

泰州大桥南锚碇沉井基础深度效应研究

潘 辉, 邵国建, 胡 丰

(河海大学力学与材料学院, 南京 210098)

[摘要] 重力式锚碇基础在计算中通常简化为浅基础,并不考虑深度效应的影响,较为不经济。泰州大桥南锚碇沉井埋置深度达 42 m,为将深度效应考虑到锚碇稳定性计算中,故采用有限元法对泰州大桥南锚碇沉井基础的深度效应进行研究。通过计算对比不同埋置深度条件下锚碇基础在施工期及运营期内位移和转角的变化,可知深度效应对锚碇基础承载力的增强作用十分明显。

[关键词] 重力式锚碇;沉井基础;深度效应;有限元

[中图分类号] U443.13+1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2012)05-0062-04

1 前言

悬索桥是目前跨越能力最大的桥型,悬索桥锚碇是全桥最为关键的结构部分^[1~4]。重力式锚碇基础在计算中通常简化为浅基础,并不考虑深度效应的影响,较为不经济。泰州大桥南锚碇沉井埋置深度达 42 m,深度效应基础承载性能的影响不可忽略,并且地质活动、自然灾害、人为因素等都有可能使基础周边覆土厚度发生变化,因此对研究锚碇基础的深度效应是十分必要的。

泰州长江公路大桥(下面简称泰州大桥)主跨 1 080 m,南北重力式锚碇位于厚度约为 200 m 的深厚覆盖层上,其南锚碇拉力达 4.3 万 t,采用重力式锚,锚碇基础采用矩形沉井,沉井长 67.9 m、宽 52 m(底节长 68.3 m、宽 52.4 m),平面设三纵四横隔墙,20 个井孔,井壁厚度为 2 m,隔墙厚度为 1.4 m。南锚碇沉井高 41 m,竖向分 8 节,底节钢壳混凝土沉井高 8 m,第 7 节高 3 m,其余各节高度均为 5 m,下沉入土深度 42 m,如图 1 所示。

锚碇基础的深度效应问题目前较难用理论方法求解,故采用有限元法对此问题进行计算机仿真分析。仿真软件采用岩土有限元计算软件 Midas

GTS^[5],埋深条件分为无覆土、半覆土、全覆土 3 种情况,锚碇拉力分为施工期内无荷载及运营期内工况荷载。

2 计算过程与计算结果

2.1 几何模型

几何模型按实际尺寸建立,土体选取范围各为锚碇基础长、宽、高的两倍,几何模型全部采用八节点六面体单元锚碇。3 种覆土条件下的几何模型如图 2~图 4 所示。

2.2 本构模型

沉井主要由钢筋混凝土等高强度材料构成,故可采用线弹性模型,计算参数见表 1,而土体的非线性变形特征较为明显,笔者采用 Drucker-Prager 弹塑性模型^[6],各土层计算参数由表 2 确定。

表 1 锚碇计算参数

Table 1 Parameters of the anchorage

材料	弹模/MPa	泊松比	重度/(g·cm ⁻³)
钢	2.06×10^5	0.3	7.8
混凝土 C20	2.55×10^4	0.167	2.5

[收稿日期] 2012-03-16

[基金项目] 交通行业联合科技攻关项目(2008-353-332-160)

[作者简介] 潘 辉(1988—),男,江苏盐城市人,硕士研究生,主要从事岩土力学与地基基础方向的研究工作;E-mail:ph0420@sina.com

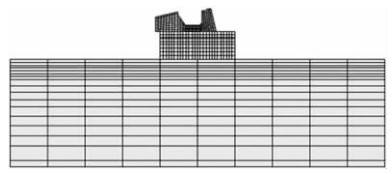


图3 半覆土

Fig. 3 Half covering soil

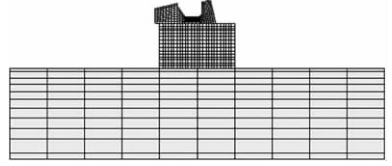


图4 无覆土

Fig. 4 No covering soil

表2 土体计算参数

Table 2 Parameters of the soil

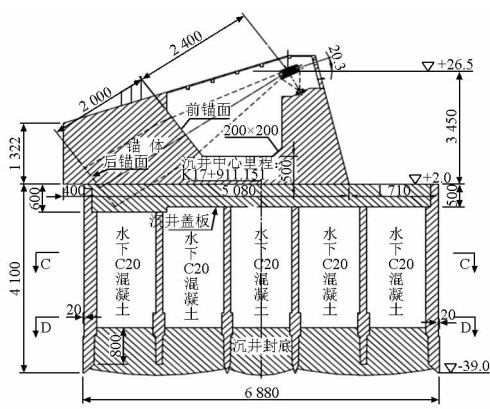
土层	天然含水量 $\omega/\%$	天然密度 $\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	试验孔隙比 e	粘聚力 C_q/kPa	内摩擦角 $\varphi_q/(^\circ)$	压缩模量 $E_{s(1-2)}/\text{MPa}$
淤亚粘土	41.1	1.77	1.161	18.5	8.2	3.6
亚粘土	31.7	1.90	0.881	22.8	14.4	6.3
亚砂土	28.7	1.94	0.754	11.0	33.9	9.5
粉砂	29.8	1.88	0.823	3.6	31.0	13.0
粉砂	26.7	1.92	0.752	4.1	33.0	18.4
粉砂	28.9	1.91	0.780	5.2	34.3	18.0
中砂	17.7	2.12	0.404	4.0	38.0	28.0
砾砂	13.0	2.10	0.385	5.0	41.2	30.0
粉砂	26.4	1.88	0.720	3.6	34.5	27.0
中砂	17.9	2.05	0.435	3.0	38.0	30.0
砾砂	16.0	2.02	0.494	4.5	40.0	35.0
粉砂	17.0	1.95	0.550	5.0	37.0	27.0

2.3 计算荷载

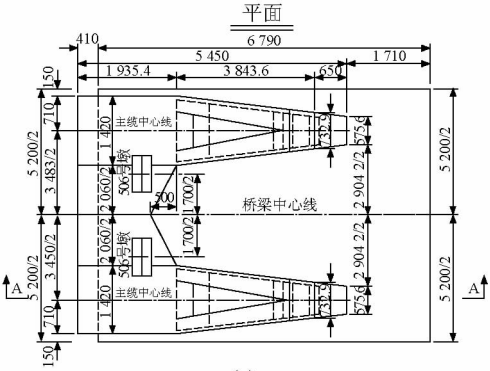
已知锚碇主缆设计荷载 430 MN,运营加载过程以 0.5 倍设计荷载逐级加载,作用力施加在锚碇后浇锚体上,处理为表面均布力,拉力方向与水平面夹角为 35° 。数值模拟分为施工过程和运营加载过程。施工过程包括沉井就位(未封底,此情况设为初始应力状态,位移清零)、沉井封底、浇筑沉井内仓至封盖(简称浇筑内仓)、浇筑锚体;加载过程在施工过程位移的基础上加载,从 0.5 倍的设计值开始,以 0.5 倍的设计值为增量逐级加载,直至位移发生突变。

2.3 计算结果

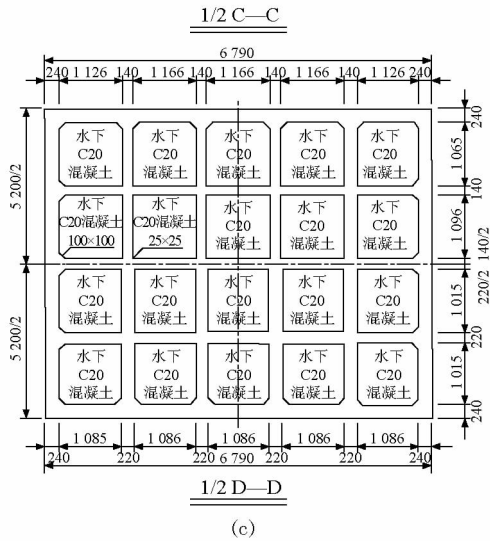
将计算结果整理可得,施工期内覆土厚度的变化对于锚碇基础竖向位移和水平位移的影响,如图



(a)



(b)



(c)

图1 南锚碇尺寸图

Fig. 1 The dimensional drawing of the south anchorage

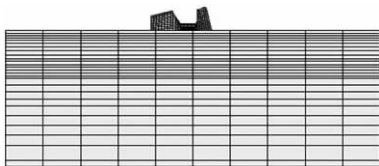


图2 完全覆土

Fig. 2 Completely covering soil

5~7所示。由此可知,施工期内,在完全有覆土条件下,位移变化平缓,但随着覆土高度减小,位移的变化明显。因此,覆土厚度较小会导致锚碇基础产生较大的不均匀沉降,给施工造成一定困难。

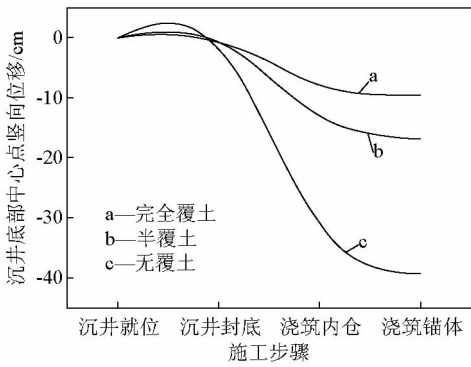


图5 施工期沉井底部中心点竖向位移

Fig.5 The vertical displacement of the anchorage foundation during construction period

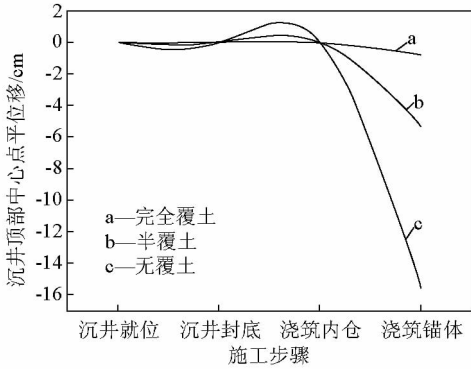


图6 施工期沉井顶部中心点的水平位移

Fig.6 The horizontal displacement of the open caisson lid's central point during construction period

运营加载以0.5倍的设计值为增量逐级加载。选取如图8所示,a、b、c三点绘制相应荷载-位移曲线,a点是完全覆土时锚碇与地表交界边的中点;b点是半覆土时锚碇与地表交界边的中点;c点是无覆土时锚碇与地表交界边的中点。覆土厚度的变化对锚碇基础位移和转角的影响,如图9~图12所示。

由图可知,在完全覆土条件下,锚碇基础的竖向位移随荷载增加变化平缓,无覆土条件下,锚碇基础竖向位移变化较大。过大的位移和转动会对锚碇稳定性产生影响,可见增大沉井埋深可大幅增强锚碇基础的承载性能。

3 计算结果分析

施工阶段完全覆土、半覆土和无覆土条件沉井竖向

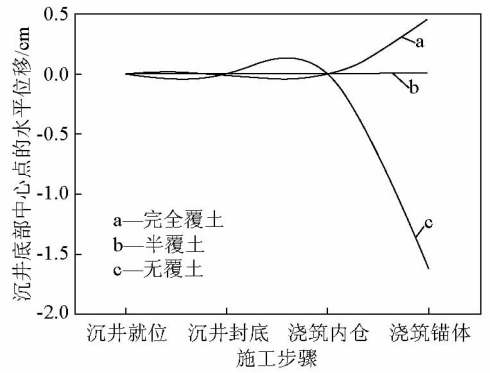


图7 施工期沉井底部中心点的水平位移

Fig.7 The horizontal displacement of the open caisson bottom's central point during construction period

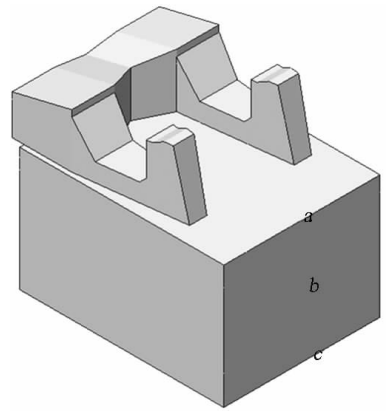


图8 锚碇基础上点的位置

Fig.8 The position of the points in the anchorage foundation

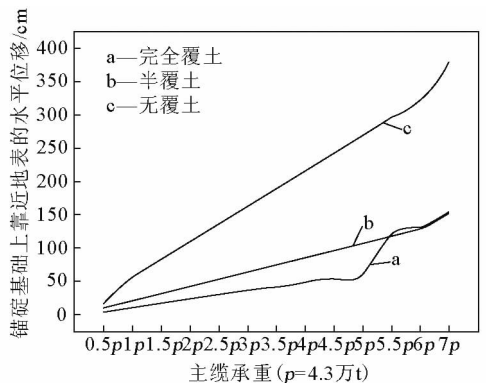


图9 锚碇基础上各点水平位移

Fig.9 The horizontal displacement of the open caisson's different points

位移分别为-9.511 cm、-16.859 cm、-39.295 cm,水平

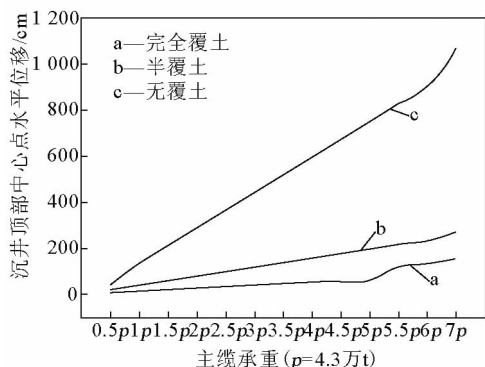


图 10 沉井顶部中心点的水平位移

Fig. 10 The horizontal displacement of the open caisson lid's central point

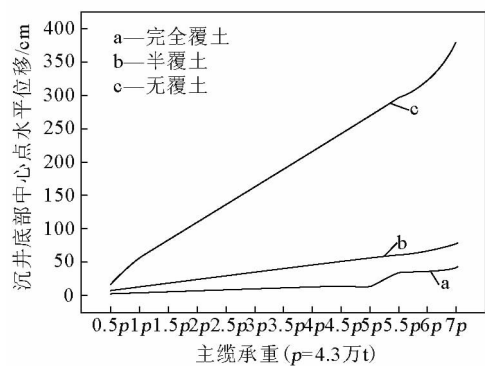


图 11 沉井底部中心点水平位移

Fig. 11 The horizontal displacement of the open caisson bottom's central point

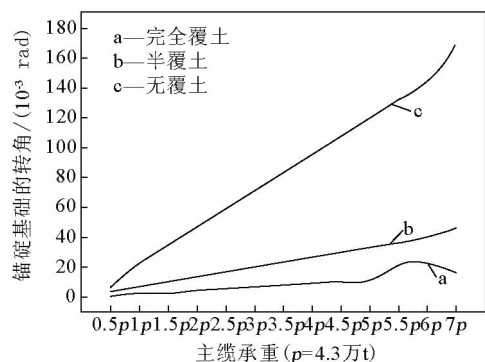


图 12 锚碇基础的转角

Fig. 12 The rotation angle of the anchorage foundation

位移分别是 -0.796 cm、 -5.292 cm、 -15.643 cm。完全覆土情况下锚碇的竖向位移为无覆土情况下竖向位移的 24.2%，半覆土情况下锚碇的竖向位移为无覆土情况下竖向位移的 42.9%；完全覆土情况下锚碇的水平位移大概是无覆土情况下水平位移的 5.1%，半覆土情况下锚碇的水平位移大概是无覆土情况下

水平位移的 33.8%。可见在施工阶段,有覆土相比无覆土情况下沉井位移明显小很多。

运营加载期内,1 倍的设计值荷载作用下,无覆土情况下锚碇靠近地表的水平位移是有覆土情况下的 5 倍,完全覆土、半覆土和无覆土条件下沉井顶部水平位移按顺序分别为 11.548 cm、36.350 cm、143.259 cm,沉井底部水平位移分别是 3.542 cm、11.426 cm、53.036 cm,锚碇基础转角分别是 0.001 89 rad、0.005 94 rad、0.021 87 rad,完全覆土情况下沉井顶部的水平位移是无覆土情况的 8.1%,半覆土情况下沉井顶部的水平位移为无覆土情况的 25.4%；完全覆土情况下沉井底部的水平位移为无覆土情况的 6.7%,半覆土情况下沉井底部的水平位移为无覆土情况的 21.5%；完全覆土情况下锚碇基础的转角大概为无覆土情况的 8.6%，半覆土情况下锚碇基础的转角大概为无覆土情况的 27.2%。可见,随着覆土高度的减小,不论是水平位移还是转角都明显增大。

4 结语

文章针对泰州大桥南锚碇建立有限元数值计算模型,计算了施工期与运营加载期内,不同覆土厚度条件下锚碇基础的位移和转角。由计算结果可知,覆土深度对锚碇基础承载稳定性的影响较大。相同荷载条件下,覆土深度减少使得锚碇基础位移和转角变化极为显著。锚碇在锚索拉力作用下产生位移和转动,而周围覆土可较好地限制锚碇的变形。如果能将锚碇基础的深度效应考虑进悬索桥的设计规范中,势必会进一步减小锚碇设计尺寸、降低工程造价。

参考文献

- [1] 邵国建,苏静波,胡强. 润扬大桥悬索桥北锚碇基础接触应力仿真分析[J]. 中国工程科学,2006,8(9):28-33.
- [2] 陶建山. 泰州大桥南锚碇巨型沉井排水下沉施工技术[J]. 铁道工程学报,2009,124(1):63-66.
- [3] 冯兆祥,王建. 泰州长江公路大桥南锚碇基础沉降计算研究[J]. 桥梁建设,2010,1:49-51.
- [4] 王卫忠. 沉井下沉技术在泰州长江公路大桥北锚碇中的应用[J]. 交通科技,2009,233(2):21-23.
- [5] 向坚持,刘相滨,谭义红,等. Midas 技术研究及其应用[J]. 计算机工程与应用,2002:168-170.
- [6] 杨强,杨晓君,陈新. 基于 D-P 准则的理想弹塑性本构关系积分研究[J]. 工程力学,2005,22(4):15-19.

(下转 84 页)