



# 圆沉箱结构优化设计分析

彭志豪, 陈海燕

(中交第四航务工程勘察设计院, 广东 广州 510230)

**摘要:** 分析了圆沉箱结构的受力特点, 通过工程实例对比分析了3种圆沉箱结构的筒壁的内力及变形, 并根据内力进行配筋及裂缝宽度验算, 结果表明无隔墙圆沉箱结构内力及变形最大, 但是在该工程中3种圆沉箱结构均能满足内力配筋及裂缝宽度要求, 最后提出圆沉箱设计中应先考虑无隔墙圆沉箱结构, 在不满足要求的情况下, 考虑其它有隔墙的结构形式。

**关键词:** 无隔墙圆沉箱; 有隔墙圆沉箱; 内力; 裂缝宽度

中图分类号: U 656.1<sup>+</sup>11

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)03-0113-04

## Optimization design of cylindrical caisson structure

PENG Zhi-hao, CHEN Hai-yan

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

**Abstract:** This paper analyses the bearing force characteristics of cylindrical caisson, compares the internal force and deformation of three types of cylindrical caissons based on a project example, and calculates the steel bars and the width of the crack, the results of which indicate that the internal force and deformation of cylindrical caissons without partition are the maximum, but in this project three types of cylindrical caissons all satisfy the requirements. It is recommended that in the design of cylindrical caissons, we shall take cylindrical caisson without partition into account firstly, and consider other types with partitions when it can't satisfy the requirements.

**Key words:** cylindrical caisson without partition; cylindrical caisson with partition; internal force; width of crack

重力式码头结构具有整体性好、耐久性强的特点, 圆沉箱属于重力式的一种结构, 又由于圆沉箱墙面为曲面, 受力条件好, 泊稳条件好, 造价相对方沉箱较低, 施工方便, 已经得到了国内外广泛应用。圆沉箱直径一般在12~18 m, 底板厚度0.5~1 m, 趾多为正八边形布置。实际应用过程中圆沉箱结构形式越来越多样化, 总的来说可以分为有隔墙和无隔墙圆沉箱两大类, 有隔墙圆沉箱又可以根据隔墙形式的不同分为不同种类, 目前有隔墙圆沉箱隔墙形式主要有“井”字形、“米”字形、“十”字形等。目前国内一般采用有隔墙的圆沉箱, 而在国外已经有成功采用

无隔墙大直径的圆沉箱结构的实例, 例如摩洛哥JORF+LASFAR港(图1)。该结构采用直径14.0 m的钢筋混凝土圆沉箱, 圆沉箱内侧无隔墙, 沉箱内回填块石, 已安全使用几十年, 所以设计圆沉箱结构时应先计算圆沉箱结构内力, 在不设置隔墙内力仍能满足配筋及裂缝要求时, 可以不设置隔墙; 如果内力不满足配筋及裂缝要求时考虑设置隔墙。

无隔墙圆沉箱相对有隔墙圆沉箱结构具有以下优点: 降低工程造价、施工方便, 可以缩短工期。本文主要通过一个实例分析不同结构圆沉箱的筒壁的内力, 优化圆沉箱的设计, 从而达到降

收稿日期: 2012-08-03

作者简介: 彭志豪(1983—), 男, 工程师, 从事港口工程设计工作。

低工程的造价。

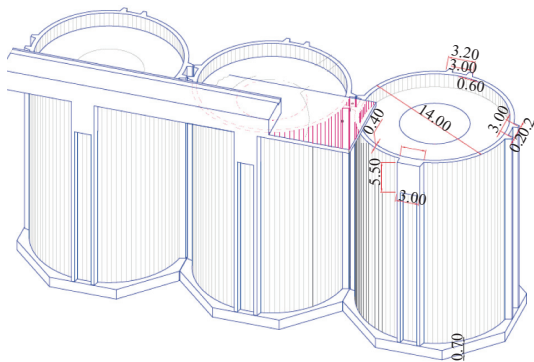


图1 摩洛哥JORF+LASFAR港无隔墙圆沉箱结构

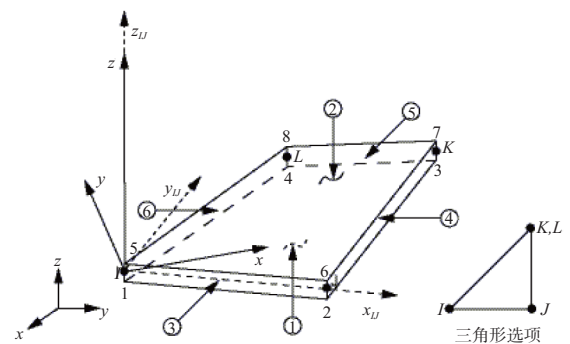
### 1 原理

圆沉箱底板受到地基反力、仓储压力、波浪力、自重等作用<sup>[1]</sup>，由于底板较厚且地基反力和仓储压力方向相反，容易满足要求，所以本文只分析圆沉箱筒壁的受力。圆沉箱结构在满足整体稳定的前提下，可以在模型隔墙、筒壁与底板相交的位置设置为固定边界<sup>[2]</sup>。

无隔墙圆沉箱壁相当于悬壁板，底部固定上端自由；有隔墙的圆沉箱相当于有了支撑，受力将会得到改善。所以当分析无隔墙圆沉箱很难满足受力要求时，增加隔墙是首选的办法，但是并不是所有的圆沉箱都要设置隔墙，而是要通过分析圆沉箱筒壁的内力，判断圆沉箱是否需要设置隔墙，如果沉箱外壁能够在没有隔墙的条件下满

足受力要求，则可以不设置隔墙，否则应设置加强隔墙。圆沉箱的外壁为曲面，受到的土压力和波浪力等具有方向不确定性，在分析时宜采用整体式三维建模，求出曲面的内力。

本文通过一个工程实例分析圆沉箱筒壁的内力分布，来判断是否满足裂缝以及受力要求。模型采用国际通用大型软件ANSYS进行分析，圆沉箱壁采用SHELL43 单元模拟<sup>[3]</sup>，计算出圆沉箱结构的内力后进行配筋计算，单元结构见图 2。



注： $x_U$ 为没定义单元坐标系时单元x轴的方向； $x$ 为有定义单元坐标系时单元x轴方向。

图2 SHELL 43 单元

### 2 工程实例

某墩式码头系缆墩采用直径12.5 m的圆沉箱作为基础，圆沉箱壁厚0.4 m，沉箱底为正八边形结构，底厚0.7 m，筒壁高20 m，筒壁厚300 mm。沉箱里面回填中粗砂，断面见图 3。

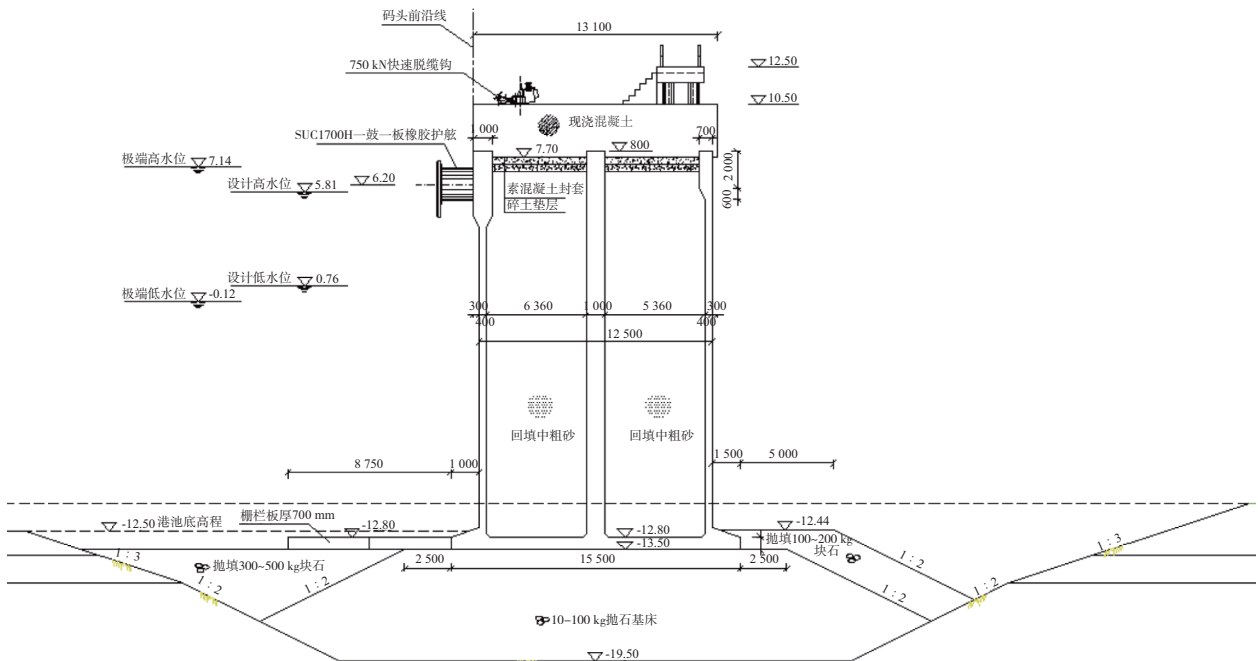


图3 系缆墩断面

圆沉箱壁主要受到波浪力、仓储压力、冲击力等外力。本工程波浪较大, 波浪力为控制荷

载, 本文仅对波浪力和仓储压力进行分析, 波浪要素见表1。

表1 码头波浪要素

| 重现期/a | 设计水位  | $H_{1\%}/m$ | $H_{4\%}/m$ | $H_{5\%}/m$ | $H_{13\%}/m$ | $H_m/m$ | $T_m/s$ | $L/m$ |
|-------|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------|---------|-------|
| 50    | 极端高水位 | 4.82        | 4.13        | 4.01        | 3.40         | 2.20    | 8.9     | 106.4 |
|       | 设计高水位 | 4.72        | 4.05        | 3.92        | 3.33         | 2.16    | 8.9     | 104.7 |

计算工况: 工况1, 波峰压力; 工况2, 波吸力+仓储压力。

波浪力按照和田良实公式计算, 仓储压力按照JTS 167-2—2009《重力式码头设计与施工规范》附录E计算。

分别采用3种直径一样 ( $D=12.5m$ )、内部

结构不一样的圆沉箱计算分析, 1型为内部无仓格, 无加强隔墙; 2型为内部有4道隔墙, 布置成“井”字形, 隔墙厚度0.25 m; 3型为沉箱内部有一个圆立柱和4道隔墙, 立柱直径1.0 m, 隔墙厚度0.25 m, 成“米”字形布置。图4为3种结构的平面图。

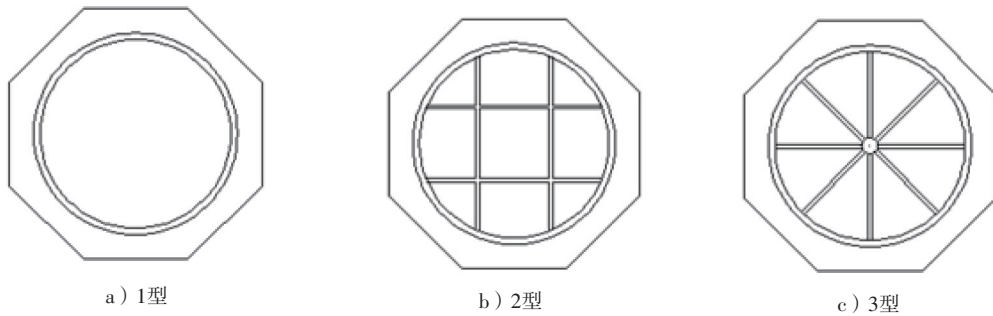


图4 3种圆沉箱结构

1) 有限元模型及边界条件。

3种沉箱结构有限元模型见图5, 沉箱底部节点固定。在圆沉箱筒壁的一侧施加波浪力, 在圆沉箱筒壁施加仓储压力, 波浪力加载效果见图6。

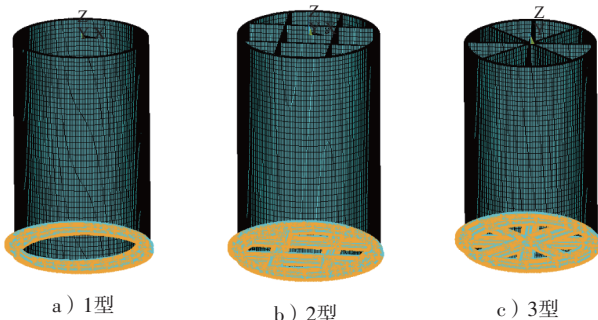
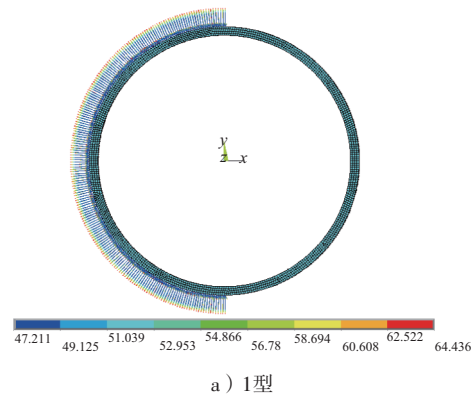


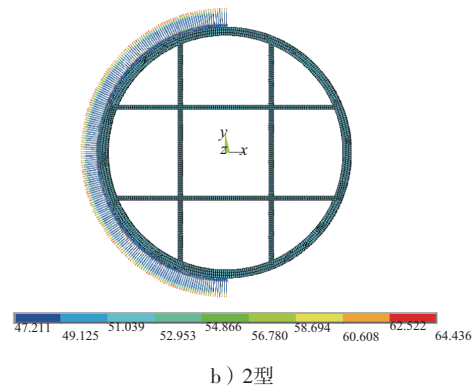
图5 有限元模型

2) 计算结果。

3种沉箱结构的最大弯矩标准值、最大剪力标准值及位移见表2。从表2看出无隔墙圆沉箱1型弯矩及变形最大, 而有隔墙的圆沉箱2型和3型弯矩及变形相对1型要小, 2型和3型弯矩及变形差别较小。



a) 1型



b) 2型

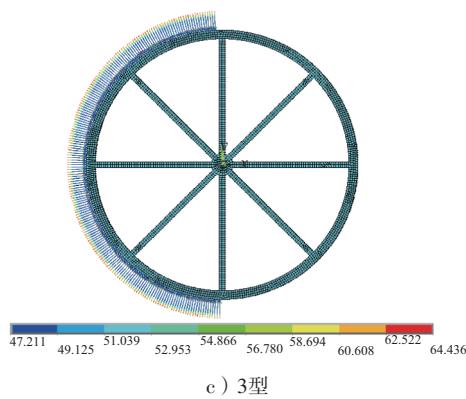
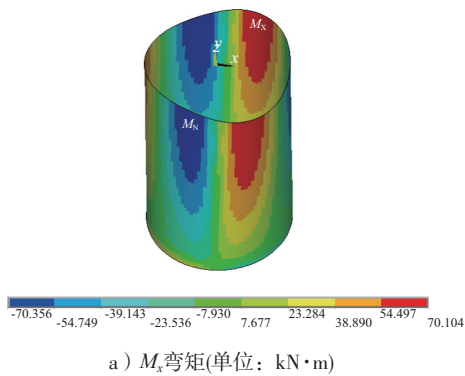


图6 波浪力加载效果 (单位: kPa)

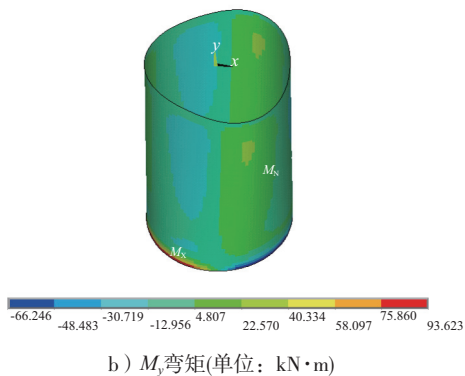
表2 3种沉箱结构内力设计值及变形

| 类型 | 工况 | $M_{xmax}/(kN \cdot m)$ | $M_{ymax}/(kN \cdot m)$ | $N_{xmax}/kN$ | $N_{ymax}/kN$ | $U_{max}/cm$ |
|----|----|-------------------------|-------------------------|---------------|---------------|--------------|
| 1  | 1  | 70.35                   | 93.62                   | 89.94         | 133.77        | 0.43         |
|    | 2  | 41.48                   | 123.69                  | 37.45         | 199.62        | 0.23         |
| 2  | 1  | 43.90                   | 61.59                   | 68.44         | 119.95        | 0.26         |
|    | 2  | 58.10                   | 104.69                  | 101.85        | 203.18        | 0.15         |
| 3  | 1  | 52.89                   | 54.43                   | 72.17         | 132.73        | 0.26         |
|    | 2  | 68.86                   | 88.88                   | 107.16        | 184.49        | 0.14         |

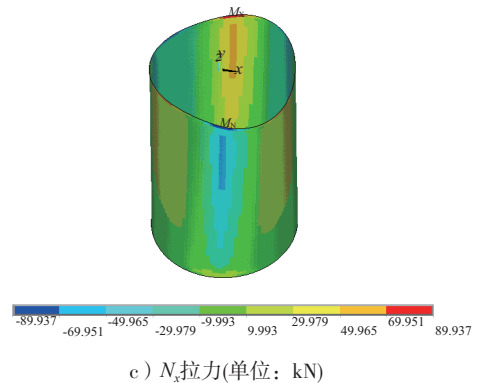
本文仅列出1型的内力云图(图7)。



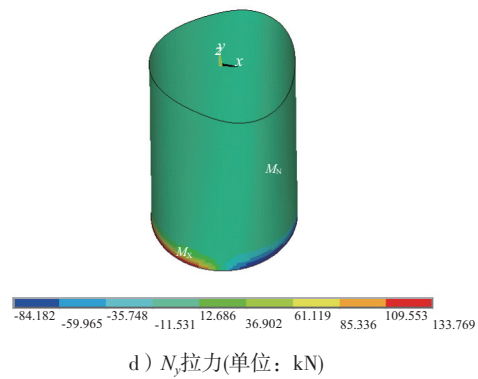
a)  $M_x$ 弯矩(单位:  $kN \cdot m$ )



b)  $M_y$ 弯矩(单位:  $kN \cdot m$ )



c)  $N_x$ 拉力(单位: kN)



d)  $N_y$ 拉力(单位: kN)

图7 1型内力云图

前面通过有限元软件计算了3种圆沉箱结构的内力,下面通过内力进行配筋计算及裂缝宽度验算,计算结果见表3。

表3 1型配筋及裂缝计算结果

| 类型 | 位置 | 方向 | 设计弯矩/ $(kN \cdot m)$ | 钢筋/mm         | 裂缝宽度/mm |
|----|----|----|----------------------|---------------|---------|
| 1  | 外侧 | 竖向 | 131.07               | $\phi 16@150$ | 0.220   |
|    |    | 环向 | 98.14                | $\phi 16@150$ | 0.165   |
|    | 内侧 | 竖向 | 92.75                | $\phi 16@150$ | 0.156   |
|    |    | 环向 | 98.50                | $\phi 16@150$ | 0.166   |
| 2  | 外侧 | 竖向 | 95.34                | $\phi 16@150$ | 0.160   |
|    |    | 环向 | 50.32                | $\phi 16@150$ | 0.085   |
|    | 内侧 | 竖向 | 52.78                | $\phi 16@150$ | 0.089   |
|    |    | 环向 | 61.18                | $\phi 16@150$ | 0.095   |
| 3  | 外侧 | 竖向 | 82.89                | $\phi 16@150$ | 0.139   |
|    |    | 环向 | 68.42                | $\phi 16@150$ | 0.115   |
|    | 内侧 | 竖向 | 55.50                | $\phi 16@150$ | 0.093   |
|    |    | 环向 | 73.49                | $\phi 16@150$ | 0.124   |

(下转第128页)