

Discussion on the Deformation Control of Super High Steel Pipe Pile Support

Dian Shen

China Railway 15th Bureau Group Co., Ltd., Shanghai, 200040, China

Abstract

For special super high cast-in-situ bridges with complex terrain, the steel pipe pile support system has the advantages of simple structure, high bearing capacity and reliable support, and is the preferred platform for tall cast-in-place structures. At the same time, the steel pipe pile support system is more suitable for construction needs in terms of material usage, installation efficiency, construction period control, and terrain adaptability. In the ultra-high bracket, the deformation of the single component of the system is the primary control target.

Keywords

foundation; steel pipe pile; connection system; deformation

浅谈超高钢管桩支架变形量控制

申殿

中铁十五局集团有限公司, 中国·上海 200040

摘要

针对地形复杂的特殊超高现浇桥梁, 钢管桩支架体系具有结构形式简单、承载力高、支撑可靠等优点, 是高大现浇结构的首选平台。同时, 采用钢管桩支架体系在材料使用量、安装效率和工期控制、地形适应性上更适合施工需求。而在超高支架中, 其体系单元件的变形量是首要控制目标。

关键词

基础; 钢管桩; 连接系; 变形量

1 引言

桥梁常用于公路、市政、铁路和水利工程, 其目的是跨越河海、山谷等各种障碍。随着中国桥梁施工技术逐步领先世界, 各类现浇工法也在不断的优化, 桥梁现浇支架的形式有盘扣件、万能杆件、钢管桩支架等均已相当成熟, 当桥梁高度较高时, 钢管桩支架已成为首选工艺。论文以某项目超高钢管桩支架施工为背景, 对其结构受力特点进行分析, 制定措施支架的变形量进行了控制。

2 背景介绍

由中铁十五局负责施工的某项目上山道路工程, 标段内主要单位工程为线路长 484.627m 高架桥梁一座。其桥共有 10 墩 2 台, 桥址地形起伏大, 属于丘陵沟谷地貌, 其跨越 2 个“U”型谷, 且大部分桥墩净空高度在 60m 左右。桥梁线形由 125m 和 225m 两种超小曲线+缓和曲线形成“?”

形, 存在多种纵坡、单向、双向横坡。桥梁左幅上部结构采用 $(40 \times 3) + (26 \times 2 + 40 \times 2) + (40 + 42 \times 2 + 36) \text{ m}$; 右幅上部结构采用 $(40 \times 3) + (30 \times 2 + 36 \times 2) + (40 + 42 \times 2 + 36) \text{ m}$ 三联 11 跨等截面预应力混凝土连续梁—连续刚构组合结构体系。

因设计、地形及工期等原因, 上部结构无法使用常规的悬臂浇筑和预制架设。针对此类特殊现浇桥梁, 项目部采用了扩大基础+钢管桩+321 制式贝雷梁支架体系作为现浇平台(见图 1)。搭设高度超过 60m 的钢管桩临时支墩群, 其施工过程控制难度很高, 在全国范围内也属少见。因此, 全力保证超高现浇支架的稳定性, 已经成为整个工程关注的焦点^[1]。



图 1 桥址情况

【作者简介】申殿(1987-), 男, 中国河北行唐人, 本科, 工程师, 从事公路研究。

3 支架变形量控制意义和重点

在现浇梁体工程中，支架是提供施工平台和承重的临时结构，其稳定性将决定着上部结构施工的成败。而中国现浇支架桥梁施工事故中，有很大的比例是支架变形失稳引起的坍塌。所以控制支架变形量，对于保证支架体系的稳定性，整个超高现浇桥梁施工的安全、质量及成败具有决定性的作用。

本桥支架体系组成为扩大基础 + 钢管桩 + 321 制式贝雷梁，其支架的变形量也应对各部位单元进行受力特点分析。其重点控制包含基础的沉降、竖向单元件的竖向和水平位移、贝雷纵梁的变形量及横向稳定性等^[2]。

4 变形量分析及措施

本次以此桥现浇支架为例，对以上各控制重点进行分析，并根据其特点制定控制措施。

4.1 基础设置选择和控制措施

桥址位于深沟中，地下水位较低，无长期水泡的不利因素，但鉴于桥址区域处于山区，存在雨季山体汇水会产生短期水泡沉降的风险。同时，近几年在桥址区域内已被回填大量建筑垃圾，土层疏松受压变形差异量大，承载力不能满足设计中的基底的承载力要求。

支架体系设计中，管桩单元件为 225 根，如全采用桩基础虽稳定性好，但其施工量较大，施工周期长，同时桩基施工会占用墩身施工场地造成交叉施工，对整个工期和成本都有较大的不利影响。例如，采用扩大基础，则可进行快速施工，有利于成本和工期控制，但需进行沉降控制。

制定措施考虑方向为以降低基底应力，减小原土层的压缩值，减少基础持续沉降量为主要考虑意图，同时还应考虑短期水泡效应影响。

扩大基础设计时，尺寸纵向、横向的刚性角满足 $\beta < 45^\circ$ 的要求下，根据 $\sigma = N/A$ 公式适当调节基础底面积 A ，使基底承载力要求值降低。同时，应对基底下部原土层进行处理（见图 2），可进一步降低对原土的压缩值，根据公路桥涵地基与基础设计规范 JTGD63-2007，基础各边长度 z/b 大于 0.5 时，垫层材料为片石、砂卵石时（见图 3），其扩散角取 30° 。



图 2 砂卵石垫层施工

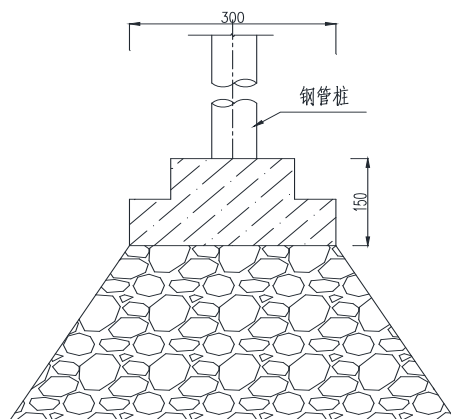


图 3 扩大基础底垫层

同时还应考虑雨季山体汇水时，原地面水淹没状态下会加快基础沉降量，此时可对处理完成的基础进行泡水承载试验（见图 4），模拟最不利状态下基础处理质量，基础处理完成后应在地表施做护面（见图 5），区域内进行防、排水处理。



图 4 双倍承载泡水试验



图 5 区域防水护面

4.2 钢管桩变形量分析和控制措施

较为常见的钢管桩单元件类型有螺旋管、无缝钢管等，

超高支架在安装时竖向垂直度尤为重要,如在安装过程中产生较大的倾斜时,将会减少单元件的承载能力和产生额外的水平分力。在超高支架施工中,应优先选择带法兰盘的管桩单元件,其优势在于管桩吊装固定时,法兰盘可进行先行采用高强螺栓固定,再采用全站仪在两个方向上进行校准,而采用焊接连接的管桩在连接时需悬吊就位,固结时机极难把握,工程质量和操作时间不宜控制。

管桩竖向高度拼接越高时,其材料压缩量也会随之增加。桥梁处于 U 型山谷中,因为地形原因,其临时支墩跨径往往随之进行调整(见图 6)。

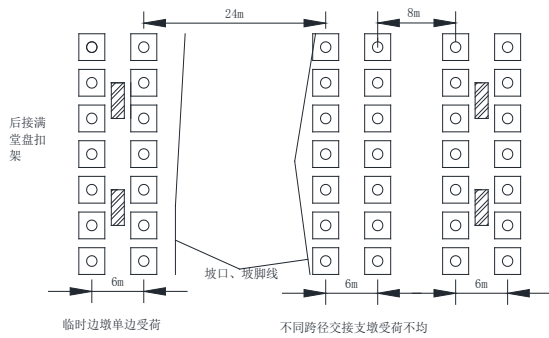


图 6 不等跨径布置图

在前后同跨径的支墩工况时,组成支墩的两排钢管桩立柱单元在竖向压缩数值差异小,较均衡。而在不等跨支墩工况时,组成支墩的两排钢管桩立柱单元竖向压缩数值差异较大(见图 7、表 1)。

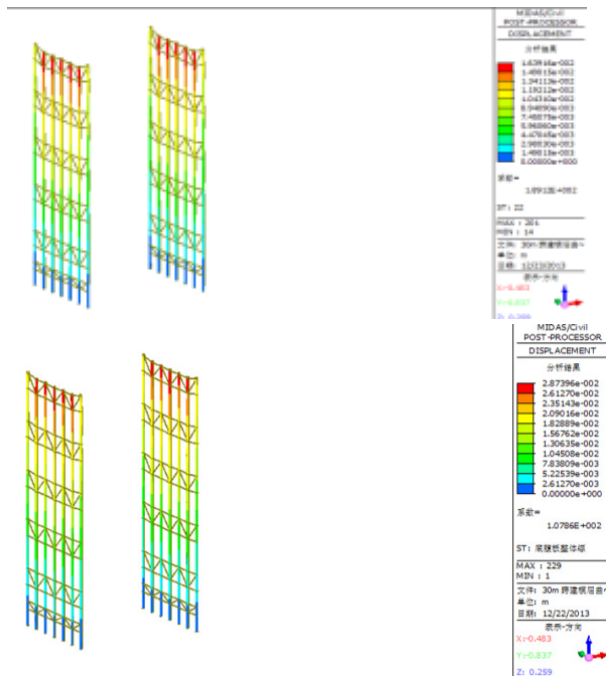


图 7 代表跨竖向压缩示意图

表 1 部分支墩竖向管桩单元件受荷压缩表

支墩	高度	持荷形式	跨径组合	支墩内两排管桩竖向压缩差	基础形式	位置
1	10m	不等跨受荷	24m+0m	4mm	承台+独立小基础	10号墩
2	45m	不等跨受荷	24m+8m	13.5mm	条形基础	9号与10号墩间
3	45m	不等跨受荷	17m+8m	6mm	承台+独立小基础	9号墩
4	60m	等跨受荷	17m+17m	0	条形基础	8号与9号墩间
5	60m	等跨受荷	17m+17m	0	承台+独立小基础	8号墩
6	60m	等跨受荷	17m+17m	0	条形基础	7号与8号墩间
7	65m	不等跨受荷	17m+0	18mm	承台+独立小基础	7号墩

支架建模分析考虑结合浇筑施工时实际情况,增加考虑在竖向坡度下混凝土在荷载对支墩增加的水平力。支架管桩在不同高度、不同跨径下,横向水平位移均会产生一定的差异值。

选取最不利工况组合分析时,即考虑临时支墩双排钢管桩一边空载,一边浇筑推进时,在 3.6% 纵向坡度的情况下,支墩向持荷方向变形。根据模型显示,在浇筑混凝土时水平位移达到 22.4mm 的位移(见图 8)。

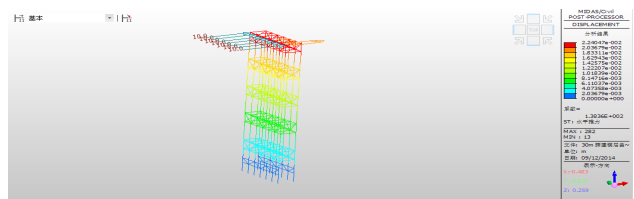


图 8 单边持荷时水平位移量

综合最不利情况,即最高临时支墩一边空载一边持荷情况下,此时同支墩的两排管桩相对空间变形量已较大,如再加上其内部各单元件因为基础不同而可能产生的沉降值,即对于支架的稳定性和安全性产生较大影响。

制定措施考虑方向为支墩内部管桩单元件相对的变形量主要以连接器进行施加约束,内部协同变形受力。

此时,应对其进行分析,支架上部变形时,主要变形差异在顶部以下 20m(见图 9),即为第一层连接器范围内,而在模拟基础有沉降差值时,对模型中支墩相邻管桩进行强

制位移时,主受力构件变形为最下层连接器。

所以,在支墩进行制作安装时,对最下层及最上层支墩内管桩纵横连接器进行加强,(见图10)确保在最不利工况时,连接器不会产生破坏,导致管桩单元失去约束呈自由状态,进而产生压杆失稳。



图9 支墩顶部受荷变形区域

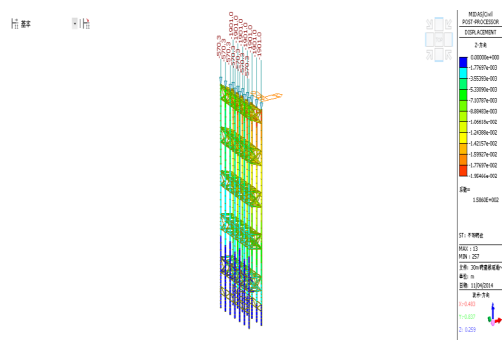


图10 加强连接器

而在处理可能产生的水平位移时,可将支墩与桥梁墩身进行固结(见图11),通过建模验算,如增加固结连接件时,墩身与支墩变形量变形得到良好控制,模型变形量减小为1.9mm,效果明显。

而桥梁墩身截面尺寸为 $3.5\text{m} \times 4\text{m}$,高度以60m考虑。验算时将支墩产生的水平力加在墩顶上,此时墩顶会产生极小的水平变形,结果显示此类附加应力对墩身结构影响极小(见图12)。

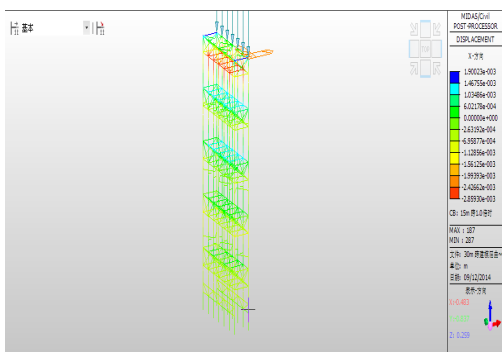


图11 与墩身进行固结



图12 增加约束后模型

4.3 贝雷纵梁变形量分析和控制措施

桥梁支架因有不等跨设计,其跨径为支墩内部6m跨、15m跨、30m跨,其中15m以下采用单层贝雷纵梁,30m以上跨径采用双层贝雷纵梁。

在施工中,单层贝雷纵梁采用45、90cm制式花架进行横向拼组连接,并在横向承重梁上做好防滑限位设置。

双层贝雷纵梁其竖向高度已达到3m,应对纵梁做横向双层限位固定。双层贝雷纵梁长度为30m,此时虽其计算变形量满足为 $L/400$ 即可。

但要考虑到等截面现浇箱梁一般为两次浇筑,第二次浇筑混凝土时的荷载必然会对第一次浇筑的混凝土产生竖向变形。

此时,应考虑第二次浇筑荷载引起的变形量不能超过第一次浇筑混凝土板的抗拉强度,避免出现结构裂纹^[3]。

5 监控、检验措施

支架施工中各道工序中必须进行严格控制,包含部件管桩安装、连接器安装位置、材料性能、焊接质量等方面,并在各施工阶段要进行数据监控(见表2)。

要确保各部位安装效果达到支架设计要求,包含但不限于以下方面:

- ①所有材料在进场时需进行性能检验;
- ②型钢部件制作时所有焊缝均应进行探伤;
- ③管桩安装时应进行两个方向测量,避免出现倾斜;
- ④在预压期、浇筑期需对基础进行沉降观测,应采用应力计对主要受力构件进行监控,并将数据与计算模型对比,并根据数据及时采取应急措施;
- ⑤管桩在预压期时,应多次收集压缩量及变形量,并对各段接缝位置进行检查及拧紧螺栓。

表 2 支墩监控项目检查表

序号	项目	监控布置	使用仪器	频率
1	基础沉降	小基础 4 个观测点, 条形 12 个	高精度水准仪	无持荷变化时 3 天一次, 施工持荷时检测, 预压、浇筑时进行实时监控
2	立柱垂直度	每根立柱 2 个方向检查	全站仪	
3	立柱竖向压缩及水平位移	每根钢管桩顶部布置反光贴	全站仪	
4	应力变化	连接器、立柱、基础均设置	应力计	
5	焊缝	结构焊缝	磁粉探伤仪	
6	纵横梁	跨头、跨中设置反光贴	全站仪	

6 结语

超高支架的变形量控制对现浇支架的稳定性极为重要, 只有对支架各部位进行有效控制才能达到安全施工的目标, 论文以一超高桥梁现浇支架为例, 对支架变形量进行分析和整理, 针对问题提出合理解决措施, 希望能为以后同类工程提供些许参考。

参考文献

[1] 曾祥红.大跨度连续刚构桥梁施工控制关键问题分析与研究[J].四川建材,2018,215(7):147-148.

[2] 左啸.大跨度连续刚构桥梁施工控制关键问题分析与研究[J].中国科技纵横,2018(4):136-137.

[3] 张朝荣.大跨径预应力混凝土连续刚构桥施工技术分析[J].福建交通科技,2019,170(5):109-111+139.