

# 典型飞机起落架荷载作用下机场水泥砼道面结构响应分析

David Sahr Kandeh<sup>1,2</sup>, 罗君豪<sup>1,2</sup>

(1.西南交通大学 土木工程学院, 四川 成都 610031; 2.西南交通大学 道路工程四川省重点实验室, 四川 成都 610031)

**摘要:** 采用有限元软件 ABAQUS 建立机场水泥砼道面结构三维有限元模型, 分析单轴双轮、双轴双轮和三轴双轮 3 种典型飞机起落架荷载作用在不同位置时道面结构响应, 结果表明飞机荷载作用下水泥砼道面板底的应力分布及大小与起落架构型密切相关, 并得到了 3 种典型飞机起落架荷载作用的不利荷位和最大应力。

**关键词:** 公路; 水泥砼道面; 板底应力; 飞机起落架荷载

中图分类号: U416.216

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)06-0055-03

机场道面结构厚度设计中, 首先需明确不同类型飞机机型作用下的道面结构的力学响应。该文采用 ABAQUS 有限元软件建立典型机场水泥砼道面结构三维有限元模型, 分析单轴双轮、双轴双轮和三轴双轮 3 种典型飞机起落架荷载作用在不同位置时道面结构的响应、起落架作用的不利荷位及板底应力分布, 为道面结构设计提供参考。

## 1 道面结构有限元分析模型

### 1.1 荷载参数

考虑实际机场道面上运行的飞机组成, 选取单轴双轮、双轴双轮和三轴双轮 3 种典型构型的飞机主起落架荷载进行分析, 其轮载分布见图 1, 轮载参数见表 1。由于飞机两组主起落架关于中心线对称, 且距离较远, 只考虑一组主起落架轮载的作用。

起落架作用的临界荷位考虑与纵缝中部边缘相切或垂直 2 种情况(见图 2), 以 2 种位置作用下产生的板底应力较大值作为判定不利荷位和进行板厚设计的依据。

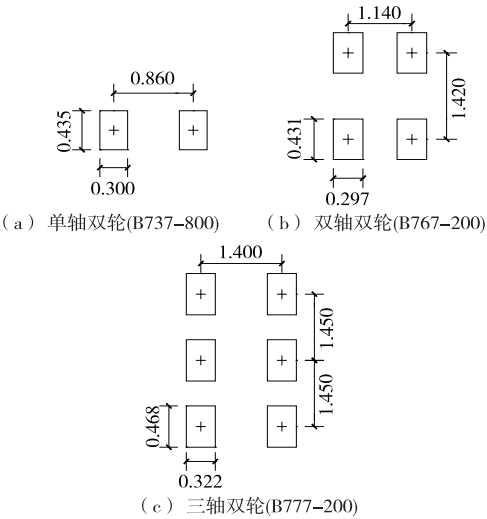


图 1 3 种典型飞机起落架的轮载分布(单位:m)

表 1 3 种典型飞机起落架的轮载参数

| 机型       | 主起落架<br>个数/个 | 轮数/<br>个 | 胎压/<br>MPa | 轮印参数/m |       |
|----------|--------------|----------|------------|--------|-------|
|          |              |          |            | 长      | 宽     |
| B737-800 | 2            | 2        | 1.413      | 0.435  | 0.300 |
| B767-200 | 2            | 4        | 1.310      | 0.431  | 0.297 |
| B777-200 | 2            | 6        | 1.482      | 0.468  | 0.322 |

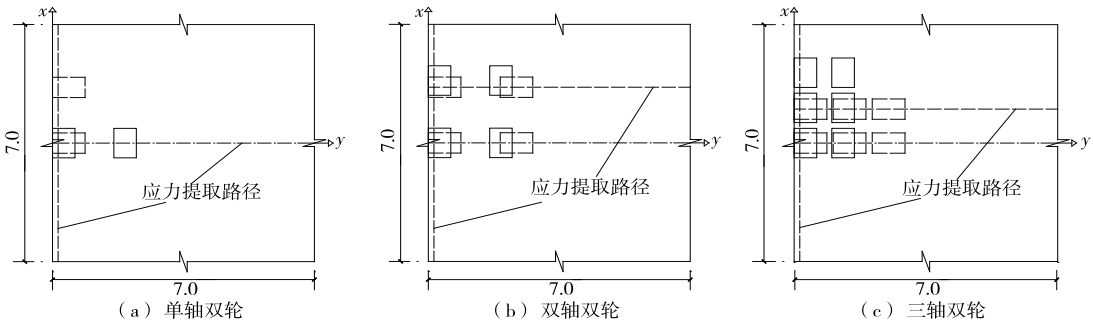


图 2 飞机起落架荷载作用位置(单位:m)

## 1.2 道面结构与材料参数

砼板平面尺寸拟定为  $7.0\text{ m} \times 7.0\text{ m}$ 。由于主要分析砼板在典型起落架荷载作用下的板底弯拉应力,将砼板以下各结构层进行简化,以基础反应模量表征,道面结构和材料参数见表2。有限元模型中砼板采用二次减缩积分单元 C3D20R 进行模拟。

表2 道面结构和材料参数

| 道面结构层 | 参数                                       | 参数值    |
|-------|--|--------|
| 砼板    | 弯拉弹性模量/MPa                               | 36 000 |
|       | 泊松比                                      | 0.15   |
|       | 厚度/cm                                    | 36     |
| 弹性基础  | 反应模量/( $\text{MN} \cdot \text{m}^{-3}$ ) | 120    |

## 2 道面结构响应分析

### 2.1 砼板底弯拉应力

单轴双轮、双轴双轮、三轴双轮3种起落架荷载各有2种作用位置,沿着主起落架方向,分别提取砼板底的弯拉应力进行分析,应力提取路径见图2。

#### 2.1.1 单轴双轮起落架荷载作用

当单轴双轮起落架的作用方向沿  $x$  轴时,板底拉应力沿起落架方向的分布见图3。由图3可见:板底拉应力在轮胎中心处出现最大值  $4.218\text{ MPa}$ ,随着与轮载距离的增大,拉应力迅速减小。

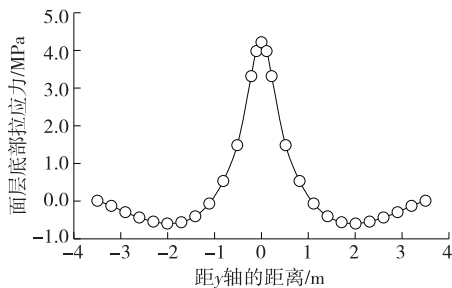


图3 单轴双轮起落架作用下板底拉应力沿  $x$  方向的分布

当单轴双轮起落架作用方向沿  $y$  轴时,板底拉应力沿起落架方向的分布见图4。由图4可见:板

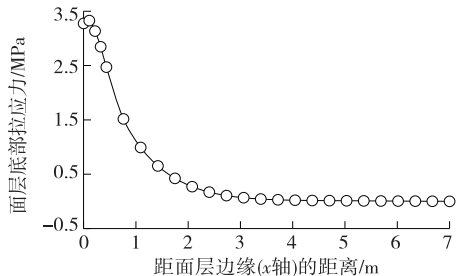


图4 单轴双轮起落架作用下板底拉应力沿  $y$  方向的分布

底拉应力在轮胎中心处出现最大值  $3.327\text{ MPa}$ ,小于起落架作用方向沿  $x$  轴的情况;随着与轮载距离的增大,拉应力迅速减小。

#### 2.1.2 双轴双轮起落架荷载作用

当双轴双轮起落架作用方向沿  $x$  轴时,板底拉应力沿起落架方向的分布见图5。由图5可见:板底拉应力在2根轴上的2个轮胎中心处存在双峰值,且在距  $y$  轴较远的轮胎中心出现最大值  $3.251\text{ MPa}$ ;由于双轴作用产生的负弯矩,在板底局部位置出现压应力。

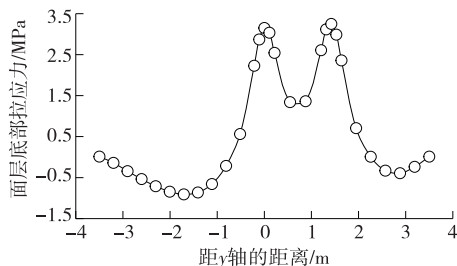


图5 双轴双轮起落架作用下板底拉应力沿  $x$  方向的分布

当双轴双轮起落架作用方向沿  $y$  轴时,板底拉应力沿起落架方向的分布见图6。由图6可见:板底拉应力同样出现双峰值,且在距  $x$  轴较近的轮胎中心出现最大值  $3.261\text{ MPa}$ ,与起落架作用方向沿  $x$  轴时的情况很接近。

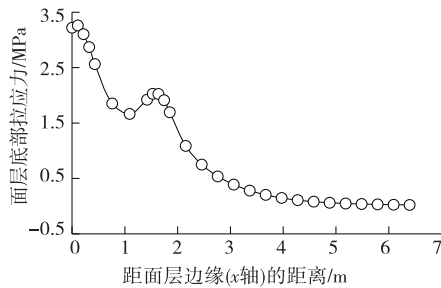
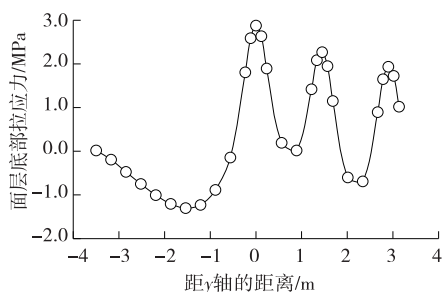
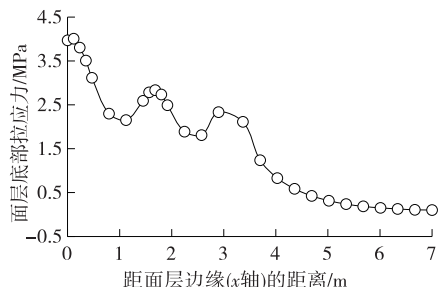


图6 双轴双轮起落架作用下板底拉应力沿  $y$  方向的分布

#### 2.1.3 三轴双轮起落架荷载作用

当三轴双轮起落架作用方向沿  $x$  轴时,板底拉应力沿起落架方向的分布见图7。由图7可见:板底拉应力呈现与轴数对应的三峰值分布,且在距  $y$  轴较近的轮胎中心出现最大值  $2.876\text{ MPa}$ 。

当三轴双轮起落架作用方向沿  $y$  轴时,板底拉应力随起落架方向的分见图8。由图8可见:板底拉应力呈现与轴数对应的三峰值分布,且在距  $x$  轴较近的轮胎中心出现最大值  $4.007\text{ MPa}$ ,远大于起落架作用方向沿  $x$  轴时产生的最大拉应力。

图7 三轴双轮起落架作用下板底拉应力沿  $x$  方向的分布图8 三轴双轮起落架作用下板底拉应力沿  $y$  方向的分布

### 3 临界荷位分析

比较 3 种典型飞机起落架的作用方向分别沿  $x$ 、 $y$  轴时引起的最大应力,得出 3 种典型飞机起落架作用的临界荷位(见表 3)。

表3 飞机起落架作用方向及引起的最大板底拉应力

| 起落架构型 | 最大板底拉应力/MPa  |              |
|-------|--------------|--------------|
|       | 起落架沿 $x$ 轴方向 | 起落架沿 $y$ 轴方向 |
| 单轴双轮  | 4.218        | 3.327        |
| 双轴双轮  | 3.251        | 3.261        |
| 三轴双轮  | 2.876        | 4.007        |

由表 3 可见:对于单轴双轮起落架,起落架沿  $x$  轴方向作用时的砼板底拉应力峰值比起落架沿  $y$  轴方向作用时的大,增幅为 26.8%;对于双轴双轮起落架,起落架沿  $y$  轴方向作用时的砼板底拉应力峰值比起落架沿  $x$  轴方向作用时的略大,增幅为 0.3%;对于三轴双轮起落架,起落架沿  $y$  轴方向作用时的砼板底拉应力峰值比起落架沿  $x$  轴方向作用时的大,增幅为 39.3%。

### 4 结论

(1) 由于起落架轮胎分布和胎压的综合影响,单轴双轮作用产生的砼板底应力最大,三轴双轮次之,双轴双轮最小;由于起落架轴数的影响,单轴双轮、双轴双轮和三轴双轮起落架作用沿轴向板底应力分别呈现单峰、双峰和三峰分布形式。

(2) 飞机起落架构型及其作用位置对水泥砼板底应力均有显著影响,在分析飞机荷载作用产生的水泥道面应力时,需考虑起落架构型和作用位置。

### 参考文献:

- [1] 周正峰,凌建明,袁捷.机场水泥混凝土道面接缝传荷能力分析[J].土木工程学报,2009,42(2).
- [2] MHJ 5004—2010,民用机场水泥混凝土道面设计规范[S].
- [3] 邹晓翎,步永洁,阮鹿鸣.大型飞机作用下水泥混凝土道面板尺寸研究[J].公路交通科技,2016,33(7).
- [4] 谈至明,姚祖康,田波.水泥混凝土路面的荷载应力分析[J].公路,2002(8).

收稿日期:2019-04-29

## 关于假冒杂志网站和邮箱的声明

目前互联网上出现以《公路与汽运》杂志名义建立的官方网站和投稿邮箱,它们盗用“公路与汽运”的名称,非法向外征稿并收取审稿费、版面费,严重损害了本刊的权益和声誉。为避免广大作者和读者上当受骗,本刊郑重声明:1) 本刊没有官网,也从未以任何方式授权其他单位和个人在互联网上建立网站,互联网上以“公路与汽运”名义建立的网站都是假冒的,此类网站上发布的信息及由此造成的一切后果均与本刊无关。2) 本刊唯一的投稿邮箱是 gongluyuqiyun@163.com,除此之外的任何以本刊名义设立的邮箱都是假冒的。本刊目前没有收取审稿费。3) 本刊强烈谴责这种假冒《公路与汽运》杂志名义、损害本刊和作者、读者权益的违法行为,并保留依法追究其法律责任的权利。

特此声明。

公路与汽运