稳定72 h与24 h相比,减大幅度约为12.6%,这是侧压力作用下排水板材料的蠕变造成的。

4 结 论

对排水板通水量试验成果及其与原材样品指标的对比分析,得出如下结论:

a. 相比较原材样品的通水量数值,砂垫层中排水板在软基处理后平均减小2.8%,淤泥层中排水板平均减小17.4%。

b. 与50 kPa时相比,在350 kPa的侧压力下,淤泥层中的排水板通水量平均下降了36.2%,砂垫层中的排水板通水量平均下降了41.0%,地下埋藏约390 d的排水板通水量,淤泥层中降低到原来的82.6%,砂垫层中则降低到原来的97.2%。

c. 深圳海相吹填淤泥的压缩率较为接近40%,通过不同弯曲率下的排水板通水量试验,推算出深圳地区软基处理过程中,淤泥层中由于排水板的弯曲造成其通水量大致减小为原来的54.4%。

d. 由于材料蠕变等的影响,排水板的通水量在侧压力作用下随时间而减小。

参考文献:

- [1] 高长胜,汪肇京,魏汝龙,等.固结排水中排水带通水量的影响及选择[J].岩土力学,2004,25(3):473-476.
- [2] 涂帆,马时冬.塑料排水板的性能指标及影响因素[J].福建建筑,1996(5):20-22.
- [3] 俞炯奇,孙伯永.长期在地下工作后的塑料排水板的性能研究[J].水利学报,2007(5):711-715.
- [4] 刘家豪,朱关年.关于塑料排水板纵向通水能力的讨论[C]/刘家豪.第二届塑料板排水法加固软基技术研讨会论文集.南京:河海大学出版社,1993.
- [5] JTS257—2008.水运工程质量检验标准[S].
- [6] 胡利文.土工合成材料在路、堤加固工程中的应用研究报告[R].广州:广州四航工程研究院,2001.

(收稿日期:2009-08-22 编辑:方宇彤)