



正面吊作用下混凝土板 规范计算厚度过大的原因探讨

牛晓丹, 胡鹏

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 大连港大窑湾港区6#和7#泊位集装箱堆场箱角间混凝土板厚按规范计算需40 cm, 实际工程仅为20 cm。原设计不允许正面吊作业, 实际正面吊进行了相当长时间作业后, 混凝土板并未破坏。对铺面设计进行计算比较认为: 混凝土板规范计算厚度过大的原因是刚性铺面下采用的土基回弹模量过小。

关键词: 正面吊; 混凝土板; 回弹模量; 计算厚度

中图分类号: U 655

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2012)09-0200-03

Reasons of excessive thickness of concrete slab calculated from standard in the container yard pavement under action of reach stacker

NIU Xiao-dan, HU Peng

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: According to the standard when calculating the thickness of the concrete slab, the value is 400mm in the container yard in berth No. 6 & berth No.7 of Dayaowan port area of Dalian port. But in the practical project, it was only 200 mm. The reach stacker was not allowed to work here by the original design. However, the concrete slab was not damaged after a lengthy operation of the reach stacker virtually. Different pavement designs were compared by calculations and the conclusion was that the reason why the thickness of slab was overlarge was that the modulus of resilience of earth subgrade adopted under the rigid pavement was too small.

Key words: reach stacker; concrete slab; modulus of resilience; calculated thickness

大连港大窑湾港区一期工程是我国“七五”、“八五”期间的重点工程。一期工程共10个泊位, 原设计3#、4#泊位为集装箱泊位。在建设过程中由于集装箱量增长很快, 5#~7#泊位改为集装箱泊位(图1)。集装箱堆场铺面面层为混凝土板, 集装箱水平运输采用拖挂车, 堆场垂直运输采用轮胎式集装箱龙门起重机。

在运营初期, 由于堆取箱量较少时使用轮胎式集装箱龙门起重机调动不便, 而采用了正面吊运机。正面吊运机的轴重可达90~120 t, 在设计上不允许上堆场。但正面吊有时上了堆场, 而且

运行了几年后, 堆场混凝土板并未破坏, 可见混凝土板按规范计算厚度过大。

1 正面吊运机作用下混凝土铺面设计条件

1.1 气象

大窑湾地区多年平均气温10.3℃, 极端最高气温35.3℃, 极端最低气温-21.1℃。大连地区50 a一遇最大温度梯度 T_{gm} 为0.86℃/cm。

1.2 地质

堆场处工程地质从上到下可分为3层: 第四纪全新世海相沉积淤泥质土层, 厚4~6 m; 第四纪

收稿日期: 2012-04-20

作者简介: 牛晓丹(1968—), 女, 工程师, 主要从事港口工程道路、堆场设计和技术管理工作。

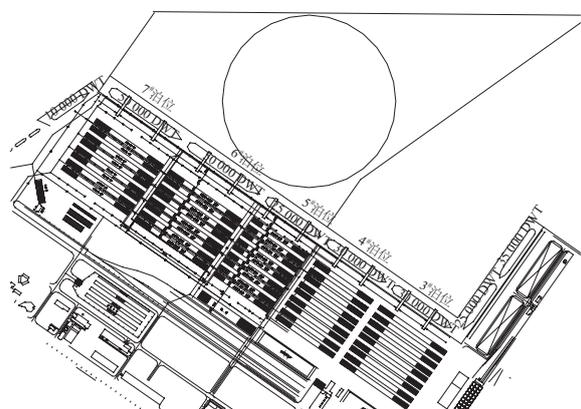


图1 大窑湾港区一期工程总平面

更新世洪坡积黄色砂卵石、碎石及黏性土层, 一般厚1~3.5 m; 震旦纪石灰岩和泥质板岩基岩层。

大窑湾一期工程堆场是填海造地形成。填海造地所需的石料为附近开采的开山石, 山体为石灰岩和泥质板岩。地基为强夯加固处理, 回弹模量可达60~80 MPa。

2 大窑湾一期工程6[#], 7[#]泊位集装箱堆场结构

大窑湾一期工程6[#], 7[#]泊位集装箱堆场采用混凝土铺面。箱角为钢筋混凝土条形基础, 即钢筋混凝土梁。大部分堆场钢筋混凝土梁长5 736 mm, 宽1 600 mm, 高250 mm。箱角之间面层为混凝土板。板长2 868 mm, 宽2 429 mm, 高200 mm, 见图2和3。

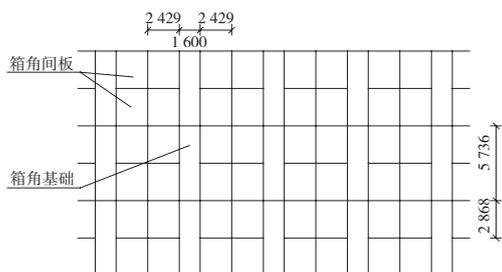


图2 集装箱堆场梁板平面布置

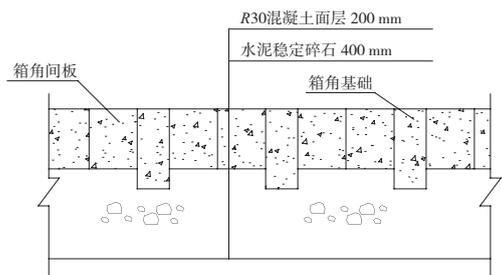


图3 集装箱堆场铺面结构

基层采用水泥稳定碎石, 箱角基础下水泥稳定碎石层350 mm, 箱角之间的板下水泥稳定碎石厚400 mm。土基为强夯的开山石。

堆场1997年投产到目前已有14 a, 面层未发现破损。投产使用初期, 正面吊运机曾进行过作业。

3 混凝土板厚度计算

3.1 混凝土铺面设计参数

正面吊运机选用TLA5-5型。

正面吊运机、土基、基层、面层设计参数如下: 前轮轮压300 kN/轮; 轮距3 200 mm; 重载前轮接地面积0.46 m×0.65 m; 流动机械荷载分级 P_5 ; 年运行次数(估算)300次; 运行年限(估算)5 a; 土基回弹模量 E_0 为60 MPa; 水泥稳定碎石层厚40 cm; 水泥稳定碎石回弹模量1 500 MPa; 混凝土面层弯拉弹性模量300 MPa; 混凝土面层设计弯拉强度5.0 MPa。

3.2 计算结果

按《港口道路堆场设计与施工规范》^[1]计算结果如下:

道路标准荷载作用次数 $N_m=3.57 \times 10^7$; 标准荷载当量圆直径 $D=61.8$ cm; 地基综合反应模量 $K=213.2$; 箱角间板厚 $h=40$ cm; 混凝土相对刚度半径 $r=117.7$ cm; 动荷系数 $K_d=1.05$; 接缝传荷能力的应力折减系数 $K_r=0.85$; 板长修正系数 $\lambda=0.9$; 疲劳折减系数 $K_f=0.47$; 温度应力折减系数 $K_2=0.99$; 铺面系数 $K_3=0.9$; 混凝土强度增长系数 $K_4=1.2$; 荷载弯拉应力 $\sigma^c=2.5$ MPa; 容许荷载弯拉应力 $\sigma_a=2.4$ MPa; 满足 $0.95\sigma_a < \sigma^c < 1.03\sigma_a$ 的规范要求。

计算结果表明, 按现行规范计算, 营运初期正面吊运机在堆场上作业, 箱角之间板厚需40 cm, 基础水泥稳定碎石需40 cm。然而, 实际箱角之间板的厚度仅为20 cm, 铺面并没有破损, 说明混凝土板按规范计算厚度过大。

3.3 混凝土板厚度计算过大的原因分析

道路堆场的土基破坏应属于地基局部剪切破坏。即基础同地基土体在荷载作用下沿滑动面向两侧挤出, 基础两侧有隆起面破坏。混凝土面层

属刚性,可以阻止土体隆起,因而增加了地基承载力。地基规范明确提出增加边荷载可以提高地基承载力^[2]。荷载作用处周围的混凝土铺面就相当于边荷载,因其刚度大,可阻止土体隆起约束荷载作用下土体向两侧挤出,因而提高了土基回弹模量和承载力。

同济大学姚祖康教授曾对集装箱堆场铺面进行过专题研究,发表了《集装箱堆场铺面的结构计算问题》^[3]论文中写到:“集装箱堆场的铺面,承受施压面小、单位压力大的局部荷载。采用大块刚性结构时,通常应用弹性地基上薄板的理论进行结构厚度计算。由于缺乏实践经验,设计时常套用公路水泥混凝土路面的设计方法和参数,至使已建成的堆场铺面厚度过大。”

姚祖康教授在安庆修筑野外试验路上(板厚15~27 cm),通过板中实测挠度值反算地基回弹模量和用承载板实测的地基回弹模量相比,发现增长一定倍数。增长系数 K 随板厚增长而增长:

$$K=0.2h-1 \quad (1)$$

式中: h 为板厚。

当板厚为20 cm时,回弹模量增长系数为2,即实际地基的回弹模量是用承载板实测的地基回弹模量的3倍;当板厚为30 cm时,回弹模量增长系数为5,即实际地基的回弹模量是用承载板实测的地基回弹模量的6倍。

姚祖康建议:“铺面采用混凝土大板结构时,地基的回弹模量按实测的回弹模量值提高3~5倍选用。”

混凝土铺面结构的面层是混凝土大板,基层一般为水泥稳定粒料,刚度也很大,所以回弹模量应更大。

笔者按姚祖康的建议,大窑湾一期工程6[#]、7[#]集装箱泊位土基回弹模量按实测值的4倍计,即土基的回弹模量 E_0 为240 MPa,根据现行规范(流动机械荷载应力诺莫图适当外延)计算结果如下:

地基综合反应模量 $K=554.2$;箱角间板厚 $h=30$ cm;混凝土相对刚度半径 $r=81.3$;板长修正系数 $\lambda=0.95$;荷载弯拉应力 $\sigma^c=2.63$ MPa;容许荷载弯拉应力 $\sigma_a=2.56$ MPa;满足 $0.95\sigma_a < \sigma^c < 1.03\sigma_a$

的规范要求。

计算结果表明,按现行规范计算,营运初期正面吊在堆场上作业,箱角之间的厚度为30 cm,基层水泥稳定碎石厚度需40 cm。说明地基回弹模量可以提高3倍。

从大窑湾一期工程实际运行的经验看,箱角之间的板厚只20 cm,铺面未发生破坏,说明刚性板下的地基回弹模量可以更大。而计算中采用的地基回弹模量过小是造成面层过大的主要原因。

4 对规范修改的建议

《港口道路、堆场铺面设计与施工规范》^[1]正在修编,建议考虑以下几个问题:1)集装箱堆场一般采用混凝土铺面,一个50 000吨级的集装箱堆场面积按10万 m^2 计,面层减小10 cm,混凝土量即减少1万 m^3 ,按现价估计约600万元。可见铺面厚度对工程费用影响很大。因此给出合理的铺面设计方法和参数很有必要;2)如果考虑回弹模量的合理增大,应该做必要的试验;3)计算所需诺莫图中,地基综合反应模量的范围应增大,相应 P_1-P_6 级荷载曲线也应扩大。

5 结语

大窑湾一期工程6[#]、7[#]泊位集装箱堆场,原设计不允许正面吊运机作业,由于营运需要,投产初期使用了正面吊运机,但堆场铺面并未破坏。根据理论分析和试验,刚性的混凝土铺面下,实际土基回弹模量可比现场载荷板试验提出的值增大3~5倍,采用增长的土基回弹模量,按现行规范计算,混凝土板可大为减薄。实践、理论都说明按现行规范设计,混凝土计算板厚过大,其原因是选用的土基回弹模量过小,现行规范修订时应予考虑。

参考文献:

- [1] JTJ 296—1996港口道路、堆场铺面设计与施工规范[S].
- [2] JTS 147-1—2010 港口工程地基规范[S].
- [3] 同济大学交通运输学院. 可与共学[M]. 北京:人民交通出版社,2003.

(本文编辑 郭雪珍)