

文章编号: 1005-0523(2005)05-0037-04

# 桥梁施工卸落设备砂筒的空间应力分析及试验

任东红<sup>1</sup>, 李锦华<sup>2</sup>

(1. 江西省公路管理局, 江西 南昌 330005; 2. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330003)

**摘要:** 使用 ANSYS 有限元分析软件对桥梁施工卸落设备—砂筒进行了空间应力及变形分析, 分别比较了筒底部受约束和自由两种工况的分析结果, 对某一实际工程使用的沙筒进行了足尺模型试验, 通过分析比较试验和计算结果, 指出了目前普遍使用的设计计算方法存在的问题, 并提出了设计砂筒的简化计算公式.

**关键词:** 沙筒; 空间分析; ANSYS 软件

**中图分类号:** TP206

**文献标识码:** A

## 1 引言

在桥梁施工过程中, 如何方便有效的拆卸模架、拱架等辅助设施是结构施工的重要问题之一. 目前桥梁施工中, 经济简易的卸落设备主要有木楔和沙筒. 木楔在满布式拱架和拱式拱架上较常使用; 沙筒则由于承受荷载大、卸落简单, 在桥梁施工中被广泛采用, 如: 大跨度拱架、移动模架等拆卸.

本文使用 ANSYS 有限元分析软件对某大桥施工中使用的沙筒进行了空间计算分析, 分别考虑沙筒底部受约束和不受约束两种工况, 并进行了足尺模型试验, 通过分析比较试验和计算结果, 指出了目前普遍使用的设计计算方法存在的问题, 提出沙筒设计的简化计算公式.

## 1 空间模型计算分析

### 1.1 计算模型的建立

桥梁施工用的砂筒构造如图 1 所示, 本文分析计算模型的几何尺寸采用我省某一高速公路特大

桥梁移动模架拆卸装置原始尺寸. 砂筒的顶心直径  $d_1$  等于 43 cm, 砂筒内壁直径  $d_2$  为 45 cm, 泄砂孔直径  $d_3$  为 5 cm, 顶心放入砂筒的深度  $H_2$  为 7 cm, 降落高度  $H_1$  为 39 cm, 砂筒壁厚  $\delta$  为 1 cm. 内装砂子的砂筒由铸铁制成圆筒, 砂筒上面的顶心也由铸铁制成. 砂筒与顶心的空隙用沥青填塞, 以免砂子受潮不易流出. 卸架是靠砂子从砂筒下部的泄砂孔流出而实现的.

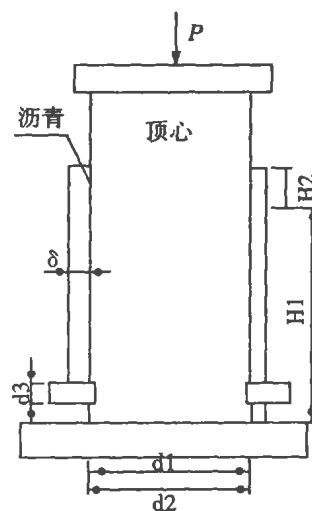


图 1 砂筒构造示意图

收稿日期: 2005-08-18

作者简介: 任东红(1958-)女, 河北保定人, 江西省公路管理局高级工程师, 主要从事公路桥梁施工和管理工作.

考虑到砂筒的几何形状具有轴对称性,在算例中取砂筒的四分之一进行建模分析,模型如图2所示.选用 ANSYS 提供的 SOLID95 单元,该单元是一种高精度 20 节点实体单元,对模型实施映射网格划分,模型共有 960 个单元和 5 637 个节点,如图2所示.

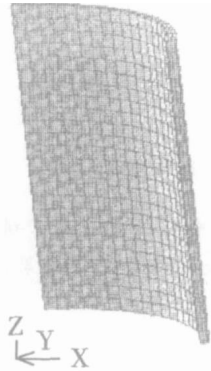


图2 砂筒 1/4 轴对称简化计算模型

在用有限元分析模型时,应尽可能地与实际结构边界条件一致满足边界条件,即模型的约束应与实际约束状况相一致,以保证分析结果的有效性.根据结构的轴对称特性<sup>[1]</sup>,砂筒沿圆周方向只受拉应力,所以在模型沿周向应设置相应沿径向滑动、沿圆周方向约束的边界约束;砂筒底部分约束有焊接在钢板上和自由放置在钢板上两种,对于焊接约束,给砂筒底部施加固结支座约束,即 ALL DOF = 0;而对于自由放置认为砂筒底部为自由状态.

## 1.2 计算结果分析

为简化计算,将顶心所受荷载均匀分布到砂子表面,砂子内部各向均匀传递压力,认为筒壁受到筒内砂子施加的均匀表面压应力作用,同时考虑砂自重的影响,等效为沿筒壁周向的均布压力.由模架施加到顶心的压力为 1 300 kN,计算得到施加到砂筒内表面的压力为 8.95 MPa.

分别按砂筒底部有约束和无约束计算,计算结果如图3~图6所示.从图3、4的径向位移计算结果可知,有约束的位移最大值为 0.213 mm,没有约束时最大值为 0.211 mm,两种工况计算得到的结果十分接近,但是应该看到的是,有约束时最大位移出现的位置离底部 11 cm,比没有约束最大值位置 29 cm 要低,且出现较大位移的长度相对比较短,经查看计算结果,两种工况均在砂筒上部有约 3 cm 的范围内发现有内缩的现象.从图5、6的切线方向(其中的一个侧面为 X 轴方向)应力云雾图可知,两种工况的切向拉应力也是很接近的,其中有约束的最大切向应力为 202 MPa,没有约束的为 204 MPa,同样有约束的最大应力值出现的部位(图5的 MX 位

置)离筒底 11 cm,而没有约束时最大值出现的位置离筒底 28 cm.

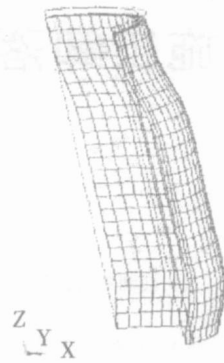


图3 底部有约束构件变形前后示意图

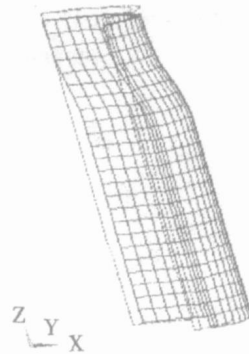


图4 底部无约束构件变形前后示意图

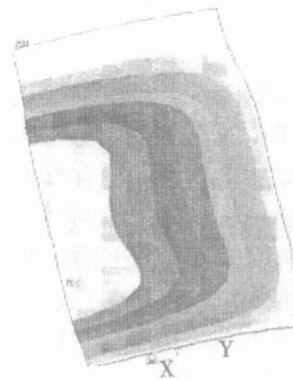


图5 底部有约束 X 轴方向应力云雾图



图6 底部无约束 X 轴方向应力云雾图

图7给出了筒底有约束时Z(沿筒的轴向)轴方向的应力云雾图,在Z轴方向,应力最大位置出现在砂筒与底座连接处,最大应力为346 MPa,而没有约束时,Z轴方向应力只是钢筒自重引起的很小应力,这充分表明,实际工程中应该尽量使砂筒筒壁与承砂托盘间自由移动,减小摩擦,以减小筒底部的局部应力集中。

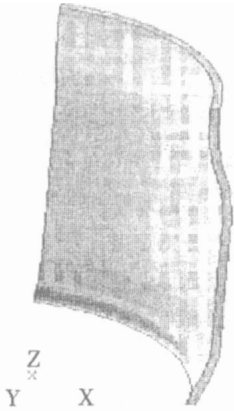


图7 底部有约束Z轴方向应力云雾图

## 2 足尺模型试验分析

为进一步验证上述空间计算结果的可靠性,使用上述计算模型的尺寸制作了足尺试验模型,筒底与托盘之间没有约束,使用万能试验机加载,由于试验条件所限,本次试验只测试了筒的径向位移,测试结果如表1所示.在距离筒顶部19 cm处,沿筒四周均匀布置4个测点,使用百分表测试位移,由于试验加载没有完全对中,各测点结果有一定的差别,从表1测试结果的平均值可知,完全卸载后的残余变形约为最大值的10%,说明结构在弹性范围工作,试验与空间计算结果很接近,这也可以说明空间计算的应力结果是可信的。

表1 足尺模型试验径向位移测试结果表

测点	荷载 (kN)					平均值	空间计算 理论值
		1	2	3	4		
加载	650	0.173	0.185	0.096	0.139	0.148	0.106
	1 040	0.243	0.238	0.103	0.220	0.201	0.170
	1 300	0.282	0.268	0.110	0.268	0.232	0.213
卸载	1040	0.273	0.262	0.100	0.219	0.213	0.170
	650	0.229	0.231	0.092	0.148	0.175	0.106
	0	0.012	0.022	0.023	0.034	0.023	0.000

单位:mm

## 3 与传统使用的简化计算的比较

使用文献2提出的简化公式,按照上述的空间计算模型尺寸,可以计算得到砂筒切向应力为<sup>[2]</sup>:

$$\sigma = \frac{T}{(H_1 + H_2 - d_3)} = \frac{\frac{4P}{\pi d_1^2} d_2 H_1}{(H_1 + H_2 - d_3) \delta} = \frac{4 \times 1\,300\,000}{\pi \cdot 0.41 d^2} \times 0.43 \times 0.39 \div \frac{(\delta)}{(0.39 + 0.9 - 0.5) \times 0.01} = 384\,016\,924 \text{ Pa} \approx 384 \text{ MPa} \quad (1)$$

从空间计算和试验研究结果表明,上述公式计算的结果是很保守的,一方面,公式考虑筒所有截面整体受力,而事实上,在没有砂部分的筒是不受拉的,这会导致计算结果不安全;而另一方面,公式承拉面积只考虑了一半,这将使计算结果增大一倍,综合考虑两方面的因素,简化公式(1)的计算还是很安全。

根据以上分析,为更加真实的计算砂筒的最不利内应力,综合考虑各方面因素,提出以下简化计算公式:

$$\sigma = \frac{T}{2(H_1 - d_3) \delta} = \frac{\frac{2P}{\pi d_1^2} d_2 H_1}{(H_1 - d_3) \delta} \quad (2)$$

本文算例按2式计算的结果为:242 MPa,与空间计算结果比较吻合,可以作为实际工程有一定安全贮备的简单计算公式.应该指出的是,文中的计算均认为砂可以将砂面承压力均匀的传递到砂筒内壁,所以,筒内施加的砂子质量必须确保均匀干净。

## 4 结论

本文对桥梁施工使用的卸落设备砂筒进行了详细的空间理论计算和试验研究,指出了目前计算公式存在的不足,并提出了更加符合实际工程的简化计算公式,可以为类似工程参考使用。

### 参考文献:

- [1] 路智敏,李强.受内压圆柱筒体开孔一接管区应力集中的有限元分析[J].内蒙古工业大学学报,2002.
- [2] 公路桥涵施工技术手册(下)[M].北京:人民交通出版社,2000.

# Space Stress Analysis and Test of Sand-barrel Used in the Bridge Construction

REN Dong-hong<sup>1</sup>, LI Jing-hua<sup>2</sup>

(1. Bureau of Highway Management of Jiangxi Province 330005 Nanchang; 2. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University 330013 Nanchang)

**Abstract:** Space stress and deformation of sand barrel used in the bridge construction are analysed by using ANSYS FEM software. The results of two cases of both of the bottom fixed and the bottom free are compared. The full size mode of sand-barrel used in certain practical project is tested. According to compare the test result and calculating result, some valuable suggestion are provided and a simple evaluating formation is presented.

**Key words:** sand-barrel; space analysis; ANSYS software

(上接第 32 页)

## Orthogonal Experimentation Research on Strength of Aggregate Stabilized with Lime and Fly-ash

DUAN Qing-pu<sup>1</sup>, YU Le-hua<sup>1</sup>, ZHANG Jung<sup>2</sup>, ZHANG Qing-hua<sup>2</sup>

(1. School of Civil Eng. and Arc., East China Jiaotong University, Nanchang 330013; 2. Linqing City Bureau of Highway, Shandong Province, Linqing 252600, China)

**Abstract:** The relationship between the proportion of aggregate stabilized with lime and fly-ash (ASLF) and strength are found through orthogonal experimentation in this paper, mainly including proportion of Lime and Fly-ash, proportion of aggregate and grading collocation, the cement adding, in order to get the semi-rigid base course material with better properties of anti-cracking. The results show that cement adding is the main factor to effect the early strength of ASLF, the second is proportion of Lime and Fly-ash. In addition, increasing the proportion of aggregate and the content of coarse aggregate can raise strength and reduce shrinkage cracks.

**Key words:** orthogonal experiment; aggregate stabilized with lime and fly-ash (ASLF); proportion of Lime and Fly-ash; strength