

水中系梁采用有底套箱施工简介

王亚辉

(路桥集团第一公路工程局 厦门市 361000)

摘要: 介绍水中系梁采用有底套箱施工的新方法,包括有底套箱施工水中系梁的工艺原理、套箱的设计计算、施工操作过程和存在的问题及改进措施,为深水基础施工方法提供一种新思路。

关键词: 桥梁;深水基础;水中系梁;有底套箱;施工

桥梁水中系梁施工常采用筑岛围堰开槽法施工、钢板桩围堰施工等方法,各种施工方法都有它最佳的适用范围,在适用范围内才具有经济性和可操作性。本文结合具体工程实例,介绍一种有底套箱施工水中系梁的新方法。

1 工艺原理

水中系梁采用有底套箱进行施工,是把系梁在墩柱间的部分先预制好,利用已成型的钻孔桩(钢护筒或钻孔桩的平台)作为支撑的基础,上面立门式支架作为吊装受力点,把加工好的套箱和预制好的系梁进行拼装,组合成套箱系梁整体,再用手拉葫芦群悬吊于门式支架上,同步下放手拉葫芦,沿着桩基缓慢下沉套箱系梁整体,并在水面上逐节连接加长套箱,直至系梁沉至预定的标高为止,再把套箱与桩基间的空隙浇上封底混凝土(或压浆封底),待混凝土强度符合要求时,抽掉套箱里面的水,即可进行无水操作,分别进行系梁头与墩柱钢筋绑扎、浇注系梁头混凝土、浇注墩柱混凝土、拆除模板,最后拆除套箱,完成施工。工艺原理如图 1 所示。

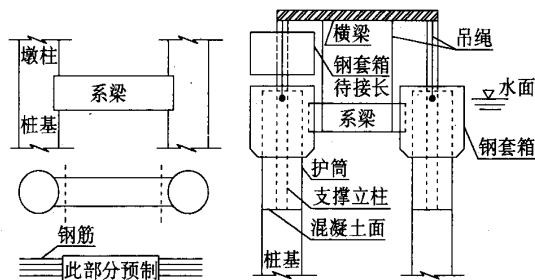


图 1 有底套箱施工水中系梁工艺原理

本施工方法适用条件没有什么特别的限制,特别适合不能筑岛围堰的水域和采用钢板桩围堰不经济的水域,具有成本低、工艺简单、质量可靠等特点。

2 套箱设计

套箱由套箱体、悬吊系统、支撑系统(门式支架)三部分组成。套箱体形如圆墩柱模板,分节连接组合而成,每节分两片,最下一节底部做成比桩基直径稍大的漏斗形,起方便浇筑封底混凝土的作用,且在最下一节上端开一个“凹”字形口以便放入预制好的系梁;悬吊系统采用多个手拉葫芦,一头挂于支撑系统上,另一头挂在系梁与套箱上,系梁与套箱上各设 4 个葫芦(吊点设置见图 4);支撑系统是利用桩基作基础,一般采用型钢(工字钢或钢管)作立柱,工字钢作横梁组成的门式支架。

2.1 套箱设计

套箱直径的大小要视预留安装墩柱钢筋足够的活动空间而定,一般直径要比墩柱直径大 1 m,钢板厚度一般采用 6~10 mm,其厚度主要根据水深而定。套箱的主要作用是隔水,其受力计算时,取最不利荷载:即套箱下沉到规定的深度,封完底抽掉水后,内外水头最高时受力为最不利。承载力计算为截取圆形套箱单位长度(1 m),其受力模式如图 2 所示。

圆筒周围的荷载是径向均匀的,结构的弯矩 M 、剪力 V 为零。

$$\text{轴力 } N = pR = h_w \gamma_w R$$

式中: p 为圆形套箱的水平径向荷载, kN/m ; h_w 为封底混凝土面至最高水面的距离, m ; γ_w 为水的

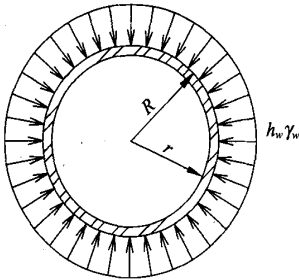


图2 钢套箱计算模式

容重,取 10 kN/m^3 ; R 为套箱计算半径, m 。

一般情况下轴向压应力远远小于钢材允许应力,不需验算。

套箱稳定性计算如下:假定套箱受到如图3所示的均布横向侧压 p ,则套箱的线性屈曲临界荷载计算公式如下:

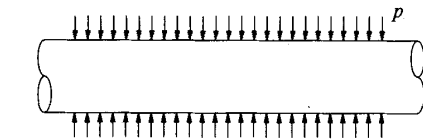


图3 受侧压套箱的计算简图

$$p_{cr} = \frac{1}{8} K E \left(\frac{t}{r} \right)^3, \quad K = K_1 + 4K_2 \left(\frac{r}{t} \right)^2$$

$$\text{式中: } K_1 = \frac{2n^2[n^2\lambda^2 - \mu(\lambda-1)] - U(h-1)}{F(1-\mu^2)}$$

$$K_2 = \frac{2}{a^2 F}$$

$$U = \frac{\alpha + 1 + \mu}{\alpha \lambda}$$

$$\lambda = \frac{\pi^2}{n^2} \cdot \frac{r^2}{L^2} + 1$$

$$\alpha = \frac{n^2}{\pi^2} \cdot \frac{L^2}{r^2} + 1$$

$$F = n^2 - 1 + \frac{1}{\alpha} - \frac{\mu}{\alpha \lambda} - \frac{D_b}{r^2 E r \alpha \lambda} \{ (H-1)(1 - \frac{pr}{Et}) \cdot [\alpha(1-\mu^2) + (1+\mu^2)] + \alpha + 1 + \mu \}$$

$$D_b = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)}$$

$$H = n^2 [1 + (\lambda-1)(2-\mu)]$$

其中: n 为套箱屈曲模态; μ 为泊松比, 钢材取 0.3; E 为钢材弹性模量, 取 $2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$; t 为套箱壁厚; L 为套箱的计算长度; 要满足 $p_{cr} \geq p$ 。

套箱的构造处理要求: 套箱外纵横方向每隔 40 cm 采用 [8 槽钢作加劲肋, 上下两节用法兰盘连接, 每节分两片也用法兰盘连接, 每节长度按 2 m 考虑, 主要为了起吊和安装方便。最下面一节上端开个

“凹”字形口, 伸出 30 cm 左右法兰盘, 大小刚好和系梁吻合, 最下一节和上节套箱通过法兰盘锁定系梁, 把系梁和套箱连成整体。

2.2 悬吊系统设计

悬吊系统采用 8 个手拉葫芦, 上端挂在门式支架的横梁上, 下端分别吊在系梁和套箱上, 系梁上 4 个, 套箱上 4 个, 前后左右对称布置, 见图4所示。由于下放速度不同步, 则吊绳受力不一, 经分析, 吊绳最不利受力情况是: 只有①和③吊绳受力或只有②和④吊绳受力的情况下, 吊绳③或吊绳②受力最大, 在此情况下吊绳最大受力为:

$$N_{\max} = \frac{GL + qL_1 \left(\frac{1}{2} L_3 + L_4 \right)}{L - L_4}$$

则 $N_{\max}/2$ 要满足手拉葫芦和钢丝绳的允许承载力, 并有一定的安全系数。

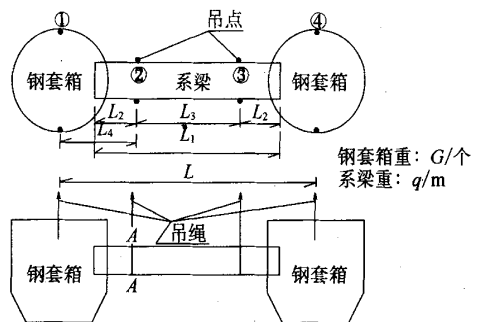


图4 吊点布置

2.3 在施工中系梁受力验算

在图4中, 当②或③吊点受力最大时, 此时系梁受力最不利, 要进行弯矩和剪力验算。

A 截面弯矩最大为: $M_{\max} = GL_4 + 0.5 qL_2^2 \leq$ 系梁矩形截面能承受的最大弯矩;

A 截面剪力最大为: $F_{\max} = G + qL_2 \leq$ 系梁矩形截面能承受的最大剪力。

2.4 支撑系统设计

支撑系统是安装套箱体提供着力点的一个门式支架, 以桩基为基础, 由立柱和横梁组成。结构布置如图5所示。

2.5 封底混凝土厚度计算

套箱封底抽掉水后, 这时套箱承受自身重量、系梁重量及水的浮力。此时套箱有向上浮的可能, 封底混凝土与桩基护筒之间的摩擦力要保证套箱体的稳定, 则封底混凝土的厚度要满足如下要求:

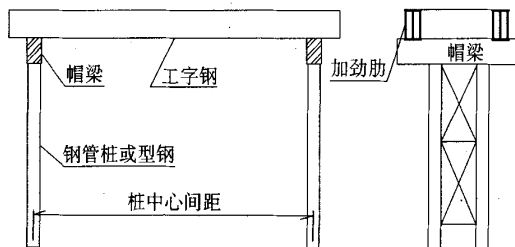


图5 支撑系统结构示意图

$$h \geq \frac{\gamma_w V - G - \frac{1}{2} q L_1}{\pi D [\tau]}$$

式中: h 为计算封底混凝土厚度, m ; D 为钻孔桩护筒的外径, m ; $[\tau]$ 为钢护筒与封底混凝土之间的容许摩擦力, 可取 $10 \sim 20 \text{ N/mm}^2$; V 为套箱在内外水头最大时的排水体积 V_1 与系梁排水体积 V_2 的一半之和, m^3 ; G 为每个套箱的重量, kN ; q 为预制系梁的每米重量, kN/m 。

因考虑到封底混凝土的不均匀性, 实际封底混凝土厚度 $H = 1.5 h$, 最小厚度不小于 50 cm 。

桩基的抗拔力满足要求, 不需计算。

3 工程实例施工操作

3.1 工程概况

江苏沂淮高速公路上的一座大桥, 位于大沙河上, 水深约 12 m , 水流缓慢, 河床为泥砂, 有通航。桥梁跨径为 25 m , 共有 6 跨, 其中 $2, 3, 4$ 号三个墩位于水中, 为钻孔灌注桩基础, 桩径为 1.5 m , 桩与桩中心距离为 7.21 m , 中间设置系梁, 系梁位于水深 5 m 处, 系梁底离河床最深的墩距离约 7 m 。因采用筑岛围堰存在一定实际困难, 才决定采用钢便桥搭设钻机平台进行基础施工。钻孔桩施工完后主要难点是如何施工水中系梁, 若采用钢板桩围堰施工水中系梁很不经济, 经课题攻关后决定采用有底套箱进行水中系梁施工。

3.2 施工过程

有底套箱施工水中系梁工艺顺序: ①套箱、门式支架加工 → ②系梁预制 → ③安装门式支架 → ④把第一、二节套箱与预制系梁吊至钻孔桩工作平台上 → ⑤拼装套箱与系梁组成套箱组合体 → ⑥用门式支架吊起套箱体 → ⑦同步下沉套箱体 → ⑧至套箱顶端略高出水面 → ⑨接长一节套箱 → ⑩重复⑦、⑧、⑨步骤

直至系梁下沉到规定的标高 → ⑪浇封底混凝土 → ⑫抽掉套箱内水 → ⑬系梁头、墩柱施工 → ⑭拆除套箱 → ⑮进行下一系梁施工。

(1) 施工准备包括: 加工套箱体、门式支架、悬吊系统、预制系梁, 清理钻孔平台等。

(2) 利用已有的钻孔平台作为操作平台、钢护筒和桩基作支撑基础、钢便桥作为运输便道, 吊车配合施工。

(3) 先行预制好系梁中间部分, 系梁两头按要求留出足够的钢筋。同时凿除桩头, 并清理干净。

(4) 用吊车安装门式支架, 检查门式支架的拼装焊接质量, 确保支撑牢固可靠。把系梁和第一、二节套箱吊至钻孔平台上的门式支架旁, 进行套箱与系梁的拼装, 检查合格后, 将系梁、套箱同时吊起拆除底下枕木等, 准备下沉。

(5) 操作工人同步慢放手拉葫芦下沉套箱和系梁组成的整体, 直到第二节套箱的顶端露出水面且对接长第三节套箱最有利的高度为止, 拼装第三节套箱后, 再同步下沉套箱体。重复上述步骤直至系梁沉至设计规定的标高为止。

(6) 临时固定套箱体于钻孔平台上。

(7) 将套箱与护筒之间的底部空隙先用一层砂袋堵住填平, 起封底混凝土的底模作用。

(8) 浇封底混凝土: 导管采用与灌注桩灌注水下混凝土一样的导管, 采用高标号泵送混凝土, 浇筑工艺与桩基首盘混凝土浇筑工艺基本相同。因封底面积不大, 用吊车吊着灰斗(导管与灰斗连接好)手扶导管就位, 在套箱内两点对称浇筑混凝土, 即先在一边浇筑好混凝土后在对称的另一边把导管插入刚浇筑的混凝土中, 再同样浇筑一次混凝土, 以确保封底混凝土到位。

(9) 待封底混凝土强度达到一定要求后, 即可抽掉套箱里面的水。如果拼接缝隙处有少量漏水, 可用棉絮封堵。

(10) 拆除悬挂系统和门式支架, 割掉桩基钢护筒, 套箱在水浮力和封底混凝土的锚固力作用下固定于钻孔桩上。

(11) 在无水状态下进行系梁头和墩柱施工。

(12) 松开套箱水面附近的螺栓, 放水进套箱内, 待到套箱内外水头齐平时, 潜水员下水拆除螺栓, 逐节或逐片吊走套箱, 进入下一系梁施工。

混凝土封底后套箱情况如图6所示。有底套箱施工情况见图7所示。

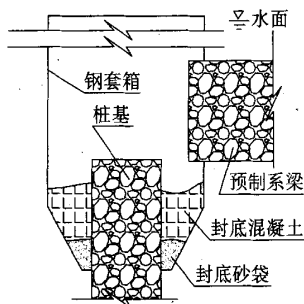
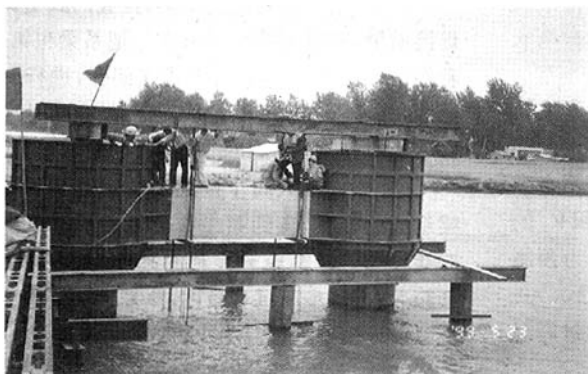


图 6 套箱封底后断面示意

3.3 施工注意事项

(1) 套箱底部漏斗开口越小越好封底,但太小可能卡在桩基护筒上下不顺畅,其大小由桩基护筒直径、桩基偏位和桩基垂直度三要素决定。注意套箱与系梁轴心要垂直,以保证顺利下沉。

(2) 套箱下沉时要由有经验和责任心强的班组进行操作,并采取必要的观测措施,保证套箱体尽可能的同步下沉。可在平台上安装套箱下沉导向架,以引导下沉。



(1) 有底套箱施工水中系梁全景



(2) 系梁与套箱相接细部构造



(3) 套箱左右两半接缝



(4) 套箱与系梁拼装后

图 7 施工实景

(3) 法兰盘间接口处特别是套箱与系梁相接处缝口上均要上橡胶止水垫,并用早强型玻璃胶粘合缝口,以堵水。橡胶垫和玻璃胶组合有较强的硬度和弹性,是较好的防水材料。

(4) 套箱下沉过程中和拆除前,要确保不能有较大的外力作用,以免失稳,要注意套箱不要受到船只或漂浮物的碰撞。

(5) 因封底面积较小又只是外围一圈,注意封底混凝土的浇筑质量。为了加快套箱的周转速度,可提高封底混凝土、系梁头混凝土的标号和添加早强剂,以提高混凝土的早期强度,方便拆模。

4 存在问题

(1) 系梁是分两次浇注,改变了设计意图,接头

跨海湾桥梁裂缝的修补技术研究

张运波^{1,2}, 李永强¹, 潘家英¹

(1. 中国铁道科学研究院铁建所 北京市 100081; 2. 石家庄铁道学院土木分院 石家庄 050043)

摘 要: 分析了跨海湾桥梁容易出现裂缝的原因以及危害,并针对海湾桥梁出现裂缝的特点,对裂缝进行了分类,根据不同类型裂缝,提出了不同处理裂缝的工艺措施和修补方法,可为处理海湾桥梁的裂缝问题提供有益的借鉴。

关键词: 海湾桥; 耐久性; 裂缝; 修补; 加固

随着我国跨海湾桥梁的开始修建,对桥梁结构的耐久性也提出了更高的要求,许多重大工程都将设计使用寿命提高到 100 年以上。为了提高跨海湾桥梁结构的耐久性,人们采用了高强、高性能海工混凝土(HPC)材料来进行施工,并通过采取加厚保护层,掺加外加剂等辅助措施,来提高跨海湾桥梁混凝土的耐久性,但这些措施也随之带来了容易导致预应力混凝土结构产生早期裂缝的问题。早期的微裂往往是后期宏观开裂的开始,裂缝在使用荷载或外

界物理及化学因素作用下,不断产生和发展,会引起混凝土碳化、保护层剥落及钢筋锈蚀,使钢筋混凝土强度和刚度受到削弱,耐久性降低。特别是一些跨海湾桥梁,因为所处外界环境的特殊性,其裂缝的存在,即使微小裂缝,也会影响桥梁结构的耐久性,严重时甚至发生垮塌事故,危害结构的正常使用,这与高性能混凝土以耐久性为宗旨的设计指标是相矛盾的。所以对高性能混凝土的早期开裂问题以及桥梁运营时期的裂缝修补技术进行研究,具有一定的实

收稿日期: 2005-12-20

截面变得薄弱。

(2) 由于套箱体下沉不可能完全同步,可能会造成套箱与系梁相接处的扭动,容易进水,有时堵水较困难。

5 改进措施

对于改变了系梁本是一次浇注成型变成两次浇注才能成型的问题,可采用适当增加接头处的构造钢筋来处理,如果是对防腐要求较高的桥梁解决就较困难些。对于上述两个问题可采用改进套箱的结构来综合解决:即用两个套箱和中间一个钢圆筒或矩形空心钢梁组成如图 8 所示的套箱体,这样就解决了存在的问题。因钢套箱内抽掉水后,受钢横筒上浮的影响,宜在套箱顶设一道对拉绳绳以平衡。

6 结语

采用套箱施工水中系梁工艺简单成熟,投入较少,施工速度较快,能保证工程质量,对外界环境要求不高,是一个不错的水中系梁施工方法。在水流流

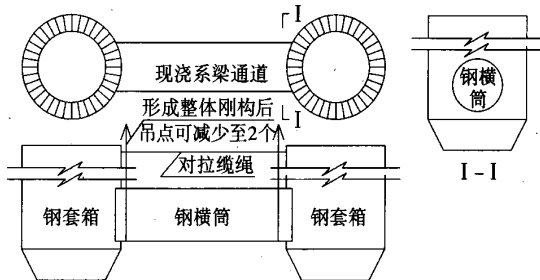


图 8 改进后的套箱结构示意图

速较大的河中施工时,要注意套箱失稳,计算时要考虑水流冲击的影响,或在构造上考虑加强。

参考文献:

- [1] 钢结构学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [2] 简明施工计算手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [3] 地下工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.