

公路工程一线施工技术人员读本

QIAOLIANG SHIGONG CHANGYONG JISUAN SHILI  
**桥梁施工常用计算实例**

蔡新宁 南 志 主编



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

公路工程一线施工技术人员读本

Qiaoliang Shigong Changyong Jisuan Shili

# 桥梁施工常用计算实例

蔡新宁 南 志 主编



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书紧密结合桥梁施工计算的特点,本着科学、规范、实用和可操作性的原则,主要针对桥梁施工常规计算实例,并结合工程技术特征,力求给工程技术人员提供简明实用的施工计算指导与参考,所列桥梁计算实例均在施工生产一线得到了大量实践与成功验证。

本书具有较强的可操作性和实用性,适用于桥梁工程技术人员和监理人员,也可作为高等院校桥梁专业师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

桥梁施工常用计算实例 / 蔡新宁, 南志主编. —北京:  
人民交通出版社股份有限公司, 2015. 8  
ISBN 978-7-114-12325-2

I. ①桥… II. ①蔡… ②南… III. ①桥梁施工—工程计算 IV. ①U445

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 132600 号

公路工程一线施工技术人员读本

书 名: 桥梁施工常用计算实例

著 者: 蔡新宁 南 志

责任编辑: 王文华 李 瑞(173587791@qq.com)

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 19.5

字 数: 300 千

版 次: 2015 年 8 月 第 1 版

印 次: 2015 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12325-2

定 价: 56.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

# 前 言

随着路桥施工企业经营管理由追求施工规模和营业额的主导扩张,逐步探索和实践向精益化、专业化、品牌化的“转型升级”过渡,尤其在当前投资主体多元化的 BT、BOT、PPP 模式下,如何充分体现科学的组织与管控,实现工程产品优质和降本增效就显得尤为重要,只有依托技术与研发支撑的“升级”才是企业的核心竞争力。在日常施工生产管理中,各类桥梁结构体系缺少科学严谨的理论验算,依托以往施工经验组织生产,一方面,造成桥梁结构体系失稳,导致灾难性的安全质量事故频发;另一方面,复杂性桥梁结构施工,采用大成本、大投入,过度追求安全保险值,一定程度上造成了资源的额外浪费和生产效率的降低,导致项目管控失衡,须通过技术平台的指导和科学严谨的验算,去实现项目管理的提升。特此,针对常规桥梁的普及性,本着实用、实践的指导原则编制本书,因各地区自然条件的差异化,材料的物理性能变化,既有周转材料的疲劳使用,桥梁结构的不同设计,各类技术参数的取值等,需在验算中酌情修正,以达到科学高效、节能减排、降本增效的标准要求。

编者的初衷是本着简约、实用的原则,为广大桥梁工程师和在校师生提供快速参考和查阅的方式,以方便对桥梁结构各部位的验算,主要以常规通用型桥梁为主,涉及异形桥梁需另行总结。

由于编者水平有限,如有不妥之处,敬请批评指正。

编者

2015 年 3 月

# 目 录

|       |                                    |     |
|-------|------------------------------------|-----|
| 实例 1  | 水上桩基钻孔平台计算实例 .....                 | 1   |
| 实例 2  | 钢套箱计算实例 .....                      | 11  |
| 实例 3  | 钢板桩围堰施工计算实例 .....                  | 28  |
| 实例 4  | 钻孔灌注桩支护计算实例 .....                  | 45  |
| 实例 5  | 3.8m × 6.8m 矩形墩模板设计计算实例 .....      | 54  |
| 实例 6  | 桥梁圆柱模板计算实例 .....                   | 59  |
| 实例 7  | 空心墩模板计算实例 .....                    | 65  |
| 实例 8  | 钢抱箍支撑体系受力验算实例 .....                | 70  |
| 实例 9  | 盖梁贝雷支架计算实例 .....                   | 79  |
| 实例 10 | 现浇梁大管径立柱组合支架体系计算实例 .....           | 92  |
| 实例 11 | 现浇箱梁满堂式碗扣支架体系验算计算实例 .....          | 126 |
| 实例 12 | 0 号块托架受力验算计算实例 .....               | 146 |
| 实例 13 | (73 + 135 + 73) m 菱形挂篮设计计算实例 ..... | 154 |
| 实例 14 | 移动模架设计计算实例 .....                   | 188 |
| 实例 15 | 先张法预制梁台座计算实例 .....                 | 202 |
| 实例 16 | 预制箱梁模板计算实例 .....                   | 208 |
| 实例 17 | 30m 梁架桥机计算实例 .....                 | 214 |
| 实例 18 | 74t 龙门吊计算实例 .....                  | 235 |
| 实例 19 | 塔吊基础及其自身受力验算计算实例 .....             | 242 |
| 实例 20 | 大跨径贝雷钢便桥计算实例 .....                 | 254 |
| 实例 21 | 龙门吊基础计算实例 .....                    | 268 |
| 实例 22 | 施工临时用电计算实例 .....                   | 277 |
| 实例 23 | 大体积混凝土施工计算实例 .....                 | 282 |
| 实例 24 | 热工计算实例 .....                       | 295 |
| 实例 25 | 高墩滑翻结合模板体系计算实例 .....               | 298 |

# 实例 1 水上桩基钻孔平台计算实例

## 1. 水上桩基钻孔平台体系说明

水上钻孔施工,一般采用搭设水上施工平台的施工工艺。施工平台主要为钻孔和钢护筒施工提供操作平台。目前,国内主要采用的水上施工平台结构有钢管桩作为承重基础和钢护筒作为承重基础两种类型,应根据现场的施工条件采取相应的施工工艺。水上桩基钻孔平台体系平面图如图 1-1 所示,水上桩基钻孔平台体系立面图如图 1-2 所示,水上桩基钻孔平台体系侧面图如图 1-3 所示。

钢平台常规采用钢管桩单独支撑平台、钢护筒受力平台、钢管桩和钢护筒联合受力平台三种。实际施工时应根据具体桥址区的地质情况采取不同的钢平台,应加强水平连接,使平台稳固。

## 2. 钻孔平台体系检算原则

(1)在满足结构受力(强度)的情况下,考虑挠度变形(刚度)及平台稳定性控制。

(2)计算范围为平台的基础及上部结构承载能力,主要包括:工字梁横梁、纵梁、钢管桩。

(3)最不利荷载工况考虑钻机钻孔的同时,龙门吊按最大吊重进行吊装作业。

(4)考虑平台堆载及安全系数,根据最不利工况计算各构件的力学性能是否符合施工要求。

## 3. 计算依据

(1)《公路工程技术标准》(JTG B01—2014);

(2)《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004);

(3)《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007);

(4)《钢结构设计规范》(GB 50017—2003);

(5)《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ 025—86);

(6)《港口工程桩基规范》(JTS 167—4—2012)。

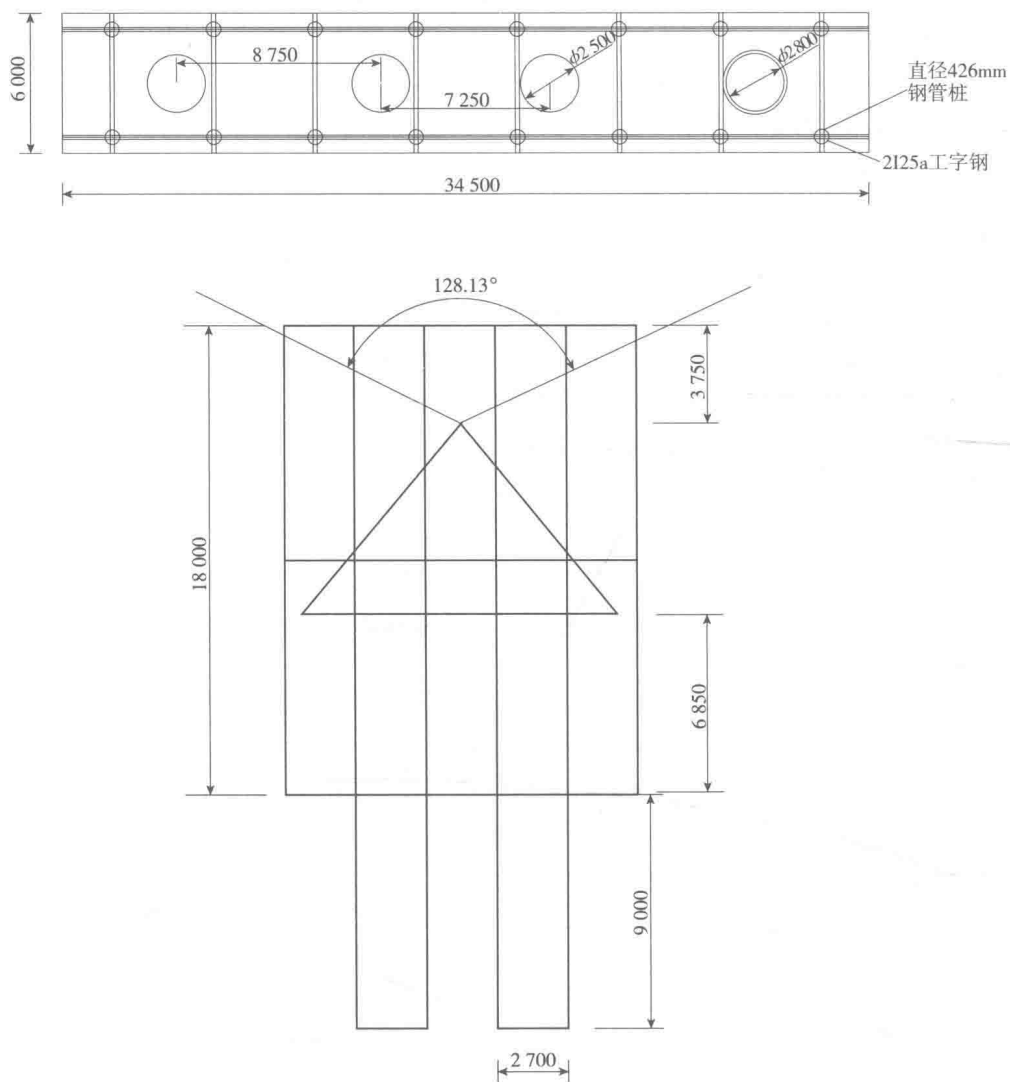


图 1-1 水上桩基钻孔平台体系平面图(尺寸单位:mm)

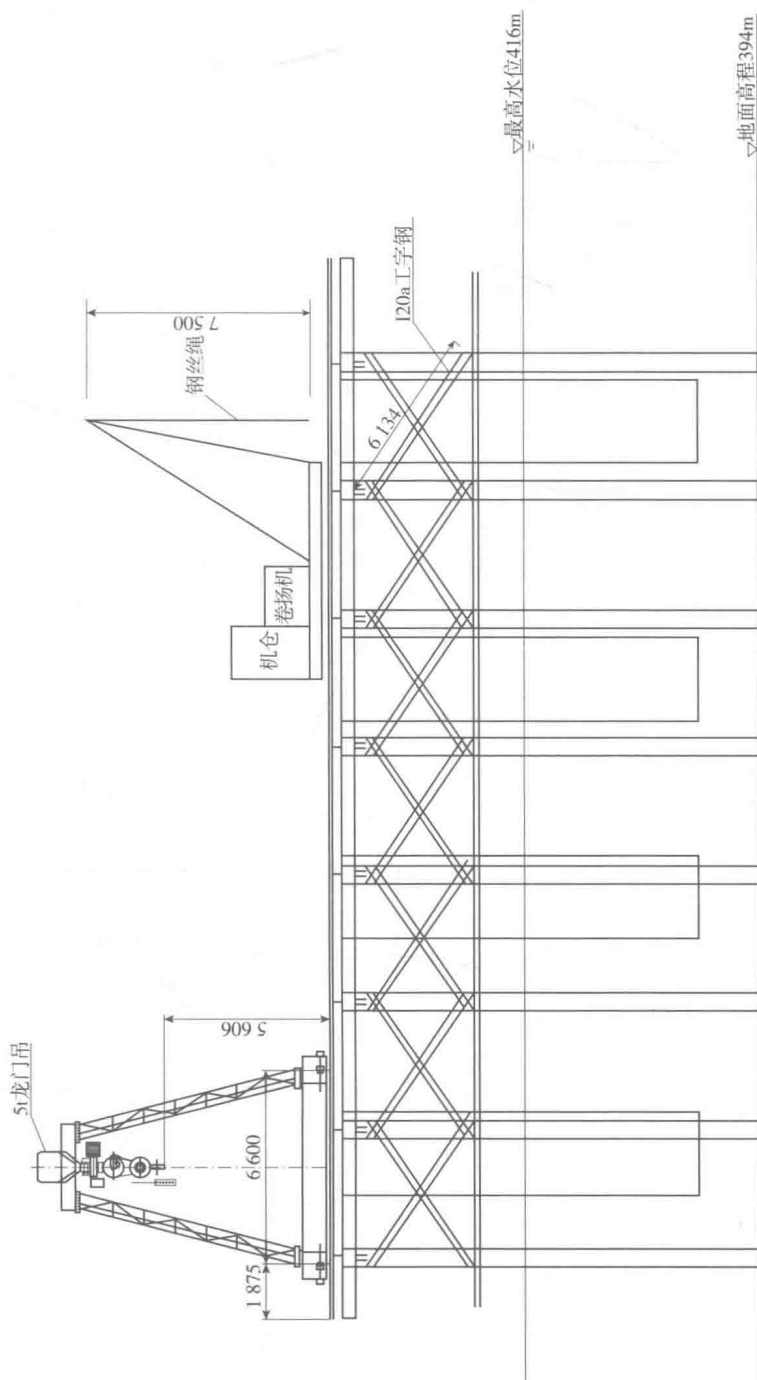


图1-2 水上桩基钻孔平台体系立面图(尺寸单位:mm)

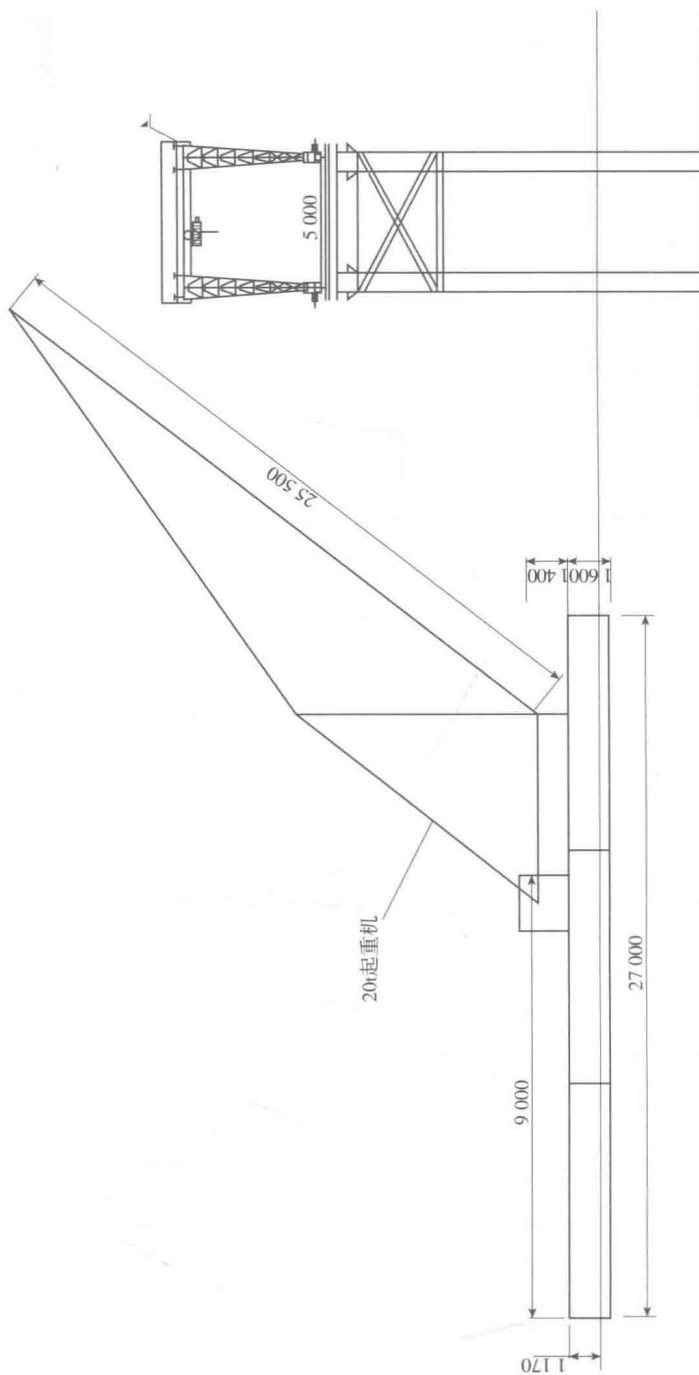


图1-3 水上桩基钻孔平台系侧面图(尺寸单位:mm)



## 4. 水上桩基钻孔平台体系实例

### 4.1 钢管桩平台组成

钢管桩平台竖向承力结构由螺旋钢管支撑,通过在钢管顶端的水平连接及钢管与钢护筒的水平连接和剪刀撑连接实现整体板凳结构。河床覆盖层钢管桩按端承摩擦桩设计。

### 4.2 钢管桩平台材料

根据水深、河床地质情况和覆盖层厚度,季节水位变化的影响及项目自身充分利用现有资源情况等因素,考虑材料周转利用,充分发挥钢管桩结构轻巧、承载能力高、适应能力强、穿透力强和阻水断面小等优点。项目拟选择的钢管桩型号为  $630\text{mm} \times 8\text{mm}$  和  $426\text{mm} \times 8\text{mm}$  两种,工字钢主要以  $[16\text{a}$  作为水平撑及剪刀撑,  $\text{I}25\text{a}$  作为钢管桩平台纵向及横向分配梁,桥面钢板主要以  $5\text{mm}$  防滑钢板及  $100\text{mm} \times 200\text{mm} \times 5\text{mm}$  菱形钢板网组成。

### 4.3 钢管桩平台的设计方案

钢管桩平台根据季节水位确定平台顶面高程,确保钢管桩平台不受涨水淹没,根据平台选择方案,钢管桩平台高度考虑最大  $20\text{m}$  (河床以上),由于河床地质的不确定性,钢管桩平台所施打的钢管桩主要以振动锤振打到下沉为止,确保钢管桩端部受力稳定。钢管桩打设所采用的振动锤为  $60$  型振动锤,振击力  $400\text{kN}$ 。钢管桩平台宽度统一按  $6\text{m}$  设置,钢管桩平台长度按  $34 \sim 36\text{m}$ ,最大间距按  $5.5\text{m}$  设置。

## 5. 水上桩基钻孔平台计算

### 5.1 计算基本资料

钻机荷载:  $20\text{t}$  (冲击钻);

龙门吊荷载:自重 + 吊重 (总重按  $10\text{t}$  计);

水流及波浪荷载:本次计算不予考虑;

抗震:本次计算不予考虑。



## 5.2 荷载说明

本算例中钻机总重 20t, 钻孔过程中考虑 1.5 冲击系数。根据资料, 钻机外形尺寸为长  $\times$  宽  $\times$  高 = 7.1m  $\times$  3.0m  $\times$  7.5m, 钻机荷载由底座承担并传递到平台上, 故在钻机工作过程中前后的辊轴向下传递的最大线荷载集度为  $200 \times 1.5/2/3 = 50$  (kN/m)。

平台上所采用龙门吊自重 5t, 吊重 5t, 龙门宽度 5m, 高度 12m, 行走系长度考虑 6m, 为四点受力结构。偏保守考虑其一侧吊重 5t, 同时考虑 1.2 的安全系数, 单个钢轮对轨道的集中荷载为  $\left(\frac{50}{2} + 50\right) \times \frac{1.2}{2} = 45$  (kN)。

## 5.3 结构容许应力

依照《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ 025—86), 临时工程 Q235B 钢材的容许应力取值: 弯应力及综合应力为  $145\text{MPa} \times 1.4 = 203\text{MPa}$ ; 剪应力为  $85\text{MPa} \times 1.4 = 119\text{MPa}$ 。

## 5.4 钻孔平台计算过程

### 5.4.1 I25a 横梁受力计算

#### (1) 结构形式

横梁采用 I25a 工字钢, 工字钢横梁安装在间距 5350mm 的纵梁上。钻机工作过程中前后的辊轴荷载均匀分配于 3 根 I25a 横梁上, 故需验算此时横梁受力。

#### (2) 荷载

结构自重:

$$\text{I25a: } 3 \times 38.08 \times 5.35 = 611 (\text{kg}) = 6.1 (\text{kN})。$$

活载:

单根辊轴下线荷载为 50kN/m。

#### (3) 力学计算

自重及活载引起的均布荷载为:  $50 + \frac{6.1}{5.35} = 51.1$  (kN/m), 产生的弯矩和剪力分别为:

$$M_1 = \frac{1}{8}ql^2 = \frac{1}{8} \times 51.1 \times 5.35^2 = 182.8 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$Q_1 = 51.1 \times \frac{5.35}{2} = 137 (\text{kN})$$

在自重及活载下横梁受力如图 1-4 所示。

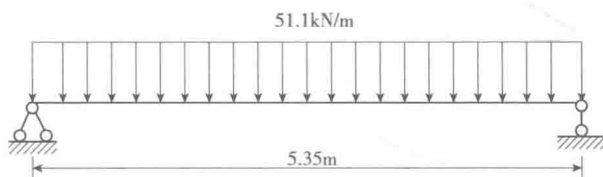


图 1-4 自重及活载下横梁受力图

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{182.8}{401.4 \times 3} = 151.8 (\text{MPa}) < [\sigma] = 203 \text{MPa} (\text{满足要求})$$

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A} = \frac{137}{0.008 \times 0.2 \times 3} = 28.5 (\text{MPa}) < [\tau] = 119 \text{MPa} (\text{满足要求})$$

#### 5.4.2 I25a 主纵梁计算

##### (1) 结构形式

由平台设计图可以看出,钻机荷载由横向 I25a 分配后,其荷载均匀分布于钢管顶部。故主纵梁受力主要为龙门吊运行时所产生的荷载。2I25a 主纵梁最大跨径为 5.5m,最不利情况为跨中作用龙门吊钢轮的集中力。

##### (2) 荷载

结构自重:

$$2\text{I}25\text{a}: 2 \times 38.08 = 0.76 (\text{kN/m})。$$

活载:

龙门吊单个钢轮集中荷载为 45kN。

##### (3) 力学计算

自重引起的弯矩和剪力分别为:

$$M_1 = \frac{1}{8}ql^2 = \frac{1}{8} \times 0.76 \times 5.5^2 = 2.9 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$Q_1 = 4.2 \text{kN} (\text{连续梁})$$

活载引起的弯矩和剪力分别为:

$$M_2 = \frac{1}{4}PL = \frac{1}{4} \times 45 \times 5.5 = 61.8 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$Q_1 = 45 \text{kN}$$

在自重及活载下主纵梁的受力如图 1-5 所示。

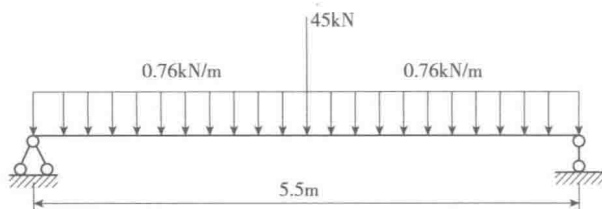


图 1-5 自重及活载下主纵梁的受力图

则考虑自重后,弯矩及剪力如下:

$$M_{\max} = 61.8 + 2.9 = 64.7 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

$$Q_{\max} = 45 + 4.2 + 137 = 186.2 (\text{kN}) (\text{考虑钻机作用时})$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{64.7}{401.4 \times 2} = 80.6 (\text{MPa}) < [\sigma] = 203 \text{MPa} (\text{满足要求})$$

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A} = \frac{186.2}{0.008 \times 0.2 \times 2} = 58.2 (\text{MPa}) < [\tau] = 119 \text{MPa} (\text{满足要求})$$

### 5.4.3 钢管桩计算

根据以上计算可知,钻机和龙门吊同时作用时钢管顶的集中荷载为 186.2kN,考虑平台堆载及安全系数,本钢管桩承载能力按 300kN 控制。本实例中钢管桩采用的沉桩锤为 60 型,激振力不小于 400kN,故钢管桩承载能力完全能够满足要求。

## 5.5 电算复核

### 5.5.1 模型建立说明

本次计算采用 MIDAS Civil 软件建立平台整体模型(图 1-6),根据最不利工况计算各构件的力学性能是否符合施工要求。考虑到计算的速度和建模的难易度,地基部分用三向约束进行模拟。

各构件采用的有限元单元类型见表 1-1。

构件有限元模拟类型表

表 1-1

| 构件名称  | 截面形式                                    | 模拟单元类型 | 材料   |
|-------|-----------------------------------------|--------|------|
| 横向分配梁 | I25a                                    | 梁单元    | A3 钢 |
| 主纵梁   | I25a                                    | 梁单元    | A3 钢 |
| 钢管桩   | $\phi 426 \text{mm} \times 8 \text{mm}$ | 梁单元    | A3 钢 |

### 5.5.2 荷载加载

恒载程序自动加载,同时考虑 1.2 的安全系数。

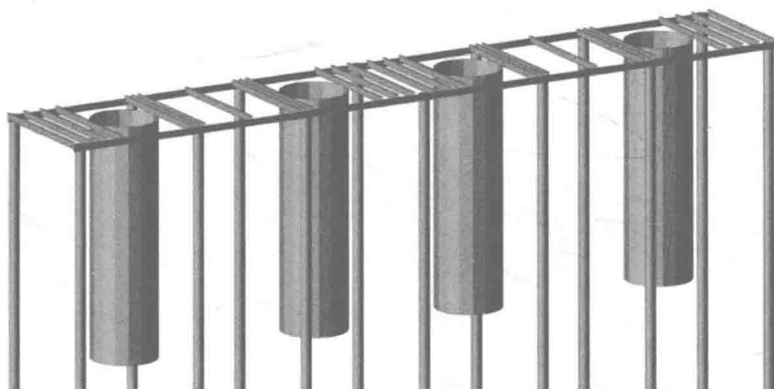


图 1-6 整体模型图

平台活载依据实际情况,通过均布荷载来模拟钻孔设备以及堆载(按平台自重 1.6 的系数考虑)等荷载作用。

### 5.5.3 最不利分析

通过模型计算的应力、位移及反力结果如图 1-7 ~ 图 1-9 所示。根据计算结果可以看出,最大反力出现在作用位置附近的钢管桩处,桩基反力为  $225\text{kN} < 300\text{kN}$ ;最大应力及最大位移均出现在钻机辊轴下 I25a 横梁处,其中最大应力为  $152\text{MPa} < 203\text{MPa}$ ,最大位移为  $18\text{mm} > 5\,500/400 = 13.75(\text{mm})$ 。

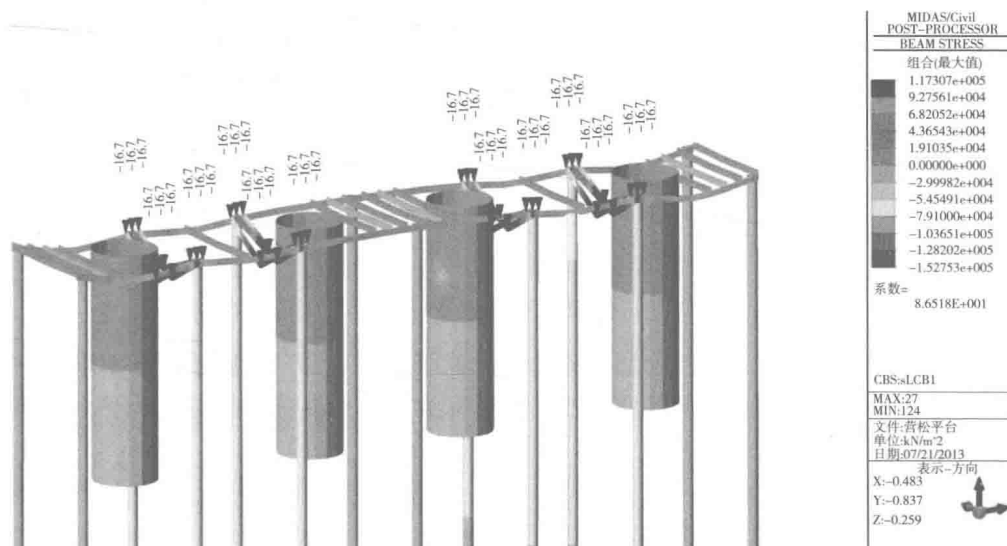


图 1-7 应力图式

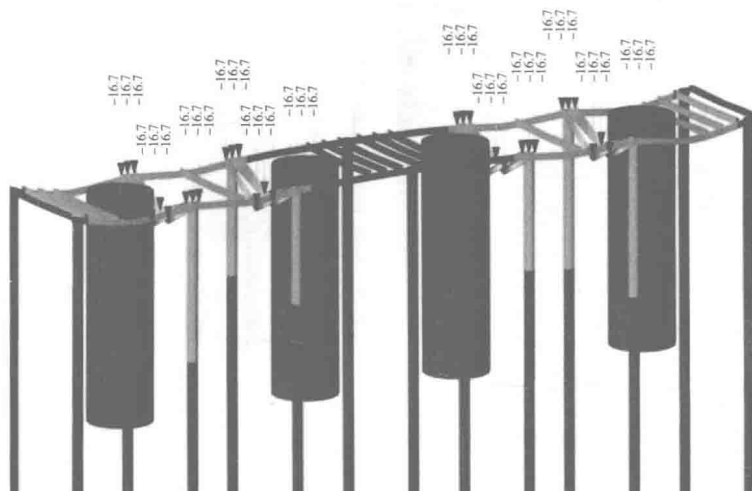


图 1-8 位移图式

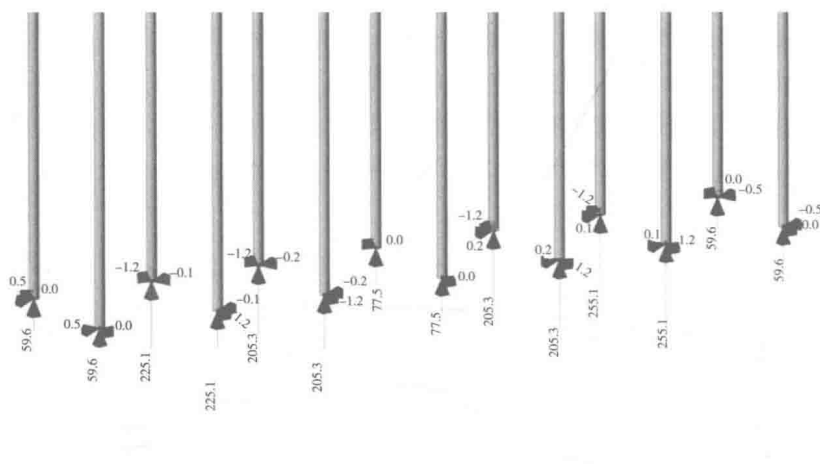
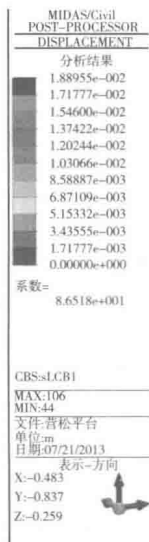


图 1-9 反力图



由于模型中钻机辊轴下 I25a 横梁既计算了钻机荷载,又重复计算了堆载作用,因此造成其挠度超限,但其应力及其他指标均在可控范围。故可认为平台均满足要求。

## 5.6 结论

以上计算表明,本钻孔平台满足施工和使用要求。

## 实例 2 钢套箱计算实例

### 1. 钢套箱体系说明

水中承台施工是桥梁建设中经常遇到的问题,常用的传统施工方法有土围堰法、钢围堰法等。钢套箱法,属于一种悬吊式钢围堰,它以钢模板及桁架拼装成套箱,在充分利用水中桩基础施工时遗留下来的钢管桩及钢护筒形成悬吊体系的同时借助水的浮力,承受承台自重,既形成水中作业平台,又担当承台模板,以达到节约施工造价、缩短工期,确保工程质量的目的。

### 2. 钢套箱体系检算原则

- (1)在满足结构受力(强度)的情况下考虑挠度变形(刚度)控制;
- (2)计算范围主要包括:水平加劲肋、竖向加劲肋、水平桁架、水平桁架斜杆、封底混凝土;
- (3)根据最不利工况计算各构件的力学性能是否符合施工要求。

### 3. 计算依据

- (1)《公路工程技术标准》(JTG B01—2014);
- (2)《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004);
- (3)《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007);
- (4)《钢结构设计规范》(GB 50017—2003);
- (5)《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ 025—86);
- (6)成大先,《机械设计手册》,化学工业出版社,2010年1月第5版;
- (7)赵明华,《桥梁地基与基础》,人民交通出版社,2009年5月1日第1版。

### 4. 钢套箱体系计算实例

#### 4.1 设计资料

常水位:1 097.27m(相当于  $Q = 1\ 050\text{m}^3/\text{s}$ );



通常水位:1 099.17m(相当于10年一遇洪水位);

施工水位:1 098.684m(围堰顶高程1 099.39m);

河床面高程:1 096.975m;

河床地质:细砂  $r = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $\rho = 25^\circ$ ;

承台顶面高程:1 096.184m;承台底面高程:1 093.184m;

承台混凝土:C20,  $[\sigma_w] = 7.0 \text{ MPa}$ ,  $[\sigma_{wl}] = 0.40 \text{ MPa}$ ,  $[C] = 0.67 \text{ MPa}$ ,  $n = E_g/E_n = 15$ ;

封底混凝土厚:2.4m;

钢套箱:A3,  $[\sigma] = 170 \text{ MPa}$ ,  $[\sigma_w] = 180 \text{ MPa}$ ;

钢套箱高:8.4m;钢套箱内径:20.2m(直径),外径22.6m(直径);

水流速度: $v = 1.21 \text{ m/s}$ 。

## 4.2 钢套箱结构

### 4.2.1 结构尺寸

钢套箱为圆形、双壁,外径22.6m(直径),内径20.2m(直径),高8.4m。

### 4.2.2 建造分块

钢套箱在桥梁施工现场制造,根据起吊和运输能力,把钢套箱在高度上分节,除刃脚(高1.2m)外,分为三节,各节高均为2.4m。钢套箱在平面上分成8块,各块圆心角为 $45^\circ$ ,外弧长8.875m,内弧长7.933m。各块在岸上制好,浮运到墩位,在固定平台上拼焊下沉。

### 4.2.3 构件

钢套箱内、外壁板和隔舱板厚度 $\delta = 5 \text{ mm}$ ;水平加劲肋 $10 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$ ,第一节、第二节及第三节上的竖向间距分别为300mm、400mm、600mm;水平环形桁架弦板为 $10 \times 200 + 16 \times 110 \text{ (mm)}$ ,腹杆为 $\angle 75 \times 75 \times 6 \text{ (mm)}$ ,水平环形桁架竖向间距在第一节、第二节及第三节上分别为600mm、800mm、1 200mm;竖向加劲肋 $\angle 63 \times 63 \times 5 \text{ (mm)}$ ,水平间距为296mm(外壁板上)、264mm(内壁板上);钢套箱内外壁板间设竖向桁架,弦杆 $\angle 75 \times 75 \times 6 \text{ (mm)}$ ,腹杆 $\angle 63 \times 63 \times 5 \text{ (mm)}$ ,节间长度为1 200mm,竖向桁架间距为4 438mm(外壁上)和3 967mm(内壁上);钢套箱竖向设8个隔舱,隔舱板板厚 $\delta = 5 \text{ mm}$ ,水平加劲肋 $\angle 63 \times 63 \times 5 \text{ (mm)}$ ,竖向间距为300mm、400mm、600mm。

## 5. 封底混凝土强度检算

(1)封底采用C20混凝土厚度2.5m