

文章编号 :1671 - 6833(2002)03 - 0094 - 04

沉管隧道沉降控制的计算分析

李 剑¹, 李清富², 李 冰²

(1. 同济大学地下建筑与工程系, 上海 200092; 2. 郑州大学环境与水利学院, 河南 郑州 450002)

摘 要 : 根据某一沉管隧道长期运营中监测到的沉降, 对一直被工程技术人员忽视的沉降问题的机理进行了分析, 指出河道的淤积、潮汐的往复荷载和超载情况等都可以引起沉管隧道的沉降, 提出了定期清淤、管底注浆和桩基加固的沉降控制措施和加固后管体的计算方法, 并针对一个实际工程, 对加固计算中地基承载力进行了分析, 提出桩基加固方案, 通过加固后管体的结构计算, 分析了管体本身的内力和加固情况。

关键词 : 沉管隧道; 沉降控制; 计算分析

中图分类号 : U 451 **文献标识码 :** A

从 1910 年修建第一条沉管隧道——底特律隧道至今已经有 92 年的历史了, 沉管隧道以其独有的优越性, 受到工程界的广泛关注, 其修建技术也日臻成熟。目前世界上已有 100 多条用于铁路、公路的沉管隧道建成并投入使用, 其中 60% 以上集中在美国、荷兰、日本三国^[1, 2]。1993 年, 我国建成了穿越珠江的南沙隧道, 该隧道从设计到施工完全由中国工程技术人员和工人完成, 从第一节管段 1993 年 4 月 15 日沉放算起, 仅用了 4 个多月的时间就完成了全部沉放, 随后又建成了宁波甬江沉管隧道, 特别是亚洲第一、世界第二的上海外环线沉管隧道即将建成, 标志我国的沉管隧道修建技术也正在步入先进国家的行列。目前我国计划投建的沉管隧道还有京沪高速铁路南京长江隧道、宁波常洪隧道等, 加上台湾 1984 年修建的高雄港隧道和香港的五座沉管隧道, 我国已拥有了相当数量的沉管隧道。随着建成的沉管隧道不断增加, 特别是在不同环境下修建沉管隧道, 出现了一些以前不太注意的问题, 其中沉降就是这类问题之一。

1 沉降分析

沉管隧道的沉降以前并未引起工程技术人员的注意, 主要原因在于, 一般都认为沉管隧道的危险状况是它的上浮, 计算和构造措施也主要是针

对于此, 由于对沉管隧道抗浮的重视, 现在运营的沉管隧道的抗浮问题解决的基本较好。但随着沉管隧道的长期使用, 通过监测发现了一个以前不太注意的问题, 有些隧道在运营过程中, 出现了不同程度的沉降, 在软土地基上这个问题特别突出, 不仅在我国的一些沉管隧道中发现这个问题, 在日本沉管隧道的运营中也有发现。

分析沉降的机理, 应该是多方面的。基础的沉降本来就是一个复杂课题, 而位于特殊环境下沉管隧道的沉降的机理更为复杂。经过研究分析认为, 除了普通结构诱发沉降的各种因素外, 可能引起沉管隧道沉降的因素还有以下几个方面。

(1) 淤积引起的沉降: 河道的泥沙淤积一直是困扰水下构筑物的一个难题, 在有些沉管隧道附近, 淤积深度可达几米, 常常是引起沉降的主要因素。

(2) 潮汐往复荷载引起的沉降: 在有潮汐的河段, 由于潮汐的往复运动会产生潮汐荷载, 这部分荷载对沉管的沉降也有影响。

(3) 超载活载引起的沉降: 随着经济的腾飞, 交通量的增大远远超过了早期的预测。现在修建的沉管隧道的交通量几乎都超过当初的设计值, 这部分的荷载引起的沉降也不能忽视。

2 沉降的控制

因为沉管隧道的接头一般都是柔性接头, 对

收稿日期: 2002 - 04 - 02; 修订日期: 2002 - 06 - 08

基金项目: 上海市重点学科资助项目

作者简介: 李剑 (1971 -) 男, 河南省驻马店市人, 同济大学在读博士研究生, 主要从事地下工程结构方面的研究。

管段的相对沉降要求相当严格,沉管隧道的沉降,特别是不均匀沉降可以引起隧道管段的破坏.为了防止沉降破坏,对沉管隧道的沉降一定要采取控制措施.经过研究,可以通过以下措施控制沉降:

- (1) 定期清淤.这是一种立竿见影的控制措施,清淤后可以立即减缓沉降,但这种方法治标不治本,因为有些河道回淤速度极快,如不停地清淤,会加大沉管隧道的运营费用.
- (2) 管底注浆.注浆也是控制沉降常用的方法,但这种方法要考虑沉管下的地质情况,在有些地质条件下(如软土地基)注浆的效果并不明显.
- (3) 桩基加固.桩基加固是结构物控制沉降常用的方法,在沉管隧道的沉降控制中同样可作为一种有效的方法,在沉管隧道管底布置桩基,利用桩基的承载力来控制隧道的沉降.

3 计算分析

在进行桩基加固后,由于桩基的存在会对隧道管体的结构力学性能产生影响,所以有必要对管体进行结构复算.

横向计算的模型沿沉管隧道纵向取单位长度,按平面应变假定进行计算.管体结构简化为平面框架,桩基加固点简化为支撑点^[3].计算外部荷载考虑水压、土压、淤泥、列车等作用下的各种不同荷载组合^[4].

纵向计算时管体假定为三维弹性地基实体梁单元,若管段之间接头系半刚半柔性接头,那么应视其为不完全铰,若接头系完全柔性,那么可视其为完全铰.

钢筋混凝土沉管隧道结构的配筋主要由横向配筋控制,而纵向配筋一般不控制.所以我们对加固后隧道的结构计算主要以横向计算为主.桩基加固后沉管隧道的主要问题是桩基能分担多少荷载,除去桩基承担的荷载外,剩余的荷载由地基土承担,在结构计算时,这些荷载作为外力作用在隧道管体上控制结构的内力.由于沉管隧道的沉降是新出现的运营问题,没有加固经验可以参考,可以借鉴桥梁中基础加固的经验,在桥梁维修加固中关于地基的承载力常应用以下的估算方法^[5].

假如现有地基承受的荷重为 W_1 ,基础底面积为 A ,则基础底面现有应力 σ 为

$$\sigma = \frac{W_1}{A} \tag{1}$$

由于基础已发生下沉并危及正常使用,因此

地基的现有应力必然已经超过地基的极限承载力,则地基实有的极限承载力肯定较 σ 小.

$$\sigma_0 = \alpha \cdot \sigma \tag{2}$$

式中: α 为现有地基支撑系数, α 取 0.8~0.95.对下沉较小或目前已基本稳定的地基,加固后原土层的承载能力,建议取 $\sigma_0 = 0.95 \frac{W_1}{A}$,对下沉速度很快或下沉正在迅速发展的地基,其原有土层的承载力可取 $\sigma_0 = 0.8 \frac{W_1}{A}$.一般情况下则介于二者之间.

4 计算实例

计算对象为某一建成沉管隧道,该隧道在长期使用过程中发生较大沉降,且沉降还在发展,由于沉降的发生,使管段之间产生相对位移,由 GINA 和 Ω 止水带形成的柔性接头对管段之间的相对位移要求相当高.为了防止接头由于沉降而产生破坏,必须对沉降进行控制,控制的方案是在管下打入桩基,但必须对打入桩基后的管体进行计算,确保管体不会由于打入桩基而发生破坏.

计算的荷载简图和需验算的断面位置如图 1 所示,计算时土层的承载力取为 $\sigma_0 = 0.8 \frac{W_1}{A}$.计算的工况为:一、二期恒载+土压+设计平均水位+静活载

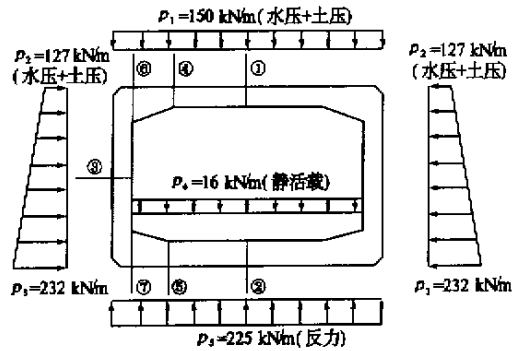


图 1 沉管的计算模型

Fig. 1 Calculation model of immersed tunnels

计算使用的工具为 ANSYS5.5,约束条件按简支.计算的结果如图 2 所示,控制断面的结果见表 1.

通过加固后各控制断面的轴力、剪力和弯矩的求解(结果见表 1),对比已建成沉管隧道的断面尺寸和配筋情况,可以得出,在用桩基础控制沉降后,对沉管隧道管体的整体结构不需要再进行加固,但在管体接头和桩基加固点需进行局部加固.

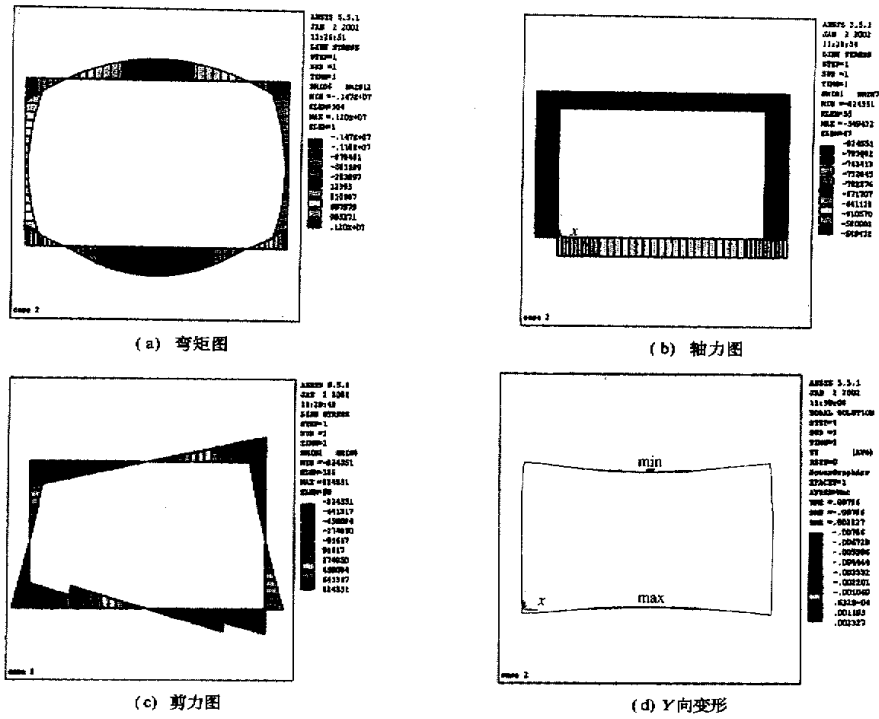


图 2 沉管的计算结果
Fig.2 Calculation result of immersed tunnels

表 1 控制断面计算结果
Tab.1 Result of control section

断面	轴力/kN	剪力/kN	弯矩/(kN·m)	X 向位移/mm	Y 向位移/mm
1	549.43	0	1075.3	-0.06	-7.86
2	626.88	0	-1473.1	-0.06	2.33
3	824.55	47.244	178.58	-0.951	-2.01
4	549.43	492.49	262.65	-0.45e-3	-5.08
5	626.88	731.15	-193.55	-0.0017	0.106
6	549.43	824.55	-1202.6	0.04	-2.1
7	626.88	824.55	1080.8	0.04	-2.1

5 结论

(1) 沉管隧道长期运营中,由于河道的淤积、潮汐的往复荷载和活载的超载等不利因素作用下可能会出现沉降,沉降的出现对隧道的安全会产生影响。

(2) 当沉管隧道出现沉降时,通过定期清淤、管底注浆和桩基加固等方法可以对隧道的沉降进行控制,其中桩基加固是一种较为有效的方法。

(3) 加固后需对沉管隧道管体进行计算,通过计算得出加固后基础的承载力,由内力分析结果对管体的结构加固提出依据。

参考文献:

[1] GURSOY Ahmet. Immersed and floating tunnels[J]. Tunneling and Underground Space Technology ,1993 ,8(2) :1 - 5
[2] JAN Saveur ,WALTER Grantz. Immersed and floating tun-

nels Second edition[J]. Tunneling and Underground Space Technology ,1996 ,12 (2) 93 – 109 .

[3] 万晓燕 ,管敏鑫 ,唐 英 . 沉管隧道段的结构计算和分机 [J]. 世界隧道 ,1999 (6) :19 – 22 .

[4] 管敏鑫 ,万晓燕 ,唐 英 . 沉管隧道的作用、作用组合与工况 [J]. 世界隧道 ,1999 (1) 4 – 9 .

[5] 杨文渊 ,徐 峰 . 桥梁维修与加固[M]. 北京 :人民交通出版社 ,1995 .

Calculation and Analysis of Settlement of Immersed Tunnels Controlling

LI Jian¹ , LI Qing – fu² , LI Bing²

(1. Department of Geotechnical Engineering , Tongji University , Shanghai 200092 , China ; 2. College of Environmental & Hydraulic Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002 , China)

Abstract : According to the results of settlement monitoring during the long – term operation of immersed tunnels , this paper analyzes the mechanics of settlement of immersed tunnels that are always neglected by engineers . Silting of strand , reciprocal load of tide and overload can create settlement of immersed tunnels . The paper provides measures to settlement controlling by periodic desilting , injection to tunnel base and reinforcement by pile , provides calculational methods of the tunnel body after reinforcement , and provides case of pile reinforcement by the analysis of ground bearing capacity . At last , inner force and reinforcement state of tunnel body by calculation about an actual project are obtained .

Key words : immersed tunnel ; settlement control ; calculation and analysis



(上接第 86 页)

Various Charging Methods Realized by the Payment Platform

FENG Jing – feng

(China Unicom Shenzhen Branch , Shenzhen 518000 , China)

Abstract : In order to provide users with convenience , and improve high – service of corporation , a multi – methods platform of charging is developed . We will introduce it in details as follows , the sever of switch charging system is successful in multi – charging through payment platform , which includes , real – time collection , prepay collection , document against payment , immediate execution . Real – time collection is a method of collection immediately from bank when the user incurs some charges of telephone . Prepay collection is a method of collection that user prepays for coming into net . Document against payment is a method of charging , which user disburses to bank , that is to say , the bank receives the cash instead of the telephone corporation . Immediate execution is a method of charging that the user bring his/her charges from individual account to save the enterprise account by the voice of client 's service of enterprise .

Key words : payment platform ; real – time collection ; prepay collection ; document against payment ; immediate execution ; limitation amount