

机场水泥混凝土大板接缝设计

翁兴中¹, 谭麦秋², 孔大庆², 黄小明², 杜俭¹

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 空军后勤部机场营房部, 北京 100720)

摘要:针对机场水泥混凝土大板的特点,建立了大板接缝宽度和接缝张开量的计算公式,并在某机场的水泥混凝土大板试验段上进行了接缝宽度变化的观测,提出了大板接缝设计的方法。

关键词:接缝; 张开量; 观测; 设计

中图分类号: V35·U416.216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2002)06-0004-03

目前,在机场水泥混凝土道面的接缝设计时,只对板接缝的构造型式进行设计^[1],而对板接缝宽度则采用经验作法,即采用两次锯缝的方法,锯缝的宽度一般分别为4 mm和8 mm。这种作法的缺陷在于没有考虑不同地区、不同温差而引起板的接缝张开量的不同以及填缝料性能的不同对接缝张开量的要求。现有板的尺寸一般为4~6 m,其板缝的张开量较小,对接缝的影响也较小。随着板的尺寸增加,板缝的宽度和张开量也相应地增加。水泥混凝土大板的尺寸在10~15 m,其尺寸是现有板尺寸的2~3倍,板缝宽度和板缝的张开量也相应地增加较多。板缝张开量的增加,对填缝料的技术要求更高;张开量的增加也相应地增加了板的接缝宽度。接缝宽度的增大会降低板之间的传荷能力。因此,需要对水泥混凝土大板的接缝的宽度和张开量进行专门研究,并建立起相应的接缝设计方法。

国内外在机场和公路的水泥混凝土道面板接缝宽度和张开量方面一直未开展过系统研究,特别是板尺寸增大时,接缝的宽度和张开量对接缝的影响更是缺乏研究。

1 板缝宽度和张开量

道面板接缝宽度主要取决于板的温差和水泥混凝土在大气环境下因湿度变化而发生的干缩。温差的变化主要取决于板的整体温度的降低和道面板的温度梯度。

不计约束时,在温度梯度作用下,道面板产生曲率半径为 R 的变形^[2]。将变形后的道面板的与变形前的道面板长度进行对比,可推导出板的温度梯度引起的无约束的翘曲变形导致板接缝的张开量的计算公式,如式(1)、(2)所示。

板缝中点张开量:

$$\Delta L'_1 = L - \frac{2h}{\alpha \Delta T} \sin\left(\frac{L\alpha \Delta T}{2h}\right) \quad (1)$$

板缝顶点张开量:

$$\Delta L''_1 = L - 2\left(\frac{h}{\alpha \Delta T} - \frac{h}{2}\right) \sin\left(\frac{L\alpha \Delta T}{2h}\right) \quad (2)$$

式中: $\Delta L'_1$ 为板缝中点的张开量,(m); $\Delta L''_1$ 为板缝顶点的张开量,(m); L 为板长,(m); h 为板厚,(m); α 为水泥混凝土热膨胀系数, $9 \times 10^{-6} \sim 10.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$; ΔT 为板顶与板底的温度坡差, $(^\circ\text{C})$ 。

若板因整体温度下降所受到的约束主要是板与基层之间的摩阻力作用^[3]。板底的摩阻力的大小按式(3)计算。仅考虑拉力时,板的伸缩量 Δu 可按式(4)计算:

$$T_x = rxhf \quad (3)$$

$$\Delta u = \frac{rfL^2}{4E} \quad (4)$$

式中: r 为水泥混凝土的容重, (MN/m^3); L 为水泥混凝土板长度, (m); f 为摩阻系数; h 为板厚, (m); x 为距板端的距离, (m); E 为水泥混凝土的弯拉弹性模量, (MPa)。

由于道面伸缩变形所引起的板缝的张开量 ΔL_2 可按式(5)计算。

$$\Delta L_2 = \alpha TL - \frac{rfL^2}{4E} \quad (5)$$

式中: T 为温度变化范围, 即灌填缝料时道面板的温度减去年最低月平均温度。

道面板的干湿状况引起的板缝张开量 ΔL_3 按式(6)计算。

$$\Delta L_3 = \varepsilon L \quad (6)$$

式中: ε 为水泥混凝土的干缩系数, 约为 $0.5 \times 10^{-4} \sim 2.5 \times 10^{-4}$ 。

2 接缝的观测

为研究水泥混凝土大板的接缝宽度在不同环境下的变化情况, 在某机场的水泥混凝土大板的试验段上进行接缝宽度变化的观测。观测段在试验段上选择两条连续浇筑的施工段(该施工段横贯于整个试验段, 长度为 130 m), 并在每条缝上布置三个测点; 三个测点的平均值作为该缝的宽度。缝宽的测定采用游标卡尺测定, 其精度可达 0.02 mm。每天按定时四个时间(分别为 6:00、13:00、17:00 和 24:00)对板缝宽度进行测定。共进行了秋、冬两个季节的测定。每个季节采用连续测定, 测定时间为 10 ~ 15 d。由于篇幅限制, 本文仅给出部分测定数据。

对道面板接缝在一天内的变化情况进行了观测, 结果见表 1、表 2。从表中可知, 道面板接缝宽度的日变化量为 $0.014 \text{ mm}/\text{C} \sim 0.009 \text{ mm}/\text{C}$ 之间; 在不同的季节时, 板缝宽度的变化规律是相同的, 主要随着板内温度的变化而发生变化, 板缝宽度随着板的温度升高而缩小, 反之亦然。由此可知, 道面板的接缝宽度的变化主要是由板内温度变化引起的。

表 1 2001 年 11 月 19 日板缝宽的变化值

时刻	0:00	6:10	13:00	17:00	23:35
板平均温度/ $^{\circ}\text{C}$	5.0	5.5	10.5	10.0	5.0
15m 板变化量/mm	4.87	4.82	4.80	4.81	4.88
12m 板变化量/mm	4.79	4.76	4.74	4.76	4.81

表 2 2002 年 1 月 25 日板缝宽的变化值

时刻	0:00	6:10	13:00	17:00	23:35
板平均温度/ $^{\circ}\text{C}$	-4.0	-6.7	-3.3	-1.7	-3.7
15m 板变化量/mm	5.57	5.90	5.24	5.48	5.53
12m 板变化量/mm	5.37	5.24	5.19	5.20	5.25

3 接缝设计

由于道面宽度受施工技术的限制, 其宽度一般在 5 ~ 6 m; 水泥混凝土大板主要是在长度方向上增大板的尺寸, 其横向接缝主要是假缝。在考虑温度和板干湿状况以及各种约束, 并用全部实测板缝宽度数据进行修正, 可得到板缝的张开量的计算公式如式(7)所示。

$$\Delta L = L(\alpha T + C_1 \varepsilon) - C_2 \frac{rfL^2 T}{4E} + C_3 \left(L - \frac{2h}{\alpha \Delta T} \right) \sin \left(\frac{L \alpha \Delta T}{2h} \right) \quad (7)$$

式中: C_1 为板的干湿修正系数, 稳定类基层材料 0.6, 粒料基层材料 0.8; C_2 为板的伸缩变形修正系数, 稳定类基层材料 6.0, 粒料基层材料 2.5; C_3 为板的翘曲变形修正系数, 稳定类基层材料 0.4, 粒料基层材料 0.7。

为保证板缝内的填缝料能够满足板缝张开量的要求, 需要有一定的板缝宽度来保证缝内填缝料的宽度。填缝料灌缝时的板缝的宽度按式(8)计算。增加填缝料的拉伸率, 即采用较好的填缝料可以减少板缝的宽

度。板缝宽度的减少可以降低锯缝的成本。

$$B = \frac{\Delta L}{\varepsilon_1} \quad (8)$$

式中: ε_1 为填缝料在机场所处地区的年最低月平均气温条件下的允许拉伸率,填缝料的允许拉伸率应根据填缝料的使用情况,参照有关标准确定^[4]; B 为灌缝时板缝的宽度,(m)。

由于板缝的宽度是靠锯缝形成的,灌缝的宽度 B 包括了锯缝宽度 B_1 、锯缝以后水泥混凝土的凝结硬化所引起板缝的收缩量 Δu 和锯缝时板的温度与填缝时板的温度之差 T_s ($^{\circ}\text{C}$) 引起的板缝张开量 ΔL_4 所组成的。可以推导出锯缝宽度 B_1 为

$$B_1 = B - \Delta L_4 - \Delta u \quad (9)$$

式中: $\Delta L_4 = XT_s L - \frac{\mu L^2 T}{4E}$ 由式(9)可知,板接缝的宽度主要是由锯缝宽度所决定的。选择合理的锯缝宽度可以保证填缝料不撕裂,并可减少工程造价。锯缝宽度在水泥混凝土初期进行时,由于随后的水泥混凝土凝结硬化可使板缝宽度增大,比目前采用的二次锯缝可减少锯缝宽度。同时,在水泥混凝土凝结硬化初期进行锯缝比水泥混凝土凝结硬化后的锯缝容易,故可以降低工程造价。因此,水泥混凝土道面板的锯缝宽度应一次锯成,这样可以降低工程造价,也不会影响缝宽对填缝料的影响。基于这样的思想,在某机场水泥混凝土大板试验段上,采用 4 mm 锯缝后,并在较低的气温下灌入填缝料。经过一个冬季使用表明,填缝料与水泥混凝土粘结牢固,无撕裂现象。说明按这样设计方法设计出板缝结构是可行的。这种做法改变了目前广泛靠两次锯缝形成板接缝的做法,节省了工程投资。

4 结论

- 1) 根据水泥混凝土大板的特点,建立起了考虑板的伸缩、翘曲变形和温度变化及干湿变化的板缝张量的计算公式。
- 2) 建立起锯缝宽度的计算公式。
- 3) 建立了大板接缝设计方法;该方法已应用到水泥混凝土大板的试验段中,使用表明,效果良好;并降低了工程造价,具有一定的经济效益。

参考文献:

- [1] 翁兴中,冷培义,赵文良. 机场水泥混凝土结合式双层道面粘结剂测试[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2000,1(3):7-9.
- [2] 姚祖康. 水泥混凝土路面的温度翘曲应力[J]. 同济大学学报,1981,9(3):44-54.
- [3] 冷培义,翁兴中,蔡良才. 机场道面设计[M]. 北京:人民交通出版社,1995.1-648.
- [4] JTJ012-94. 1994. 中华人民共和国行业标准-公路水泥混凝土路面设计规范[S].

(编辑:姚树峰)

Joint Design of Cement Concrete Large Slab

WENG Xing-zhong¹, TAN Mai-qiu², KONG Da-qing², HUANG Xiao-ming², DU Jian¹

(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 2. Airport and Barracks Department, Air Force Logistics Office, Beijing 100720, China)

Abstract: In accordance with the special characteristics of the cement concrete large slabs used for airfields, the calculating methods of the joint width and the change of the joint width have been set up. The width changes with time on the cement concrete large slab test area have been measured and observed in a certain airfield. Based on this, the design method of cement concrete large slab joint is given.

Key Words: joint; change of joint width; measure and observe; design Joint Design of Cement Concrete Large Slab