

# 不同地质条件下现浇梁支架基础施工方法

田克星, 张磊

(中交一航局第一工程有限公司)

**摘 要:** 为总结现浇梁支架基础施工方法, 文章依托厦门第二东通道工程 A3 标段, 结合现场施工情况及施工要求, 分别从适用地质、承载力要求、施工方法、施工注意事项等方面详细介绍了钢管桩基础、预制块基础、条形基础、盘扣垫层基础 4 种支架基础的施工工艺, 并根据现场地形及地层分布情况确定更为优化的基础形式, 从而节约施工成本, 提高支架体系安全系数。通过现场工程验证, 证明了方案的可行性, 保证了现浇梁支架基础的施工质量及施工进度, 可为后期同类工程提供参考依据。

**关键词:** 支架基础; 设计优化; 基础适用性; 基础施工

## 0 引言

随着高速公路的快速发展, 现浇梁已成为互通立交桥的主要结构形式, 支架法广泛应用于现浇梁施工, 支架基础影响支架结构安全, 合理选择基础形式至关重要。为保证基础施工质量, 本文通过不同地质情况下的基础选择与设计优化, 结合现浇梁支架基础施工方法, 总结出适用于不同地质情况下的基础形式及承载力要求, 并对基础施工技术进行详细阐述。

## 1 工程概况

厦门第二东通道工程 A3 标段现浇梁施工涉及 1 条主线, 长 2 426.6 m; 10 条匝道, 长 4 295 m; 共计现浇梁 74 联。现场施工环境地质复杂, 支架基础形式多, 工程量大, 造价高, 选择最优的基础形式是项目施工前期策划重点。经多次研讨及现场实际踏勘选择 4 种基础形式, 分别为钢管桩基础、预制块基础、条形基础、盘扣支架垫层基础。通过细化工艺研讨, 并根据现场地形及地质情况将本标段划分为 4 个基础处理区段, 分别为海中段、淤泥及鱼塘区段、农田及沼泽区段、路基区段, 根据地基承载力及软弱地层厚度选择基础形式, 不同区段选择不同地基处理形式, 有效降低了材料投入, 实现了项目成本的节约。

## 2 地层分析

A3 标段现浇梁支架基础处理工作量大, 根据现场基础处理区段进行地层分析如下:

1) Z1 联—Z4 联。软弱地质情况主要为淤泥及淤泥质土、中粗砂、含淤泥中砂, 属于海中段

区域。各软弱地质层厚为淤泥及淤泥质土 0.5~18.7 m, 中粗砂 2.2~9.5 m, 含淤泥中砂 3.7~5.5 m。地基承载力为 40~200 kPa, 采用钢管桩基础施工,  $N$  值为 8~23 时, 入全风化花岗岩 1 m;  $N$  值为 35~43 时, 无法入岩, 需满足设计桩长即可, 若不满足需在原设计桩位附近补桩。

2) Z5 联—Z6 联、G7 联—G9 联。软弱地质情况主要为淤泥质土、流砂、滩淤等, 属于淤泥段区域, 软弱地质层厚为 3.5~5.2 m, 地基承载力为 40~120 kPa, 采用条形基础施工。

3) Z7 联—Z9 联、H7 联—H8 联。软弱地质情况主要为淤泥, 属于鱼塘段区域, 软弱地质层厚为 2.5~4.5 m, 地基承载力为 40 kPa, 采用条形基础施工。

4) Z10 联、D1 联—D3 联、E1 联—E10 联、F1 联—F7 联、G1 联—G6 联、G10 联—G13 联、H3 联—H8 联。软弱地质情况主要为淤泥、腐殖土等, 属于农田段区域, 软弱地质层厚为 0.5~3.5 m, 地基承载力为 40 kPa, 根据支架形式采用预制块基础或盘扣支架垫层基础施工。

5) Z11 联—Z13 联、C1 联—C2 联、H1 联—H2 联、J1 联—J2 联。地质情况较好, 主要为回填土, 属于沼泽段区域, 地质情况较好, 清除 1.0 m 回填土后可直接碾压, 地基承载力为 180 kPa, 根据支架形式采用预制块基础或盘扣支架垫层基础施工。

6) Z14 联—Z22 联、A1 联、B1 联—B2 联。主要为种植土、素填土, 属于路基区域, 地质情

况较好,清除 0.3~0.5 m 表土后可直接碾压,地基承载力为 180~200 kPa,根据支架形式采用预制块基础或盘扣支架垫层基础施工。

3 方案比选

3.1 钢管桩基础

根据地形及地层分布、综合施工环境及成本分析,海中段基础施工全部选用钢管桩,根据支架计算可知最大桩端反力按 1 660 kN 设计,钢管桩桩径为 630 mm,桩长为 11.5~39.4 m,桩身垂直度控制标准小于 1%,整体偏位不大于 50 cm。

表 1 DZ120 型振动锤性能参数表

性能参数类型	电机功率/kW	静偏心力矩/(N·m)	激振力/kN	转速/rpm	空载振幅/mm	允许拔桩力/kN	锤体净重/t	发电机组/kW
DZ120	120	750	823	1000	7.45	392	7	300

3.1.2 主要施工工艺

1) 支架桩定位导向架定位安装

由测量人员根据导向架结构尺寸和设计桩位测量放样安装位置,施工人员指引履带吊把支架桩定位导向架吊放在安装位置,导向架就位后采用 2 cm 厚 U 形钢板焊接固定在钢栈桥上。

2) 支架桩就位

支架桩定位导向架焊接牢固后,履带吊吊起振动锤,夹紧 1 根支架桩垂直放入导向架定位孔中,放入过程由施工人员多次测量桩身垂直度,确保桩身初入泥面的垂直度满足设计及规范要求<sup>[2]</sup>。

3) 支架桩打设

施工人员确定桩位与桩身垂直度满足要求后,振动锤开始振动,振动过程中要不断停锤检测桩位与桩身的垂直度,发生偏差及时纠正或拔出重打,每根桩的打设应一气呵成,中途不可有较长时间停顿,以免桩周土扰动恢复造成沉桩困难。

4) 停锤标准

打设过程根据承载力和贯入度双向控制钢管桩长度,贯入度依据最后 90 s 不大于 1 cm 控制为主,承载力依据支架设计桩长为辅。支架桩打设到位后,拆除支架桩定位导向架移至下个桩位,以此类推<sup>[3]</sup>。

3.1.3 施工注意事项

1) 沉桩开始时,可依靠桩的自重下沉,然后吊装振动锤和夹具与桩顶连接牢固,开动振动锤使桩下沉。当最后下沉速度与计算值相距不多,且振幅符合规定时,即认为合格,施工过程中采用桩长与贯入度双向控制。

3.1.1 锤型选择

钢管桩基础施工拟采用 DZ120 振动锤施沉,振动锤相关参数见表 1,满足桩侧摩阻力要求,入土深度通过计算所得<sup>[1]</sup>。首先施沉首排钢管桩,根据钢管桩的施沉情况,综合分析地下覆盖层与地勘报告的吻合程度,再根据实际地形情况分析受力,现场以贯入度为主,直至打到 90 s 内贯入度不大于 1 cm 方可停锤,打设完成后,由测量人员测出桩顶标高,后由平联斜撑班组接桩至统一标高。

2) 每根桩的下沉一气呵成,不可中途间歇时间过长,以免桩周的土恢复,继续下沉困难。每次振动持续时间过短,则土的结构未被破坏;过长则振动锤部件易遭破坏。振动持续时间的长短应根据不同机械和不同土质通过试验决定,一般不宜超过 10~15 min。

3) 振动锤与桩头须用液压钳夹紧,无间隙或松动,避免因振动力向下传递不充分,影响钢管桩下沉及接头损坏,振动锤振动过程,如发现桩顶有局部变形或损坏,应及时修复。

4) 测量人员现场指挥精确定位,钢管桩插打过程不断检测桩位和桩的垂直度,并控制好桩顶标高。下沉时如钢管桩倾斜,应及时牵引校正,每振动 1~2 min 暂停并校正钢管桩 1 次。设备全部准备好后振动锤方可插打钢管桩。

5) 钢管桩接长时接头须上下错开。钢管桩间的接头须满焊,各加长加劲板也须满焊。经现场技术员检查钢管桩接头焊接质量合格后方可打设钢管桩。

6) 若钢管桩无法达到设计深度或入土深度很浅时应在此桩的横桥向两侧加打钢管桩,并增加加打钢管桩的平联与斜撑。

3.2 预制块基础

3.2.1 预制块尺寸

根据现场地质情况(处于农田、沼泽、路基地段)及地层分布(地基持力层为砂质黏土,承载力为 180 kPa;中粗砂,承载力为 200~250 kPa),清除软弱土层厚度小于等于 2.5 m 且基底持力层承载力大于等于 180 kPa 地段采用预制块基础,尺

寸根据现场小型机具起重能力及单桩承载力 1 500 kN 的要求综合设计为 2.0 m×2.0 m×0.4 m, 最小换填宽度不少于 3 m。

### 3.2.2 预制块基础施工流程

预制块在后场集中预制, 钢筋横纵向间距为 0.2 m, 吊点采用  $\phi 20$  mm 圆钢, 预制完成后采用板车运送至安装地点, 对原地面处理完成并检验合格后, 安装预制块基础, 提前准确放出预制块基础的位置, 同时采用砂浆调平, 确保基础整体处于同一平面。为避免处理好的地基受水浸泡, 混凝土硬化面高出原地面不小于 0.1 m, 在基础顶面设置 0.5% 双向排水横坡, 并在基础两侧沿线纵向开挖 0.3 m×0.3 m 的排水沟引流。地面硬化后, 应加强箱梁施工区域内的排水工作, 严禁在施工现场地形形成积水, 造成地基不均匀沉降, 引起支架失稳, 出现安全隐患和事故。

### 3.2.3 预制块基础施工注意事项

1) 基坑开挖前, 首先确定场地内是否存在管线及其他妨碍施工物件, 开具动土证后方可施工, 并做好开挖标线的标记, 洒上石灰粉。

2) 开挖至要求标高后, 做承载力自检, 报监理、业主复检。合格后换填压实, 换填材料采用复合填筑要求的砖渣, 不得掺杂生活垃圾及泥土, 回填厚度不大于 0.5 m, 碾压机械采用不小于 22 t 的压路机, 静压 2 遍, 强振 8 遍, 最后沉降差不少于 3 mm 即达到碾压标准。

3) 预制施工时注意钢筋间距(横纵向均为 0.2 m)、长度(去掉两侧保护层各 4 cm, 长 1.92 m)、法兰盘预埋精度及丝杆外露高度(控制在 2 个螺帽高度, 0.05 m), 注意收面及法兰盘位置平整度满足要求并进行养护。

4) 安装时需测量放线, 底部铺砂子调平, 并用水平尺刮平, 四周采用砂浆封边工艺施工。

5) 础施工过程做好纵坡及横坡并结合当地水系做好临时排水及防冲刷工作。

6) 垫层完成后收面平整并控制好顶面标高, 垫层左右两侧宽度为预制块基础边线外扩 10~20 cm。

## 3.3 条形基础

### 3.3.1 条形基础尺寸

根据现场地质情况(处于鱼塘及淤泥地段)及地层分布(地基持力层为中砂混有黏性土, 地基承载力为 200 kPa), 清除软弱土层厚度大于 2.5 m 且小于等于 5.2 m 且基底持力层承载力大于等于

180 kPa 地段采用条形基础, 其尺寸根据现场地形及单桩承载力 1 500 kN 的要求综合设计, 长度为箱梁投影宽度+2 m(两边各拓宽 1 m), 宽 1.2 m, 高 0.5 m, 最小换填宽度不少于 2.5 m。

### 3.3.2 条形基础施工流程

对原地面处理完成并检验合格后, 浇筑 0.1 m 厚 C20 混凝土垫层调平, 为避免处理好的地基受水浸泡(雨水及养护用水等), 在基础顶面设置 0.5% 双向排水横坡, 并在基础两侧沿线纵向开挖 0.3 m×0.3 m 的排水沟引流。根据支架平面布置图准确放出条形基础的位置进行钢筋绑扎, 钢筋四周净保护层为 0.04 m, 并铺设 2 层钢筋网片, 上层钢筋网片为 6 根, 下层钢筋网片为 8 根, 上下层钢筋网片采用箍筋连接在一起, 布置间距为 0.2 m, 全部由  $\phi 16$  mm 螺纹钢筋制作, 钢筋骨架上安装限位板和预埋螺栓, 提前在限位板上按钢管柱法兰盘上的螺栓孔大小、位置和间距冲孔预埋 6 个长 0.5 m L 形 M24 螺栓, 预埋螺栓安装时, 采用限位板固定其相对位置和垂直度, 保证后续钢管柱能顺利安装。限位板采用直径 0.75 m 厚 5 mm 的钢板制作, 为保证混凝土浇筑时板底密实, 在限位板中间预留 10 mm 小孔, 全部完成后安装条形基础模板, 模板最后浇筑 C30 混凝土条形基础。

### 3.3.3 条形基础施工注意事项

垫层浇筑完成后放出条形基础中心位置, 并绑扎钢筋, 支模板, 浇筑 C30 混凝土, 收面平整并控制好条形基础顶面标高, 覆盖土工布, 保证养护到位。

## 3.4 盘扣垫层基础

### 3.4.1 盘扣支架尺寸

根据现场地质情况(处于农田、沼泽、路基地段)及地层分布(地基持力层为黏性土、砂质黏土等, 地基承载力为 180~200 kPa), 清除软弱土层厚度小于等于 1.0 m 且基底持力层承载力大于等于 100 kPa 的匝道地段采用盘扣支架施工, 其尺寸根据现场地形及单根立杆最大受力 50 kN 的要求综合设计为长(箱梁跨度)×宽(箱梁投影宽度+2 m)×高(0.15 m)。

### 3.4.2 盘扣垫层基础施工流程

原地面处理完成并检验合格后, 浇筑 C20 混凝土垫层, 垫层按设计尺寸施工。混凝土浇筑后进行 2 次收面, 保证垫层面平整度满足支架搭设

要求。为避免处理好的地基受水浸泡,在基础两侧沿线纵向开挖 0.3 m×0.3 m 的排水沟引流。地面硬化后,加强箱梁施工区域的排水工作,严禁在施工作业面形成积水,造成地基不均匀沉降,引起支架失稳,出现安全隐患和事故。

3.4.3 盘扣垫层基础施工注意事项

盘扣支架垫层施工应确保顶面平直度及混凝土养护,浇筑完成且达到龄期后测量放线,包括

中心线、底板边线、翼缘板边线。

综上所述:本项目地基处理共采用 4 种形式,换填材料采用砖渣,当支架高度小于等于 7 m 时,采用盘扣支架施工;支架高度大于 7 m 时,采用钢管贝雷施工。

3.5 综合对比分析

根据现场施工经验,对 4 种基础处理工艺进行综合对比分析,具体内容见表 2。

表 2 不同支架基础对比分析表

对比项目	安全性	经济性	适用性	质量	工效分析
钢管桩基础	基础整体性好,沉降小,体系安全	经济投入高,周转率低	适用于淤泥质、流砂等地质情况较差且淤泥层厚度大于 5 m 地段	可靠	施工效率低,如遇孤石等处理较困难
预制块基础	基础整体性差,沉降大,体系较安全	经济投入少,周转率高	适用于地质情况较好且地基承载力大于 180 kPa 地段	可靠	施工速度快
条形基础	基础整体性好,沉降小,体系安全	经济投入高,不可周转	适用于淤泥质、鱼塘等地质情况较差且淤泥层厚度小于 5 m 地段	可靠	施工速度较预制块慢
盘扣垫层基础	基础整体性好,沉降小,体系安全	经济投入高,不可周转	适用于地基承载力要求小于 100 kPa 地段且支架高度小于 7 m 地段	可靠	施工速度最慢

4 基础预压

根据现场支架形式、地质情况分别对海中段、淤泥及鱼塘区段、农田及沼泽区段、路基区段 4 种不同施工环境下的基础进行预压,以抵消地基和支架的非弹性变形,准确测定支架系统的弹性变形,确保支架系统的强度、刚度和稳定性满足设计要求,支架弹性变形以支架设置预拱度的方式予以消除<sup>[4]</sup>。结合以往经验,采用砂袋堆载预压,材料采用碎石,砂袋尺寸为 0.9 m×0.9 m×1.1 m (每个砂袋平均重量为 1.2 t),设专人记录,加载时选用 25 t 汽车吊提升至箱梁上部。支架预压应沿混凝土结构跨中纵横向对称、均衡、同步的方式逐级加载和卸载,施工过程严禁偏载堆预压材料,避免支架失稳产生坍塌现象。

5 结语

厦门第二东通道工程现浇梁支架基础设计优

化,在技术、成本方面是经济可行的。软弱地基土层厚度在 3 m 以下且基底承载力不小于 180 kPa 时,采用预制块基础;软弱地基土层厚度在 3~5 m 之间且基底承载力小于 180 kPa 的,采用条形基础;软弱地基土层厚度在 5~18 m 之间、处于海中、流砂地段且基底承载力小于 100 kPa 时,采用钢管桩基础;支架高度小于等于 7 m、软弱地基土层厚度在 1 m 以下且基底承载力不小于 100 kPa 时,采用盘扣垫层基础。经沉降观测检验,基础沉降量在规范允许范围内,后续施工过程中需特别注意换填材料的选择及排水通道的预留,保证基础不积水,换填材料符合承载力要求。

参考文献:

[1] GB 50007—2011,建筑地基基础设计规范[S].  
[2] JTG/T 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].  
[3] JGJ 79—2012,建筑地基处理技术规范[S].  
[4] JGJ/T 194—2009,钢管满堂支架预压技术规程[S].