

土工格栅加筋土回填的板桩码头优化设计

朱庆华 左威龙 黄志洪

(江苏省水利勘测设计研究院有限公司 江苏 扬州 225009)

摘要 :为了对使用土工格栅加筋土回填的板桩码头进行合理设计 ,通过建立数值模型 ,利用梁单元结合接触面单元来模拟土工格栅 ,分别对设计高水位和设计低水位两种工况 ,土工格栅加筋土回填和普通土回填的板桩码头进行计算 ,得到两种设计方案的板桩码头的板桩最大正负弯矩、锚杆的最大拉力以及板桩桩顶位移。工程竣工后对码头各结构段位移观测点和钢拉杆上的应变片的监测结果与计算结果基本吻合 ,表明数值方法是有效和合理的 ,可为今后类似工程设计提供参考。

关键词 土工格栅 加筋土回填 板桩码头 数值模拟 现场监测

中图分类号 :TU472.3⁺4 文献标志码 :B 文章编号 :1006-764X(2012)S1-0036-03

为保持足够的码头前沿水深 ,单锚板桩结构是常用的码头结构形式。板桩码头的操作平台下需要进行填土施工 ,而修建码头场地往往是河滩江边 ,地质条件一般较差 ,常常会碰到深挖高填的情况。为节约工程造价、减少施工难度 ,需要进行细致的方案比选。采用加筋土对板桩码头墙后回填 ,可以保持较高的平整度 ,有效降低差异沉降 ,缩短工期等 ,同时能满足地基承载力要求 ,降低填方作用在结构的荷载 ,进而优化板桩码头的结构形式 ,同时可就地利用挖方的弃方 ,大大节省工程施工周期并降低工程造价^[1-2]。

土工格栅加筋挡土结构依靠格栅特有的网孔构造对土的咬合与约束作用使加筋体的稳定性大大提高^[3-4]。该技术施工简单、经济效益明显 ,在填土工程中得到了广泛的应用^[5-6]。本文结合工程实例 ,利用 FLAC 建立二维数值模型 ,对土工格栅加筋板桩码头的结构特性及变形进行了分析 ,以优化土工格栅加筋土回填的板桩码头的结构设计 ,并同该工程实际监测进行对比 ,验证了计算分析结果的合理性。

1 工程概况及设计方案

江苏蓝海重工板桩码头位于南通市平潮镇工业园区长江天生港水道中段的北岸 ,码头总长度为 240 m。码头前沿泥面高程为 -6.00 m(85 高程系) ,码头面高程为 5.50 m。设计高水位 2.92 m ,设计低水位 -0.43 m。码头面荷载标准值为 20 kPa。码头

型式为单锚板桩结构 ,挡土高度为 11.50 m ,锚杆安装高程为 1.50 m ,板桩墙厚 70 cm。其断面如图 1 所示 ,各土层物理力学指标见表 1。

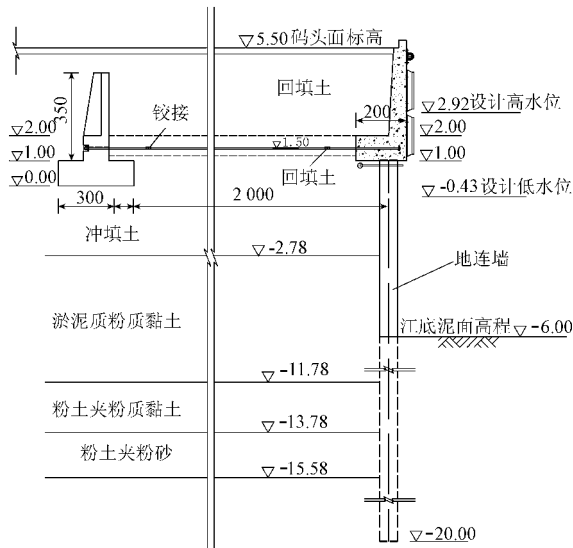


图 1 码头结构断面(单位 :高程 m ,尺寸 cm)

表 1 土层物理力学参数

土 层	密度 $\rho/$ ($t \cdot m^{-3}$)	黏聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(^{\circ})$	压缩模量 E_s/MPa
加筋土	18.2	0	25.0	5.0
冲填土	18.2	0	25.0	5.0
淤泥质粉质黏土	17.2	11.8	10.5	3.5
粉土夹粉质黏土	18.3	7.4	21.0	6.1
粉土夹粉砂	18.4	5.7	23.1	7.3
粉砂夹粉土	18.9	3.3	27.3	11.9

该工程中在板桩码头墙后采用土工格栅回填土的主要作用是减小墙后主动土压力对板桩墙的作用,减小板桩弯矩及桩顶位移,并减小锚杆的拉力。工程筋材选用 TGSG 40-40 双向拉伸塑料土工格栅,加筋土体长度的从码头胸墙后计算 9.0 m,竖向上从码头面至高程 2.00 m,每层格栅间距 30 cm,共做 7 层格栅。

2 有限元模型

采用美国 ITASCA 咨询集团公司研制开发的 FLAC(fast lagrangian analysis of continua)程序进行计算,它基于连续介质显式拉格朗日差分法^[7-8]。20 世纪 90 年代初,该软件被引入中国,目前 FLAC/FLAC^{3D}软件已广泛应用于岩土工程、采矿工程、水利工程、地质工程等行业与部门。

土体本构采用弹塑性 Mohr-coulomb 本构模型,锚定墙采用线弹性材料,板桩和胸墙采用桩单元(pile)模拟,锚杆使用条形锚单元(strip)模拟。土工格栅采用 FLAC 提供的梁单元(beam)模拟。对于土工格栅与周围填料之间的筋土界面采用接触面处理,该界面单元的力学特性应用弹塑性本构模拟,即界面单元是否保持在弹性范围内按照式(1)计算得到的剪应力确定:

$$\tau < \sigma \tan \varphi + c \tag{1}$$

式中: τ 、 σ 分别为土工格栅土体界面上切向应力和法向应力; φ 、 c 分别为界面的内摩擦角与黏聚力,参考文献[9-11],计算时取土体相应参数的 0.85 倍。土体计算参数见表 1,土工格栅的计算参数如下:弹性模量 21 GPa,抗拉强度 40 kN/m,接触面刚度 1000 GPa,接触面黏聚力 0 kPa,接触面内摩擦角 21.3°。

通过 FLAC 建立的计算模型如图 2 所示。

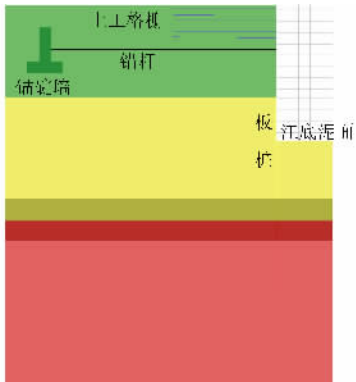


图 2 结构计算分析模型

3 计算结果及分析

3.1 计算结果

通过上面的计算模型,建立了有、无土工格栅加

筋土回填的两种设计方案,取设计高水位和设计低水位两种工况进行计算,计算结果见表 2。

表 2 计算结果

方案	工况	锚杆拉力标准值/kN	板桩最大正弯矩/(kN·m)	最大正弯矩作用高程/m	板桩最大负弯矩/(kN·m)	最大负弯矩作用高程水平/m	码头水平位移/mm
土工格栅回填土	设计高水位	303.6	452.2	-13.2	-720.7	-4.3	23.7
	设计低水位	385.9	596.2	-13.4	-917.9	-4.4	30.9
普通回填土	设计高水位	341.8	449.1	-13.1	-673.0	-4.4	26.0
	设计低水位	424.5	591.0	-13.5	-927.0	-4.6	35.5

由表 2 可知,码头板桩墙后采用土工格栅回填土时,锚杆最大拉力标准值减少 12.6%;板桩最大弯矩相接近,最大负弯矩增加 6.9%;码头最大水平位移减少 14.91%。

为检验土工格栅回填土在板桩码头工程中的应用的效果,在本工程码头西侧端部选用一个长度为 20 m 的结构段,板桩墙后为普通回填土,其余部位板桩墙后均为土工格栅回填土。根据数值模拟计算结果,使用普通回填土的码头结构段使用拉杆直径 70 mm(安全工作荷载 730 kN),锚锭板埋深 6.2 m;使用土工格栅回填土的码头结构段,拉杆直径 65 mm(安全工作荷载 630 kN),锚锭板埋深 5.5 m。

3.2 实测结果

工程竣工后,通过对码头每个结构段板桩墙顶部设置的 2 个位移观测点进行监测。监测结果显示,板桩墙后采用土工格栅回填土的码头水平位移在 18~31 mm 之间,平均值为 24.6 mm;板桩墙后采用普通回填土的码头水平位移为 32.5 mm。

通过对钢拉杆上安装的应变片进行监测,然后根据应力-应变关系确定锚杆拉力。根据监测数据,采用土工格栅回填土的码头锚杆拉力在 359.95~426.05 kN 之间,平均值为 395.77 kN;采用普通回填土的码头锚杆拉力为 462.00 kN。

位移数据和拉杆应力监测数据表明,计算结果与实际监测结果基本吻合。采用土工格栅回填土后,实测码头水平位移减少了 24.31%,锚杆拉力减小了 14.33%。

3 结 语

通过数值模拟计算得到的土工格栅加筋板桩码头变形及应力与现场监测结果基本吻合,验证了数值方法的合理性和有效性。利用数值模拟的方法,对使用土工格栅加筋土回填的板桩码头进行优化设计是可行和有效的手段。

数值模拟以及现场监测结果显示,在板桩码头墙后采用土工格栅回填土,能够有效降低板桩码头胸墙上的荷载作用,减小了码头前沿位移,从而优化整个结构。随着科技的进步,土工格栅生产工艺已日渐成熟,土工格栅以其良好的提高复合土体强度的性能,在土木工程和其他领域的应用会越来越广泛。

参考文献:

[1] 戴天棋.土工合成材料在湄洲湾码头工程中的应用[J].福建建设科技,2003(1):45-47.
[2] 张福贵,朱庆华.土工格栅在板桩码头工程中的应用[J].河海大学学报:自然科学版,2009,37(6):712-715.
[3] 王祺,韩道均,陈仕周.土工格栅加筋挡墙的设计方法及应用[J].重庆交通学院学报,2006,25(3):65-68.
[4] 胡建东.加筋土挡墙设计及其在水电工程中的应用[J].水利水电科技进展,2000,20(5):60-63.
[5] 何光春.加筋土结构设计与施工[M].北京:人民交通出版社,2000.

(上接第30页)

3 结 论

- a. 土工袋在水平方向对土压力确实具有缓冲和削减作用,这对于工程减振隔震具有现实意义。
- b. 通过试验得出了土工袋柔性挡土墙土压力竖向分布的曲线,虽然该曲线的正确性需要进一步的试验校核,但对今后的试验仍具有一定的参考价值。
- c. 土工袋挡土墙在竖向荷载增加情况下,所受土压力增长较缓慢,特别是外层土工袋,这与土工袋的受力形变有很大的关系。

参考文献:

[1] 刘畅,张海波.重力式挡土墙的设计与应用[J].建筑,2009(9):52-53.
[2] 卢廷浩.土力学[M].南京:河海大学出版社,2005:192-217.
[3] 刘斯宏,汪易森.土工袋技术及其应用前景[J].水利学报,2007,38(S1):644-648.
[4] 刘斯宏,汪易森.土工袋加固地基原理及其工程应用[J].岩土工程技术,2007,21(5):221-225.
[5] MATSUOKA H,LIU Si-hong. A new earth reinforcement method using soilbags[M]. Netherlands:Taylor & Francis,2006:55-100.
[6] 王艳巧,刘斯宏,杨俊杰,等.土工袋加固砂性土质边坡模型试验与上解[J].岩石力学与工程学报,28(S2):4006-4013.

(收稿日期 2011-09-06 编辑 骆超)

版社,2000.
[6] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会.土工合成材料工程应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
[7] Itasca Consulting Group. Fast lagrangian analysis of continua in 3 dimension[M]. MN,USA:Itasca Consulting Group,Minneapolis,2002.
[8] 陈育民,刘汉龙,邓肯-张本构模型在FLAC^{3D}中的开发与实现[J].岩土力学,2007,28(10):2123-2126.
[9] SUGIMOTO M,ALAGIYAWANNA A M N,KADOGUCHI K. Influence of rigid and flexible face on geogrid pullout test[J]. Geotextiles and Geomembranes,2001,19:257-277.
[10] 杨广庆,李广信,张保俭.土工格栅界面摩擦特性试验研究[J].岩土工程学报,2006,28(8):948-952.
[11] 周春儿,何光春,龙丽吉.台阶式土工格栅加筋土挡墙结构优化设计[J].河海大学学报:自然科学版,2008,36(5):713-717.

(收稿日期 2011-09-09 编辑 熊水斌)

(上接第35页)

4 结 语

为解决地基处理后的工后沉降,通过分析金钟罩铁布衫的力学原理,设计开发出金钟罩复合地基。采用金钟罩复合地基后,荷载从由桩体承担改为由加筋土和桩体共同承担,加筋体产生正拱效应,形成有效的复合地基,可提高地基的回弹模量;立体土工格栅可以改变动荷载产生的震荡频率的方向,从而使沉降减小;下卧区可提高土体固结度,让其承担上部土体产生的荷载,同时通过及时封闭排水通道,可减少水体对地基产生的影响。

金钟罩复合地基还需进行以下几方面的研究^[2-3]:①各类地基载荷规律、应力场和位移场特性研究;②各类复合地基承载力和沉降计算方法及计算参数研究;③按沉降控制的复合地基设计理论;④各类复合地基优化设计理论;⑤动力载荷和周期载荷作用下各类复合地基性状;⑥复合地基测试技术等。

参考文献:

[1] 姚建平,蔡德钧,闫宏业,等.我国高速铁路地基处理综述[C]//第十一届全国地基处理学术讨论会论文集.海口:南海出版社,2000:15-19.
[2] 李一雯,周建,龚晓南.高速铁路大直径薄壁筒桩网复合地基沉降计算方法探讨[C]//第十一届全国地基处理学术讨论会论文集.海口:南海出版社,2000:351-352.
[3] 刘维正,魏荣亮,陈迎,等.城市道路局部桥头沉降分析[C]//第十一届全国地基处理学术讨论会论文集.海口:南海出版社,2000:500-502.

(收稿日期 2011-09-15 编辑 骆超)