

大面积堆载作用下滨海吹填软土地基变形特性研究

毕丹

(中油辽河工程有限公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要:通过在大面积堆载场地设置地表沉降监测仪器,进行历时3年的现场监测,对大面积堆载作用下滨海吹填软土地基的沉降变形特性进行了分析研究,揭示了大面积堆载作用下软土地基变形特性不同于常规荷载作用下软土地基变形特性的规律,总结了大面积堆载条件下软土地基变形沉降的规律,利用数值计算方法模拟了地基沉降变形规律,分析了地基破坏模式,数值计算结果与现场监测结果有着较好的一致性,在400 kPa堆载力的作用下,最大沉降值约为1.6 m。

关键词:软土地基;堆载;沉降监测;固结沉降;数值计算;变形规律

中图分类号:TU471.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)10-0075-04

Research on Deformation Characteristics of Coastal Hydraulic Fills Soft Ground under Large Area Heaped Load/
Bi Dan (China Liaohe Petroleum Engineering Co., Ltd., Panjin Liaoning 124010, China)

Abstract: By setting surface subsidence monitoring instruments in a large area of the loading site, the on-site monitoring lasted 3 years, and the analysis was made on the deformation characteristics of coastal hydraulic fills soft ground subsidence under large area heaped load. It is revealed that the deformation characteristics of soft ground under large heaped load are different from those under normal load and the soft ground deformation settlement law of large area heaped load conditions is summarized. By the use of numerical methods, the foundation deformation law is simulated and the foundation failure mode is analyzed, the numerical calculation results and the field monitoring results have a good coherence. Under 400kPa heaped load force, the maximum settlement value is approximately 1.6m.

Key words: heap loading; subsidence monitoring; consolidation settlement; numerical calculation; deformation law

0 引言

曹妃甸矿石码头一期工程堆料场工程位于曹妃甸岛东南侧,与唐山 LNG 现在场地隔路相应。工程包括6个堆料场、5个皮带传输轨道梁及机房、变电站等设施,平面布置图见图1所示。工程于2004年开工建设,于2005年投产。场地为滨海人工吹填粉

砂经强夯处理地基,用于堆放矿石,场地设计承载力为100 kPa,但实际堆载过程中,局部堆载最大达到400 kPa。在投入使用不久,即出现了地面不均匀沉降问题,堆载区域周围地面明显下陷,行车出现卡轨、运行困难等现象,个别构筑物已破坏,不能正常使用。

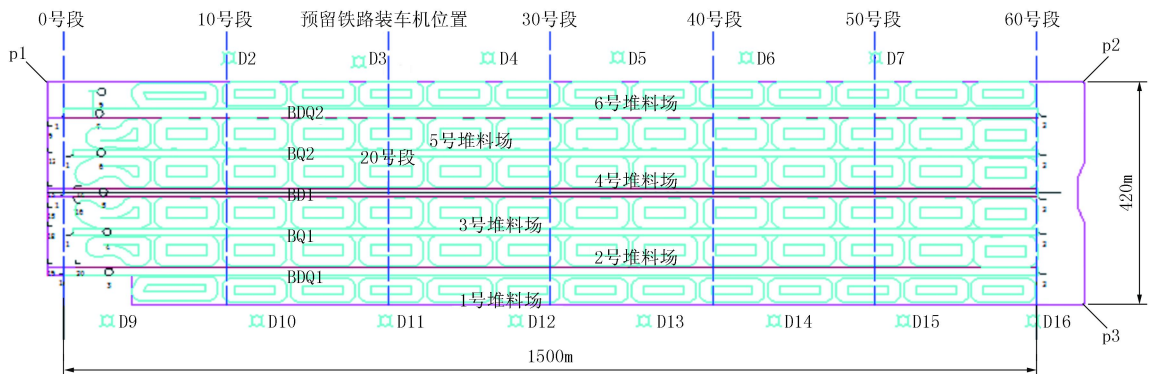


图1 堆载场地平面布置图

工程沉降监测最早始于2004年12月25日,最近一次监测记录为2007年3月,历时2年多,取得了较为丰富的沉降监测数据。通过在大面积堆载场

地设置地表沉降监测仪器,进行历时3年的现场监测,对大面积堆载作用下软土地基的沉降变形特性进行了分析研究,揭示了大面积堆载作用下软土地

收稿日期:2014-03-05; 修回日期:2014-07-14

作者简介:毕丹(1983-),男(汉族),辽宁盘锦人,中油辽河工程有限公司岩土工程所副主任、工程师,地质工程专业,硕士,从事岩土工程勘察与设计方面的工作,辽宁省盘锦市石油大街93号,bidan1983@126.com。

基变形特性不同于常规荷载作用下软土地基变形特性的规律,总结了大面积堆载条件下软土地基变形沉降的规律,利用数值计算方法模拟了地基沉降变形规律,分析了地基破坏模式,数值计算结果与现场监测结果有着较好的一致性。总结了大面积堆载沉降变形的一般规律^[1-6],为软土地基的固结沉降分析计算提供依据,对指导即将开工建设的唐山 LNG 工程具有非常重要意义。

1 岩土地层分布和土层特性

地基土层按其宏观特性可分成6层。

①粉细砂(Q_4m),灰黄、灰色,饱和,中密,层厚 3.0~4.0 m,局部含粉质粘土夹层,灰色,饱和,单层厚 2~10 mm;

②粉质粘土(Q_4m),灰色,可塑,层厚 0.7~14.5 m,平均厚度 7.2 m;

③粉土(Q_4m),灰色,饱和,中密~密实,层厚 2.0~8.0 m,平均厚度 4.8 m;

④粉质粘土(Q_4m),灰色,可塑,层厚 6.4~14.3 m,平均厚度 9.2 m;

⑤粉土(Q_3m),灰色,饱和,中密~密实,层厚 0.9~7.3 m,平均厚度 4.0 m;

⑥粉细砂(Q_3m),灰色,饱和,密实,平均厚度 12.7 m。

2 地基变形与原因分析

2.1 地基变形性状

为了进行跟踪控制与管理,2004~2007年,对该区域进行了连续的沉降监测,由于数据较多,文中只列出最近一次的观测结果,行车钢轨标高变化曲线如图2所示。

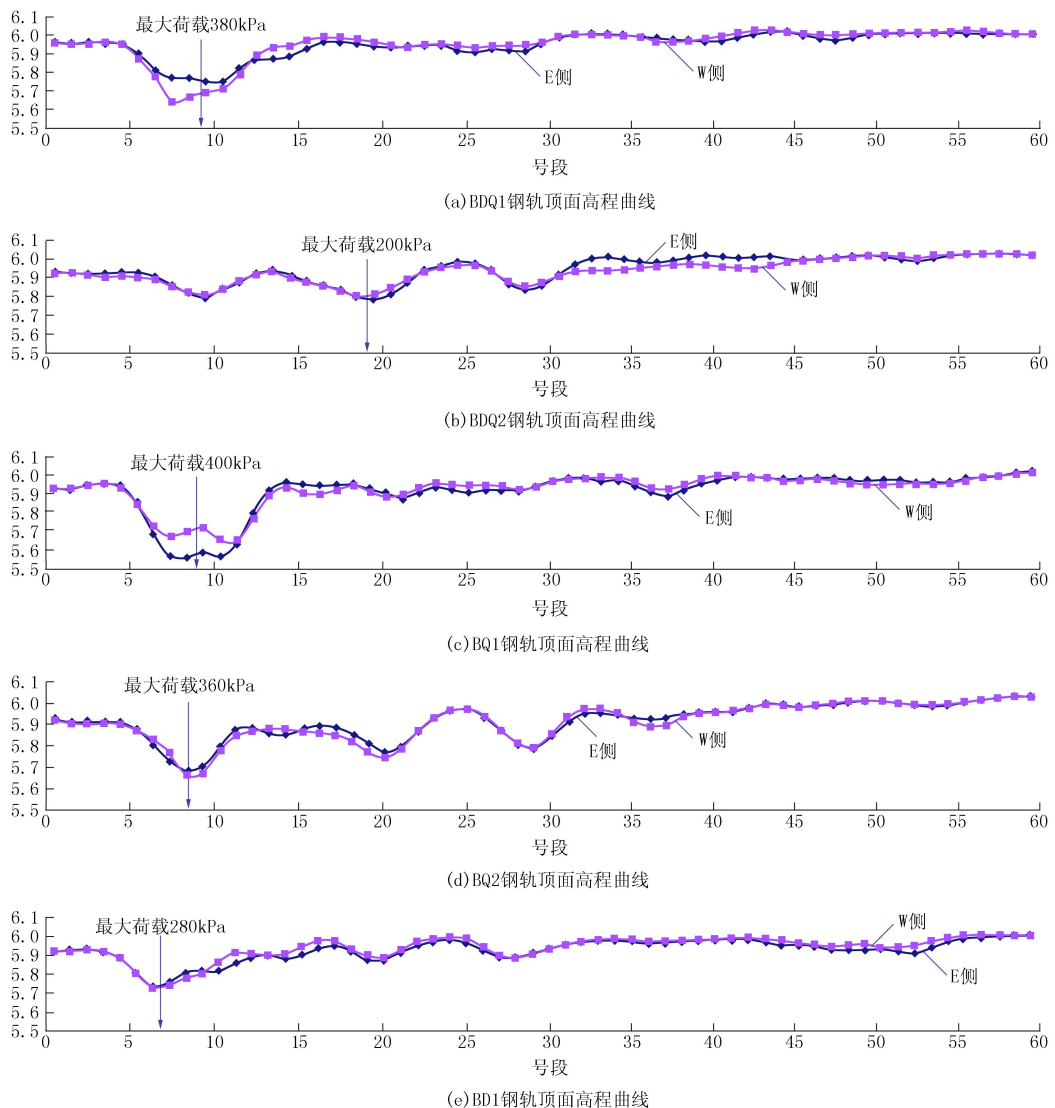


图2 行车钢轨标高变化曲线图

大面积堆载一般具有如下特征:固结时间长,孔隙水压力消散缓慢;影响范围大,由于堆载引起的附加应力随深度变化很小,因此压缩层厚度较大;一般具有沉降盆特征,两边沉降小,中间沉降大,堆载压力越大,沉降越大。

从图 2 中可以看出,地基沉降变形量非常大,许多构筑物的沉降量都超过了 300 mm,远远大于其可以承受的变形;不均匀沉降明显,最大沉降段变形量达到 350 mm,而最小的沉降量仅为 30 mm。监测数据表明,局部的地面沉降速率仍然大于 0.05 mm/d,没有稳定下来的趋势,同时,不均匀沉降有进一步加剧的迹象。

2.2 地基变形原因分析

(1)地质状况复杂。根据地勘资料,该区域的工程地质参数如表 1 所示。由表 1 可见,该区域具有明显的软弱土特征,抗剪强度低,压缩性高,次固结沉降极其可观。另外,根据地质报告,该区域的各土层厚度非常不均匀,压缩性不一致,这在一定程度上也造成了沉降的不均匀性。

表 1 地基土参数

层号	土层	平均厚度/m	容重/(kN·m ⁻³)	孔隙比 e	压缩模量/MPa	泊松比	c/kPa	φ/(°)
	吹填粉砂	3	20.1		30	0.3	7	30
①	粉细砂	3.5	20.6		31	0.3	7	35
②	粉质粘土	7.2	18.3	0.64	6.8	0.36	14.8	18.4
③	粉土	4.8	18.9	0.68	5.2	0.3	19	26
④	粉质粘土	9.2	18.1	0.72	4.5	0.35	23	26
⑤	粉土	4	19.0	0.67	3.8	0.35	19.5	21.6
⑥	粉细砂	12.7	21.0		36	0.3	7	35

(2)设计不合理。只对地面进行了强夯加固处理,由于强夯加固影响深度较小,并没有考虑深层地基岩土体的排水固结效应。

(3)堆载过大,不均匀,且有反复堆载作用。该区域在使用过程中,一般堆载量都会超过 100 kPa,经过验算,天然地基的承载力远远不能满足堆载的要求。再者,堆载情况是不停地变化着的,地基一直处于反复的加载卸载过程中,使得卸载后土体不能得到有效的回弹恢复。

3 数值计算分析

根据现场实际情况,考虑堆载边界影响范围,确定了数值计算模型尺寸为长×宽×高=1800 mm×420 mm×150 mm,行车轨道(包括碎石垫层)尺寸如图 3 所示。

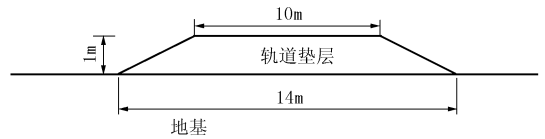


图 3 轨道尺寸图

模型共剖分单元 110640 个,节点 119785 个。沿轨道走向每 25 m 一格共设 60 格,与监测数据中的 60 段轨道对应,轨道端头外延 150 m 以消除边界约束对端头附近土层沉降的影响,计算模型如图 4 所示。

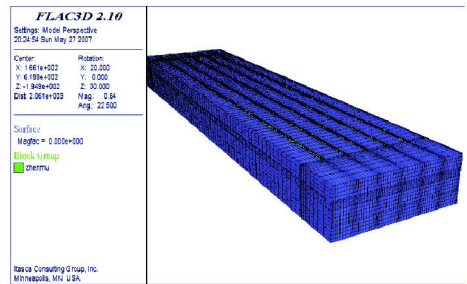


图 4 计算模型图

3.1 本构模型及边界条件

轨道垫层及地基岩土选择弹塑性摩尔库伦破坏准则。模型边界条件采用位移边界条件,如图 5 所示。底部 X、Y、Z 三个方向限定位移,X 方向在 X=0, X=1800 m 位置限定 X 方向位移,Y 方向在 Y=0, Y=420 m 位置限定 Y 方向位移。

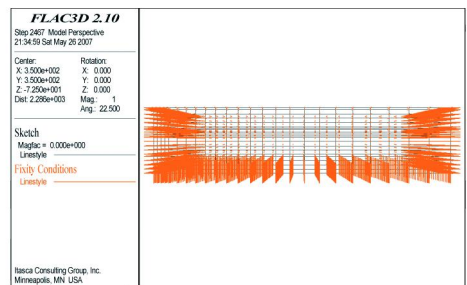


图 5 模型边界条件

3.2 计算参数

根据勘察资料,综合现场实际情况,各地层的计算参数参见表 1。

3.3 计算结果分析

图 6 为模型计算的沉降等值云图,从图中可以看出,在大面堆载力作用下,地基呈现不规则沉降,局部沉降量较大。在 400 kPa 堆载力的作用下,最大沉降值约为 1.6 m。

图 7 为地基变形破坏的云图,地基破坏的主要形式为剪切破坏,在局部存在拉剪破坏模式。

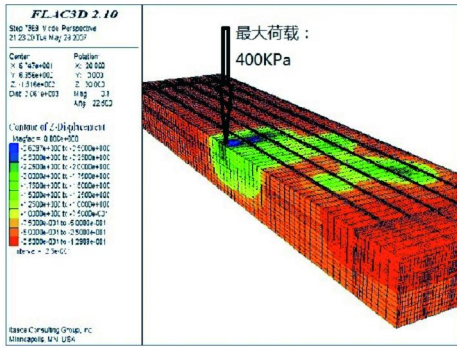


图6 沉降等值云图

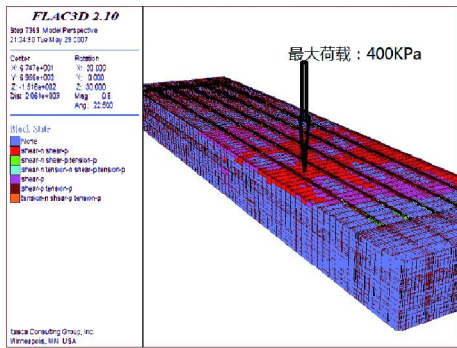


图7 地基塑性破坏模式

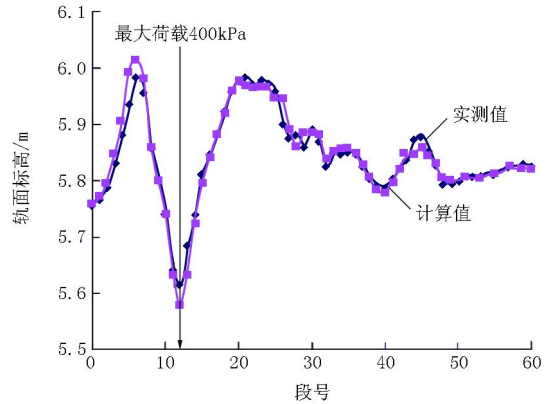


图8 沉降曲线

长,孔隙水压力消散缓慢,影响范围大,一般具有沉降盆特征,两边沉降小,中间沉降大,堆载压力越大,沉降越大。

(2)大面积不均匀堆载地基变形破坏的原因主要是由于堆载过大,不均匀,且设计不合理造成的。

(3)采用数据计算模拟了堆载后地基变形破坏的性状,数值计算结果与实测结果有着较好的一致性。数值计算方法能真实的反映岩土体在外荷载作用下的力学响应。

参考文献:

[1] 吴邦颖,张师德,等.软土地基处理[M].北京:中国铁道出版社,1995.
 [2] 龚晓南.地基处理新技术[M].陕西西安:陕西科学技术出版社,2002.
 [3] 李凡,吴志昂,孙四平.软土地基路堤最终沉降量推算方法研究[J].合肥工业大学学报,2003,26(2),277-280.
 [4] 伍翎仪.软土的压缩沉降与计算[J].人民珠江,1997,(2),16-19.
 [5] 叶书麟,韩杰,叶观宝.地基处理与托换技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
 [6] 曾国熙,卢肇钧,蒋国澄,等.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.

4 结论

在软弱地基条件下,大面积不均匀堆载极易产生不均匀沉降,同时,由于固结排水条件差,变形持续的时间相当长,很难得到有效的稳定控制,这种变形将对构筑物的结构和安全产生很大影响。

(1)大面积堆载一般具有如下特征:固结时间

欢迎订阅《施工技术》(半月刊)

《施工技术》杂志为国家期刊奖提名奖期刊、中国科技论文核心期刊、中国期刊方阵双百期刊、建设部优秀科技期刊、中国科技期刊精品数据库来源期刊、中文核心期刊、国际建筑数据库收录期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、美国《剑桥科学文摘》收录期刊、波兰《哥白尼索引》来源期刊、《中国铁路科技文献数据库》收录期刊。本刊创刊于1958年,是国内建设系统唯一的国家级专业科技期刊,也是建设科技领域率先改为半月刊的中文核心期刊。

特色栏目:方针政策;综述述评;地基与基础;建筑企业信息化;隧道工程;道路与桥梁;模板与脚手架;钢结构;混凝土;防水技术;安装工程;建筑节能;工程检测、鉴定与加固;装饰装修;结构分析与试验研究;机械化施工;绿色施工;测

量技术;标准规范等。

杂志为国际16开,国内外公开发行。各地邮局、本编辑部均可订阅。本刊兼营广告,是展示企业形象的理想舞台。

邮发代号:2-756,定价:15.00元/本,全年360元。

地址:北京市西城区德胜门外大街36号A座4层

邮编:100120

电话:(010)57368788(主编),57368789(编辑),68300059(广告),68341147(发行)

E-mail:sgjs@cadg.cn

网址:http://www.shigongjishu.cn

新浪微博:@施工技术传媒机构

微信号:shigongjishu