

文章编号: 0451-0712(2005)10-0037-05

中图分类号: U443.16

文献标识码: B

单壁钢吊箱围堰的设计及在三河大桥施工中的应用

吴瑞君, 光明

(路桥集团第一公路工程局江浙工程处 苏州市 215151)

摘要: 简述了采用吊箱围堰技术进行承台施工的适用条件及优缺点。并通过对单壁吊箱围堰结构受力的分析,介绍了单壁吊箱围堰的设计方法及主要计算内容。并结合工程实际介绍了利用吊箱围堰进行承台施工的施工工艺及施工方法。

关键词: 吊箱; 围堰; 结构分析; 施工工艺

当桥梁承台底面距河床面较高,或承台以下为较厚的软弱土层且水深流急,修建桥梁深水桩基及承台时可采用吊箱围堰。目前,大型桥梁深水桩基承台的尺寸越来越大,为实现承台的干施工,多用吊箱围堰来作承台修建。通常在深水桩基完成后,用起吊设备将内装有扁担梁且已拼成整体的钢吊箱围堰,悬挂在定位桩桩顶,然后灌注水下混凝土封底,抽水后浇筑承台混凝土。这时,吊箱围堰的作用就是为了实现承台的干施工,其底板是封底混凝土的控制面,侧板为浇筑封底混凝土及承台混凝土的侧模,同时

吊箱围堰的顶面也作为混凝土浇筑施工的工作作业面。宁淮高速公路上三河大桥的4~6号主墩的承台施工,采用的就是有底单壁钢吊箱围堰。

1 工程概况

三河是洪泽湖的一条泄洪河,三河大桥桥址位于三河闸下游700 m处。枯水期水深12~13 m,水流较缓。泄洪时最大流量为8 000 m³/s,流速为3 m/s。三河大桥有5个主墩位于水中,其中4~6号主墩处枯水期水深达到了12~13 m。基础形式为群桩基

收稿日期:2005-09-01

做到标高、轴线一致,才能确保围堰的整体稳定和安全。

(2)围堰外土体的卸载是实现单层内支撑、干开挖等方案的重要前提,围堰支护结构是依据这一前提来计算的。因此,开挖的土方要临时堆放在河滩内,其高度不得超过3 m,离围堰距离至少30 m。

(3)卸载范围内的积水要及时排干,并且不得堆放大宗施工材料。

(4)密切注意和观测围堰结构在施工期间的任何变化,早发现早解决。

7 结语

灌河大桥索塔承台围堰使用 $\phi 720 \times 8$ 锁口钢管桩共224根,在施工过程中,承台围堰内没有出现管涌、隆起及渗水现象,为后续的承台施工提供了良好

的操作空间。

承台围堰施工中,由于对施工地点水文及地质情况的详细掌握、对工程难点的详尽分析、对施工工况的准确验算、对实际水文地质变化采取的有效对策以及施工对设计意图的准确表达,这些都是本工程成功的关键。

锁口钢管桩是承台施工中行之有效的一种围堰方式,锁口的止水功能是其关键所在。止水成功,则可实现堰内地基土方的干开挖作业,保证承台的顺利施工,本工程在施工中较好地实现了这一目标。

参考文献:

[1] GB 50017-2003, 钢结构设计规范[S].
[2] JTJ 041-2000, 公路桥涵施工技术规范[S].
[3] JGJ 081-91, 建筑钢结构焊接规程[S].

础,设计为高桩承台,桩基采用了 6 根桩径为 1.5 m 的钻孔灌注桩,横桥向 3 排,纵桥向 2 排成矩形布置,纵横向桩间间距均为 4 m,承台下桩长为 76~82 m。承台尺寸为:长 10.5 m、宽 6.5 m、高 3 m。

路线所在区域属冲湖积平原工程地质区,桥基工程涉及深度范围内为第四系覆盖层。桥址区上部分布的第 2-1 层粘土,硬塑状态,物理力学性质较好,强度较高,埋深浅;第 2-3、2-5 及 3-1 层粘土,物理力学指标较好,强度较高;3-2f 粉砂及 3-2z 中砂,密实状态,强度较高;4-1(亚)粘土,物理力学性质较好,强度较高,此层为桩尖持力层。

2 单壁钢吊箱围堰的结构构造

2.1 方案确定

目前国内深水承台施工的施工方法多种多样,各有优点。使用吊箱围堰修建桥梁深水桩基,与使用钢板桩围堰、钢围堰一样,可在岸上制造,在定位船上拼装成整体后运至墩位处下沉,不仅施工方便,而且防水性能好;因吊箱围堰不进入河床而是悬吊入水中,所以用钢量少。其缺点是:吊箱结构较复杂,制造精度要求高;沉桩时桩的自由度大,如施工操作不当,易损坏桩或吊箱;又由于吊箱阻水面积大,在有潮水涨落或强水流冲击时,悬吊吊箱的定位桩易遭损坏。

结合本工程特点,经过多方案比较,决定采用吊箱围堰来施工。因为本工程承台体积不大,水中埋深较浅,故可以采用单壁钢吊箱围堰。采用单壁钢吊箱围堰具有节省材料、加工方便、质量容易控制、节省模板资金、下沉时间短等优点。

2.2 结构分析

钢吊箱的结构主要由侧板、底板、内支撑、支吊系统等 4 部分组成。其中侧板和底板是吊箱围堰的主要防水结构。吊箱施工共分吊箱拼装下沉、封底混凝土施工、抽水、承台施工 4 个阶段,故结构分析也要基于这 4 大部分 4 个阶段来进行。

侧板对于不同的阶段要承受不同的荷载,主要包括水压力、封底混凝土侧压力、承台混凝土侧压力的作用,其中,封底阶段主要承受封底混凝土侧压力,抽水阶段主要承受水压力,承台施工阶段主要承受水压力与承台混凝土的侧压力的共同作用。所以对于侧板应该验算封底、抽水、承台施工 3 个阶段,从而确定最不利工况下的内力。侧板是吊箱的主要防水结构不能设置对拉杆,由于本工程承台高度

不大,所以侧板采用刚度大承载能力强的型钢作为骨架,其上再铺钢板。中间不设支撑,仅在下部底模上设限位挡块,上部由焊于吊箱顶部的反压梁作为支撑。因此施工期间的侧板承受的各种荷载均通过底模和反压梁及内支撑形成平衡,并未传给定位桩。

底板一般由型钢骨架,其上再铺钢板形成。型钢骨架要承受封底混凝土、自重、水浮力的作用。对于承台混凝土浇筑阶段封底混凝土已经与桩基础形成粘结力,对于一般工程此粘结力足够承担承台混凝土的压力,所以底板型钢骨架一般不承担承台混凝土的压力。

内支撑主要是承受抽水后的水压力,也可兼做工作平台的支撑。

支吊系统主要由吊杆、定位钢管桩、扁担型桩垫、贝雷梁、千斤顶、扁担梁等组成。支吊系统主要承担结构自重、封底混凝土浮重(减去浮力)等荷载,对于本工程钢管桩在桩基施工时还要兼作钻孔平台的支腿,承担钻机施工时的荷载,同时还要承担泄洪时的水流冲击力,故还必须验算抵抗泄洪时的水流冲击的稳定性。

封底混凝土的作用:一是作平衡重主体;二是防水渗漏;三是抵抗水浮力在吊箱底部形成的弯曲应力;四是作为承台的承重底模。从理论上讲达到设计强度的封底混凝土与底模一起承担承台混凝土的重量,其重量的一部分通过封底混凝土与钢护筒间的粘结力将其传到地基,另一部分通过底模及吊箱支吊系统传到地基。但实际上底模及吊箱支吊系统的刚度远小于封底混凝土的刚度,承台混凝土的重量基本上由封底混凝土承担并将其传到地基。所以还必须验算封底混凝土与钢护筒的粘结力,是否能承担承台混凝土的重量。封底混凝土与钢护筒的粘结力同时还是抵抗吊箱抽水后的浮力的主体之一。此粘结力主要由混凝土与钢护筒间的摩擦力和胶结力组成,故此粘结力受封底混凝土的浇筑质量影响较大。可见封底混凝土的灌注是吊箱围堰施工成败的关键之一。在没有可靠经验时,除了在封底混凝土施工时要加强控制外还应从构造上增加可靠度。就是要设置以反压梁为主的抗浮措施,仅靠反压梁作用也要能保证钢吊箱的稳定性。

2.3 结构构造

三河大桥 4~6 号主墩承台施工中,所用的单壁钢吊箱围堰的结构见图 1、图 2 所示。

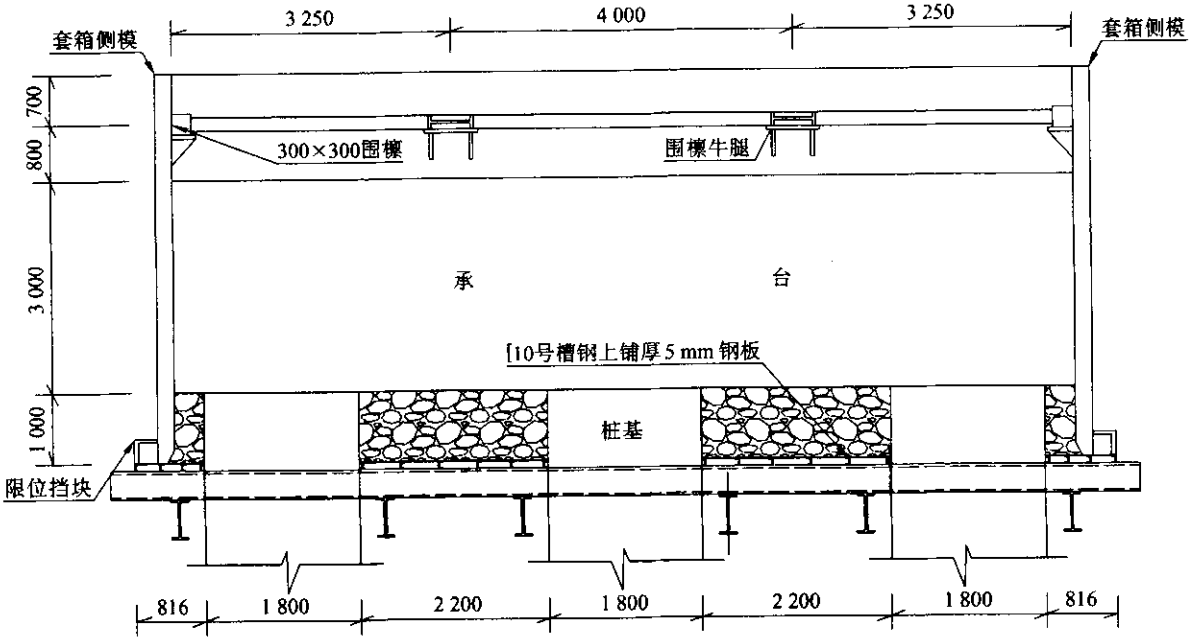


图 1 吊箱围堰结构

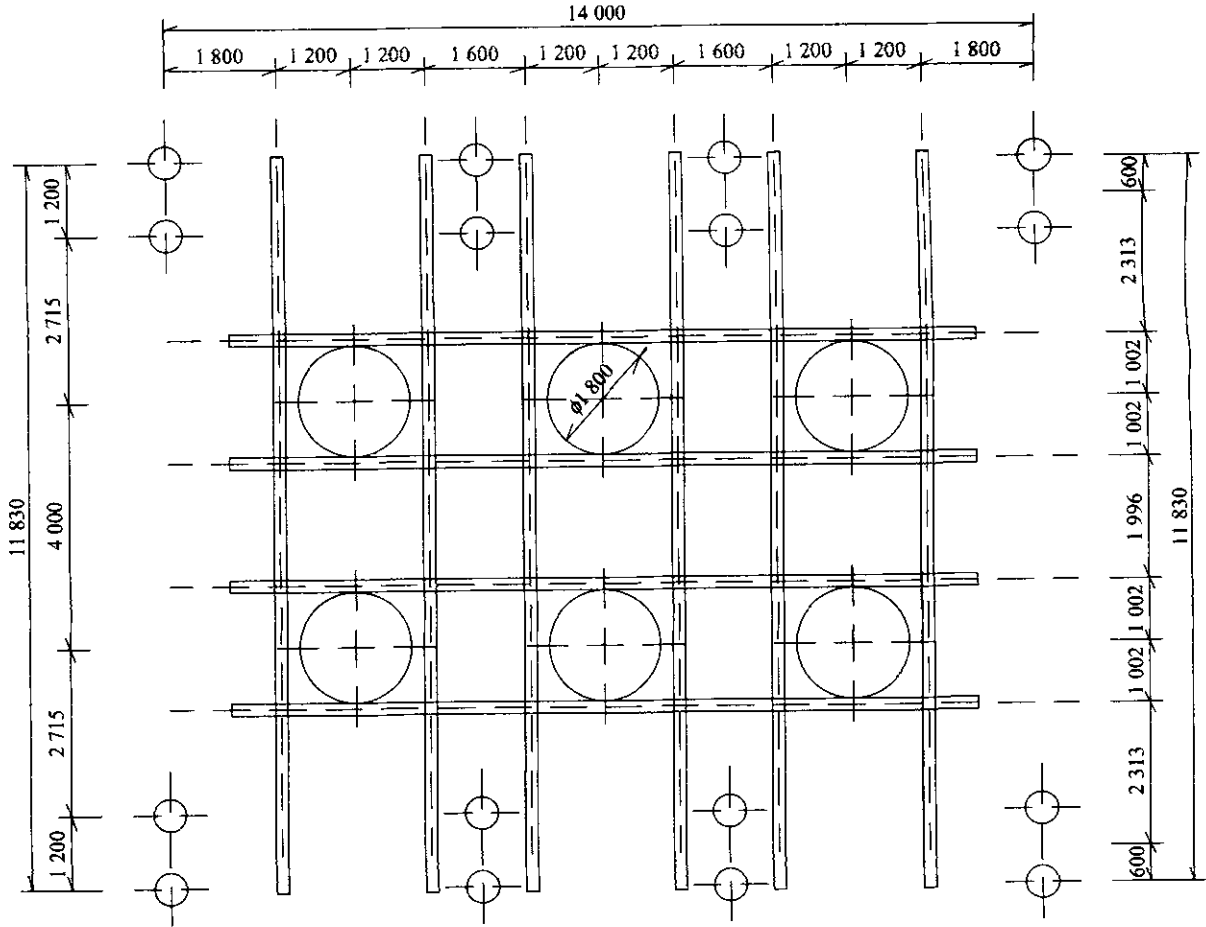


图 2 吊箱底模支架及钢管桩平面布置

3 结构计算内容

3.1 计算内容

单壁钢吊箱的结构尺寸拟定后,在对结构分析的基础上,还要对结构进行详细的设计验算。包括以下计算内容:

- (1)吊箱拼装下沉计算;
- (2)吊箱结构设计计算;
- (3)封底混凝土施工阶段计算;
- (4)抽水后吊箱止浮计算。

3.2 计算工况

综合工况条件分析和计算内容,钢吊箱各部分在最不利受力工况下计算工作如下。

(1)底板主要承受封底混凝土恒载和吊箱静载,最不利受力工况应为封底混凝土灌注阶段;另外底板与封底混凝土一起承担承台混凝土的恒载及施工荷载与上浮力的作用;此外对滑移入水、整体起吊下沉等阶段底板受力进行验算。

(2)侧板以承受水平荷载为主,其最不利受力工况为抽水阶段,取此工况受力荷载组合进行侧板计算;另外还要对吊箱滑移入水、整体起吊下沉、吊箱混凝土封底及承台施工等阶段侧板受力进行验算。

(3)内支撑系统与吊箱侧板计算相关,所以在侧板计算的同时完成内支撑的验算。

(4)吊箱支吊系统和底板一样,以承受竖向荷载为主,受力计算亦与底板计算一起完成。

(5)吊箱滑移入水阶段除验算吊箱底板和侧板外,还要通过计算结果确定滑移设备。通过分析本工程吊箱滑移入水阶段为非控制阶段,故此阶段可不验算。

(6)吊箱拼装下沉阶段主要与吊箱静载有关,以竖向荷载为主,以整体起吊下沉为最不利进行控制计算;并以此计算结果设计吊点、吊具及选择安装设备。

(7)抗浮计算是吊箱内抽完水后并在浇筑承台混凝土前,计算封底混凝土及吊箱围堰的上浮力,使其抗浮安全系数大于允许值 1.3。

(8)封底混凝土强度验算,验算分两阶段进行,一个是吊箱内抽完水后并在浇筑承台混凝土前,另一个是浇筑完承台混凝土后且在混凝土初凝前;验算封底混凝土周边悬臂时及中间混凝土的拉应力和剪应力。

4 施工工艺流程及施工方法

因承台位于水中,承台施工时采用有底吊箱围

堰,吊箱围堰的几何尺寸与承台外围设计尺寸一致,围堰高为 5.5 m。施工时悬挂在工作平台上,待吊箱下沉至设计标高时,将底板与护筒的间隙堵好,浇筑封底混凝土,在浇筑过程中采取有效措施,保持围堰内外水头一致。抽干围堰内水,绑扎钢筋,浇筑承台混凝土。

吊箱支架由 6 根 I56 号工字钢与 4 根 2[40 号槽钢组合,利用 24 根 $\phi 32$ 精轧螺纹钢吊在钢平台贝雷桁架上。

安装吊箱支架是利用浮吊配合千斤顶,逐个安装到位,靠调节 $\phi 32$ 精轧螺纹钢吊杆来调整标高。

4.1 吊箱结构

吊箱侧板按照分块拼装进行设计,大面分成 3 块,小面分成 2 块,一个吊箱共分 10 块。吊箱的几何尺寸与承台外围设计尺寸一致,兼做承台模板,内设支撑 1 道,下端设定位限位 1 道,吊箱分块,由 M24 粗制六角螺栓连接,连接的钢板处用 1 cm 厚的止水橡胶条进行止水。每块由间距为 0.6 m 的 [20 号槽钢纵横梁外贴 $\delta=5$ mm 的钢板组成。

4.2 吊箱拼装

(1)吊箱的拼装在原桩基施工的平台上进行。吊箱的部件用运输船运至施工平台上,并按定位标记吊放就位及固定,在相邻箱壁部件吊放时,应事先放入止水橡胶条。

(2)吊箱箱壁组装完成后,进行安装下端限位。由于下端限位不设围檩,因此,下端限位与箱壁的连接点应设在有箱壁的纵横梁处,并用钢板作衬垫。下端限位与桩基的钢护筒应保持留有 2 cm 的间隙。

(3)安装支撑处钢围檩前,应在箱壁上有纵横梁处焊上牛腿,牛腿焊接时应保持标高位置不变,平面内可作适当移动,牛腿焊接结束后,进行钢围檩的安装。吊箱周边钢围檩连接时,应保证钢围檩与箱壁密贴,钢围檩连成矩形后,再进行角撑的焊接。

(4)钢围檩安装完成后,安装 2 根钢支撑,钢支撑采用 I40 号工字钢,安装钢支撑时应将钢支撑与钢围檩,用钢楔形块顶紧,并牢固固定,防止吊箱在起吊、下沉过程中钢支撑脱落。

4.3 吊箱就位

吊箱拼装完成后,吊箱的下放就位采用 12 台 16 t 手摇千斤顶同时下放 24 根精轧螺纹钢来完成。首先采用千斤顶同时顶起 24 根精轧螺纹钢,将吊箱整体吊空,拆除平台上的型钢,然后徐徐将吊箱下放至设计标高,吊箱的轴线、标高检查合格后,

将吊箱用型钢与支撑架上横梁焊接起来,吊箱即定位。

4.4 吊箱封底

(1)封底混凝土的灌注是吊箱围堰施工成败的关键之一。为防形成夹层与冷缝,确保封底的成功,一般都采用泵送混凝土多根导管多点快速灌注。导管直径选用 250 mm,为拆卸方便,导管长度分别为 1.0 m、1.5 m、2 m、3.8 m 的不等节段,根据混凝土的流动半径,确定导管布置,布置见图 3 所示。

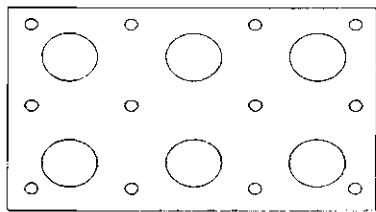


图 3 封底混凝土浇筑点分布示意

(2)灌注平台设计为上、下两层,用贝雷桁架与型钢直接在套箱顶拼装,上层设置移动式集料斗和提升导管的卷扬机等,下层平台布设投混凝土漏斗与导管。

(3)混凝土配合比的控制。

混凝土的配合比按照和易性好、流动度大、坍落度损失小、初凝时间长、灌注中不易离析泌水的技术要求进行试验确定。但是套箱封底混凝土开始浇筑时与浇筑终止前,应做适当调整。即灌注开始时,为保证导管的埋深,防止导管脱空翻浆,流动度可适当减小一些,封底混凝土灌注接近设计顶面标高前,要适当加大坍落度,以减小混凝土流动坡度,使封底混凝土面较为平整。

(4)水下封底混凝土灌注施工要点。

①因套箱封底混凝土的面积较大,同时受拌和设备生产能力与导管灌注间隔时间的限制,为了确保封底混凝土的施工质量与安全,封底混凝土宜采取单向在斜面逐渐推进的灌注方法。

②混凝土开始灌注时,要严格控制每一根导管位置的灌注量。一般灌注过程中,每根导管灌注量应认真记录,同时用测锤密点检测,及时掌握每根导管灌注处中心混凝土面高度和混凝土的扩散部位及其标高,以便及时调整各个导管混凝土的灌注量,控制

导管埋深。

③导管最小埋入深度不得小于 0.6 m。

④封底混凝土达到设计标高时,必须认真进行加密复测,并对标高偏低的部分进行补浇,但应考虑导管内存料数量,以免造成混凝土面超高。导管应在复测、补浇后拆除。

4.5 吊箱抗浮措施

当水下封底混凝土达到设计强度后,在排干吊箱内的水以前,应首先安装 4 根反压梁,反压梁利用施工平台的型钢,并在型钢两端用厚为 20 mm 的钢板将反压梁与施工平台桩连接牢固。

完成上述准备后,开始排水作业,当箱内水位与河面水位差为 1.5 m 时,在反压梁和工程桩护筒之间用钢丝绳配绳夹,收紧夹牢,整座吊箱共设 4 个反拉点,以确保吊箱的抗浮稳定。

排水完成后,将每根工程桩周围凿平并及时焊接抗浮反牛腿,反牛腿面紧贴混凝土面。在整个排水过程中,应对吊箱四角及原施工平台进行沉降观测,并延伸至抗浮反牛腿施工结束后 3 d,同时应观测吊箱的变形。

抽完水后的套箱可实现承台的干施工,钢筋绑扎与混凝土施工就可以按照常规承台施工方法进行。

5 结语

通过全桥 6 个水中吊箱围堰抽水后吊箱的变形观测,吊箱都没有上浮趋势,也就是说所有浮力全部传给了 6 根桩。反压梁对于桩来说是柔的,在封底混凝土与钢护筒之间粘结力足够大时,可以认为所有上浮力全部由桩基础来承担,所以当浮力较大时,必须验算桩的抗拉承载力以防桩被拉裂。

参考文献:

- [1] 刘自明. 桥梁深水基础[M]. 北京:人民交通出版社, 2003.
- [2] GB 50010—2002, 混凝土结构设计规范[S].
- [3] JTJ 041—2000, 公路桥涵施工技术规范[S].
- [4] JTJ 025—86, 公路桥涵钢结构及木结构设计规范[S].
- [5] 交通部第一公路工程总公司. 公路施工手册(桥涵)[M]. 北京:人民交通出版社.