



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111424550 A

(43)申请公布日 2020.07.17

(21)申请号 202010255273.6

(22)申请日 2020.04.02

(71)申请人 北京正和恒基滨水生态环境治理股份有限公司

地址 100080 北京市海淀区永丰产业基地
永捷北路3号A座3层314室

(72)发明人 吴晶 吴小庆 邓印田 董彦良
李志博 王延良 郑小辉

(74)专利代理机构 北京市恒有知识产权代理事务
所(普通合伙) 11576

代理人 任海奇

(51)Int.Cl.

E01D 21/00(2006.01)

E01D 2/04(2006.01)

E01D 101/26(2006.01)

权利要求书3页 说明书7页

(54)发明名称

廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法

(57)摘要

本发明公开了一种廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,属于桥梁建筑领域,包括模板支撑架荷载的计算:其中,永久荷载包括钢管自重 Q_1 、箱梁混凝土自重 Q_2 、模板、木板及木方自重 Q_3 ;可变荷载包括施工荷载 Q_4 ;模板支撑架荷载 $\Sigma Q=K_1(Q_1+Q_2+Q_3)+K_2Q_4$,式中, K_1 永久荷载安全系数、 K_2 为可变荷载安全系数;施工活载 $Q_4=A_1+A_2+A_3+A_4$;其中, A_1 为作业脚手板自重标准值、 A_2 为施工人员及设备荷载标准值、 A_3 为倾倒混凝土时产生的竖向荷载经验值、 A_4 为振捣混凝土时对水平模板产生的荷载标准值,通过对模板支撑架荷载的计算,可以提高对箱梁支架承重稳定,来提高现浇箱梁施工的质量。

1. 一种廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,其特征在于,包括,
模板支撑架荷载的计算:

模板支撑架荷载分为永久荷载和可变荷载,其中,永久荷载包括钢管自重 Q_1 、箱梁混凝土自重 Q_2 、模板、木板及木方自重 Q_3 ;可变荷载包括施工荷载 Q_4 ;

模板支撑架荷载 $\Sigma Q = K_1(Q_1 + Q_2 + Q_3) + K_2Q_4$,

式中, K_1 为永久荷载安全系数、 K_2 为可变荷载安全系数;

施工活载 $Q_4 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$;

其中, A_1 为作业脚手板自重标准值, A_2 为施工人员及设备荷载标准值, A_3 为倾倒混凝土时产生的竖向荷载经验值, A_4 为振捣混凝土时对水平模板产生的荷载标准值。

2. 如权利要求1所述的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,其特征在于,还包括立杆验算;

立杆采用钢管,设置单根钢管截面面积为 A ,回转半径为 i ,立杆的长度为 L ,立杆的间距为 C ,立杆稳定系数为 ϕ ;

立杆承受木方传来的荷载 $\Sigma Q = K_1(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 0.9K_2Q_4$;

立杆长细比为 $\lambda = L/i$;

立杆受压应力 $\sigma_1 = \Sigma Q / (\phi \times A)$;

立杆受压应力 σ_1 与立杆抗压强度的设计值 $[f]$ 比较,使 $\sigma_1 < [f]$ 。

3. 如权利要求2所述的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,其特征在于,还包括地基承载力验算;

地基承载力应符合下式规定: $P_k = \frac{N_k}{A_g} \leq f_a$;

其中, P_k 为相应于荷载效应标准组合时,立杆基础底面处的平均压力标准值; N_k 为相应于荷载效应标准组合时,上部结构传至立杆基础顶面的轴向力标准值; A_g 为立杆底座或垫板底面积; f_a 为修正后的地基承载力特征值;

f_a 应按下列式进行计算:

$f_a = m_f f_{ak}$;

m_f 为地基承载力修整系数, f_{ak} 为地基承载力特征值。

4. 如权利要求3所述的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,其特征在于,还包括横向杆稳定验算;

由于横向杆不承担外荷载,横杆两端采用铰接方式,横杆水平推力为零,只在施工时承担部分施工荷载 Q_4 及自身重力 Q_5 ,

横向杆弯矩 $M_{\max} = q_1 L^2 / 8$;

横向杆的容许弯矩 $[M] = [f_c] W_1$;

式中: q_1 为作用在横向杆上的均布荷载, L 为横向杆的长度, $[f_c]$ 为钢管设计抗弯强度; W_1 为钢管截面抵抗矩;

控制 $M_{\max} < [M]$,使横向杆抗弯强度满足要求。

5. 如权利要求4所述的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,其特征在于,还包括支架挠度验算;

最大挠度 $\omega_{\max} = 5q_2L^4/384E_1I_1$;

式中： E_1 为钢管弹性模量； q_2 为作用在支架上的均布荷载， I_1 为钢管截面抵抗矩， L 为钢管长度，即横向杆的长度；

容许挠度 $[\omega] = L/400$ ；

控制容许挠度 $[\omega] > \omega_{\max}$ ；使支架刚度满足要求。

6. 如权利要求5所述的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法，其特征在于，还包括：底模板强度计算；

底模板弯拉应力 σ_2 的计算公式为： $\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2}$ ；

其中， M_2 为跨中最大弯矩， W_2 为底模板截面抵抗矩；

$$M = \frac{q_3l_1^2}{8}；$$

q_3 为作用在底模板上的均布荷载， l_1 为底模板跨度，

$q = Q_6 \times b$ ；

Q_6 底模板荷载， b 为方木间距；

$Q_6 = Q_2 + Q_3 + Q_4$ 。

7. 如权利要求6所述的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法，其特征在于，还包括：底模板扰度计算；

计算公式为： $f_1 = K_w \frac{q_4l_1^4}{100E_2I_2}$

其中， f_1 为底模板挠度值， q_4 为连续梁上均布荷载， l_1 底模板为跨度， E_2 为底模板弹性模量， I_2 为底模板截面惯性矩， K_w 为挠度系数。

8. 如权利要求7所述的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法，其特征在于，还包括：纵梁强度计算，具体如下：

纵梁挠度： $f_2 = \frac{5q_5l_2^4}{384E_3I_3}$ ；

其中， q_5 为作用在纵梁上的均布荷载， l_2 为纵梁间距， E_3 为纵梁弹性模量， I_3 为纵梁截面惯性矩。

9. 如权利要求8所述的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法，其特征在于，还包括支架抗风荷载的计算方法；

其中，横向风力为横向风压与迎风面积的乘积，横向风压按照下公式计算：

$$W = K_3K_4K_5K_6W_0；$$

其中， W 为横向风力值， K_3 为设计风速频率换算系数， K_3 取值为0.85； K_4 为风载体型系数， K_4 取值为1.3； K_5 为风压高度变化系数， K_5 取值为1.0； K_6 为地形、地理条件系数， $K_6 = 1.3$ ， W_0 为基本风压值， W_0 取值为600pa；

立杆受力稳定性按组合风荷载计算：

由于风荷载按中心集中力加载在立杆上，立杆按两端铰接方式计算；水平荷载计算风荷载标准值 $W_k = 0.7\mu Z\mu SW_0$ ；

其中, μ_z 为风压高度变化系数, μ_s 为脚手架风荷载体形系数;

风荷载产生的弯矩 $M=0.85 \times 1.4 \times W_k \times La h^2 / 10$;

其中, La 为纵杆间距, h 为步距;

模板支撑架荷载 ΣQ 即立杆所受最大竖向荷载 $Q_7=K_1(Q_1+Q_2+Q_3)+K_2Q_4$;

其中,钢管自重 Q_1 ;箱梁混凝土自重 Q_2 ;模板、木板及木方自重 Q_3 ;施工荷载 Q_4 ;永久荷载安全系数 K_1 、可变荷载安全系数 K_2 ;

$N/A+M_3/W_3 \leq \sigma_3$;使支架抗风荷载验算满足要求;

N 为支架钢管的轴心压力设计值, A 为支架钢管的截面积; M_3 为风荷载产生的弯矩, W_3 为立杆截面抵抗矩, σ_3 为立杆容许应力。

廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁建筑领域,尤其涉及一种廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法。

背景技术

[0002] 随着我国桥梁技术的提高,桥梁的质量要求也越来越高,现浇箱梁因具有外形简洁、抗扭刚度大、整体性好、适用性强等优点,在桥梁建设中发挥着重要的作用。箱梁支架施工在现浇箱梁施工工艺中十分重要,由于箱梁施工问题较为复杂,国内研究也并非完全成熟,各企业对箱梁支架施工的总体设计思想也存在差异,导致现浇箱梁支架设计的多样性,施工质量也各不相同,因此,有必要提供一种廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,来提高现浇箱梁施工的质量。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,提高现浇箱梁施工的质量。

[0004] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0005] 一种廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,包括,

[0006] 模板支撑架荷载的计算:

[0007] 模板支撑架荷载分为永久荷载和可变荷载,其中,永久荷载包括钢管自重 Q_1 、箱梁混凝土自重 Q_2 、模板、木板及木方自重 Q_3 ;可变荷载包括施工荷载 Q_4 ;

[0008] 模板支撑架荷载 $\Sigma Q=K_1(Q_1+Q_2+Q_3)+K_2Q_4$,

[0009] 式中, K_1 为永久荷载安全系数、 K_2 为可变荷载安全系数;

[0010] 施工活载 $Q_4=A_1+A_2+A_3+A_4$;

[0011] 其中, A_1 为作业脚手板自重标准值, A_2 为施工人员及设备荷载标准值, A_3 为倾倒混凝土时产生的竖向荷载经验值, A_4 为振捣混凝土时对水平模板产生的荷载标准值。

[0012] 进一步的,还包括立杆验算;

[0013] 立杆采用钢管,设置单根钢管截面面积为 A ,回转半径为 i ,立杆的长度为 L ,立杆的间距为 C ,立杆稳定系数为 ϕ ;

[0014] 立杆承受木方传来的荷载 $\Sigma Q=K_1(Q_1+Q_2+Q_3)+0.9K_2Q_4$;

[0015] 立杆长细比为 $\lambda=L/i$;

[0016] 立杆受压应力 $\sigma_1=\Sigma Q/(\phi \times A)$;

[0017] 立杆受压应力 σ_1 与立杆抗压强度的设计值 $[f]$ 比较,使 $\sigma_1 < [f]$ 。

[0018] 进一步的,还包括地基承载力验算;

[0019] 地基承载力应符合下式规定: $P_k = \frac{N_k}{A_g} \leq f_a$;

[0020] 其中, P_k 为相应于荷载效应标准组合时,立杆基础底面处的平均压力标准值; N_k 为

相应于荷载效应标准组合时,上部结构传至立杆 基础顶面的轴向力标准值; A_g 为立杆底座或垫板底面积; f_a 为修正后 的地基承载力特征值;

[0021] f_a 应按下式进行计算:

$$[0022] \quad f_a = m_f f_{ak};$$

[0023] m_f 为地基承载力修整系数, f_{ak} 为地基承载力特征值。

[0024] 进一步的,还包括横向杆稳定验算;

[0025] 由于横向杆不承担外荷载,横杆两端采用铰接方式,横杆水平推 力为零,只在施工时承担部分施工荷载 Q_4 及自身重力 Q_5 ,

$$[0026] \quad \text{横向杆弯矩 } M_{\max} = q_1 L^2 / 8;$$

$$[0027] \quad \text{横向杆的容许弯矩 } [M] = [f_c] W_1;$$

[0028] 式中: q_1 为作用在横向杆上的均布载荷, L 为横向杆的长度, $[f_c]$ 为钢管设计抗弯强度; W_1 为钢管截面抵抗矩;

[0029] 控制 $M_{\max} < [M]$,使横向杆抗弯强度满足要求。

[0030] 进一步的,还包括支架挠度验算;

$$[0031] \quad \text{最大挠度 } \omega_{\max} = 5q_2 L^4 / 384E_1 I_1;$$

[0032] 式中: E_1 为钢管弹性模量; q_2 为作用在支架上的均布荷载, I_1 为 钢管截面抵抗矩, L 为钢管长度,即横向杆的长度;

$$[0033] \quad \text{容许挠度 } [\omega] = L / 400;$$

[0034] 控制容许挠度 $[\omega] > \omega_{\max}$;使支架刚度满足要求。

[0035] 进一步的,还包括:底模板强度计算;

$$[0036] \quad \text{底模板弯拉应力 } \sigma_2 \text{ 的计算公式为: } \sigma_2 = \frac{M_2}{W_2};$$

[0037] 其中, M_2 为跨中最大弯矩, W_2 为底模板截面抵抗矩;

$$[0038] \quad M = \frac{q_3 l_1^2}{8};$$

[0039] q_3 为作用在底模板上的均布荷载, l_1 为底模板跨度,

$$[0040] \quad q = Q_6 \times b;$$

[0041] Q_6 底模板荷载, b 为方木间距;

$$[0042] \quad Q_6 = Q_2 + Q_3 + Q_4。$$

[0043] 进一步的,还包括:底模板扰度计算;

$$[0044] \quad \text{计算公式为: } f_1 = K_w \frac{q_4 l_1^4}{100E_2 I_2}$$

[0045] f_1 为底模板挠度值, q_4 为连续梁上均布荷载, l_1 底模板为跨度, E_2 为底模板弹性模量, I_2 为底模板截面惯性矩, K_w 为挠度系数。

[0046] 进一步的,还包括:纵梁强度计算,具体如下:

$$[0047] \quad \text{纵梁挠度: } f_2 = \frac{5q_5 l_2^4}{384E_3 I_3};$$

[0048] 其中, q_5 为作用在纵梁上的均布荷载, l_2 为纵梁间距, E_3 为纵梁 弹性模量, I_3 为纵

梁截面惯性矩。

[0049] 进一步的,还包括支架抗风荷载的计算方法;

[0050] 其中,横向风力为横向风压与迎风面积的乘积,横向风压按照下 公式计算:

[0051] $W=K_3K_4K_5K_6W_0$;

[0052] 其中,W为横向风力值, K_3 为设计风速频率换算系数, K_3 取值为 0.85; K_4 为风载体型系数, K_4 取值为1.3; K_5 为风压高度变化系数, K_5 取值为1.0; K_6 为地形、地理条件系数, $K_6=1.3$, W_0 为基本风压值, W_0 取值为600pa;

[0053] 立杆受力稳定性按组合风荷载计算:

[0054] 由于风荷载按中心集中力加载在立杆上,立杆按两端铰接方式计 算;水平荷载计算风荷载标准值 $W_k=0.7\mu Z\mu S W_0$;

[0055] 其中, μZ 为风压高度变化系数, μS 为脚手架风荷载体形系数;

[0056] 风荷载产生的弯矩 $M=0.85\times 1.4\times W_k\times L_a h^2/10$;

[0057] 其中, L_a 为纵杆间距,h为步距;

[0058] 模板支撑架荷载 ΣQ 即立杆所受最大竖向荷载 $Q_7=K_1(Q_1+Q_2+Q_3) +K_2Q_4$;

[0059] 其中,钢管自重 Q_1 ;箱梁混凝土自重 Q_2 ;模板、木板及木方自重 Q_3 ;施工荷载 Q_4 ;永久荷载安全系数 K_1 、可变荷载安全系数 K_2 ;

[0060] $N/A+M_3/W_3\leq\sigma_3$;使支架抗风荷载验算满足要求;

[0061] N 为支架钢管的轴心压力设计值, A 为支架钢管的截面积; M_3 为风 荷载产生的弯矩, W_3 为立杆截面抵抗矩, σ_3 为立杆容许应力。

[0062] 采用上述技术方案,本申请提供的廊桥箱梁施工支架系统稳定性 计算方法,具有的技术效果有:

[0063] 通过对模板支撑架荷载的计算,可以提高对箱梁支架承重稳定, 来提高现浇箱梁施工的质量。

具体实施方式

[0064] 下面将对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描 述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发 明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所 获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0065] 在本发明的描述中,需要说明的是,某些指示的方位或位置关系 的词语,其仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示 所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作, 因此不能理解为对本发明的限制。

[0066] 在本发明的描述中,需要说明的是,“连接”应做广义理解,例 如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是 机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介 间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术 人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0067] 下面通过具体的实施例对本发明做进一步的详细描述。

[0068] 本实施例提供的廊桥箱梁施工支架系统稳定性计算方法,是基于 某廊桥支架专项施工方案进行设计的,根据现场施工环境,最高脚手 架搭设高度为5.7m,搭设宽度为7m,由多排立杆及水平杆、斜杆或 剪刀撑等构配件组成的用于承受浇筑混凝土结构荷载的支

承结构,属于模板支撑架体系。根据廊桥设计图纸,箱梁钢筋需要81.369吨,C40混凝土约345m³。依据《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》JGJ166-2016,4.1.1条作用于碗扣式钢管脚手架上的荷载,应分为永久荷载和可变荷载。根据4.1.3条模板支撑架的永久荷载应包括下列内容:

[0069] (1) 组成模板支撑架结构的构配件自重

[0070] (2) 作用在模板支撑架上的荷载

[0071] (3) 脚手板、挡脚板、栏杆、安全立网等附件的自重。

[0072] 根据4.1.5条模板支撑架的可变荷载应包括下列内容:

[0073] (1) 施工荷载,包括:施工人员、材料、施工设备荷载以及浇筑混凝土时产生的荷载;

[0074] (2) 风荷载;

[0075] (3) 其它可变荷载。

[0076] 1、荷载计算

[0077] 钢管自重 Q_1

[0078] 根据现场实际情况脚手架搭设高度3.5m-5.7m范围,按最高5.7米,最密600mmx600mm间距考虑,由于地区采购条件限制,按照 $\Phi 48 \times 3.5$ mm碗口脚手架钢管搭设,经查表知钢管单位重量为3.84kg/m。箱梁混凝土自重 $Q_2=5.7m \times 3.84kg/m \times 1/(0.6 \times 0.6)/100+4 \times 2.4 \times 3.84/100=0.98N/m^2$;

[0079] 依据桥梁设计图纸计算得钢筋81.369T,混凝土345m³,

[0080] 箱梁总重量 $G=G_1+G_2=828000kg+81369kg=909369kg$,

[0081] 混凝土总重量 $G_1=345m^3 \times 2400kg/m^3=828000kg$,

[0082] 钢筋总重量 $G_2=81.369T \approx 81369kg$,

[0083] 假设梁体全部重量仅作用于底板区域,底板受力面积为:

[0084] $S=4 \times 102.34=409.36m^2$,

[0085] 计算单位面积压力: $q_1=G/S \times 9.8 \div 1000=909369KN \div 409.36 \times 9.8 \div 1000=22KN/m^2$;

[0086] 另根据规范新浇筑混凝土自重(包括钢筋)标准值:对普通钢筋混凝土构件可采用25.5kN/m³;

[0087] $22.5 \times 345 \div 409.36m^2=21.49KN/m^2$;

[0088] 为保守计算,取值 $Q_2=22KN/m^2$;

[0089] 模板、木板及木方自重 Q_3 ;

[0090] $Q_3=g_1+g_2=0.62KN/m^2$;

[0091] 其中,木方单平米自重 $g_1=0.13KN/m^2$;

[0092] 模板单平米自重 $g_2=0.49KN/m^2$;

[0093] 施工活载 Q_4

[0094] 根据《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》JGJ166-2016,4.2.6-4.2.10通过对代表性的多排钢管支模架风荷载影响的计算分析得出:当模板支架的高宽比不大于3时,其风荷载作用在多排钢管支架上产生的附加轴力值不大,一般可以忽略此项计算。实际现场高宽比为5.7/6,不大于3。

[0095] 4.2.5条规定,施工人员及施工设备产生的活荷载标准值不应小于 2.5kN/m^2 ,考虑到混凝土桥梁施工一般施工荷载取值略大,因此定为不低于 3.0kN/m^2 ;4.2.2条规定作业脚手板自重标准值统一规定为 0.35kN/m^2 ;

[0096] 施工活载 $Q_4=A_1+A_2+A_3+A_4$;

[0097] 其中, A_1 为作业脚手板自重标准值、 A_2 为施工人员及设备荷载标准值、 A_3 为倾倒混凝土时产生的竖向荷载经验值、 A_4 为振捣混凝土时对水平模板产生的荷载标准值。

[0098] 作业脚手板自重标准值 A_1 取 0.35kN/m^2 ;

[0099] 施工人员及设备荷载标准值 A_2 取 3kN/m^2 。

[0100] 倾倒混凝土时产生的竖向荷载经验值 A_3 取 4.0kN/m^2 。

[0101] 振捣混凝土时对水平模板产生的荷载标准值 A_4 为 2.0kN/m^2 。

[0102] $Q_4=0.35\text{kN/m}^2+3\text{kN/m}^2+4\text{kN/m}^2+2\text{kN/m}^2=9.35\text{kN/m}^2$ 。

[0103] 根据规范荷载的分项系数取值规定:

[0104] $\Sigma Q=K_1(Q_1+Q_2+Q_3)+K_2Q_4=1.35\times(0.98+22+0.62)+1.4\times 9.35=44.95\text{kN/m}^2$;

[0105] 式中: K_1 为永久荷载安全系数,取 $K_1=1.35$, K_2 为可变荷载安全系数,取 $K_2=1.4$ 。

[0106] 2、立杆验算

[0107] 进行模板支撑架结构及构配件的承载力、稳定性及变形计算时,参与组合的各项荷载可按表4.3.4确定,并应采用最不利的荷载组合进行设计。

[0108] 钢管支架的稳定性检算,单根钢管截面面积(按壁厚 3.5mm 计)则:

[0109] 钢管截面面积: $A=489\text{mm}^2$;回转半径: $i=1.58\text{cm}$;

[0110] 立杆间距为 $0.6\text{m}\times 0.6\text{m}$,立杆承受木方传来的荷载 $\Sigma Q=K_1(Q_1+Q_2+Q_3)+0.9K_2Q_4=1.35\times(0.98+22+0.62)+0.9\times 1.4\times 9.35=43.64\text{kN/m}^2$;

[0111] 立杆长细比为 $\lambda=L/i=600/15.8=37.97$;

[0112] 查P235A钢管轴心受压构件的稳定系数表得 $\phi=0.893$ 。

[0113] 钢管立杆受压应力计算值; $\sigma_1=43640/(0.893\times 489)=99.94\text{N/mm}^2$;

[0114] 钢管立杆稳定性 $\sigma_1=99.94\text{N/mm}^2$,小于 205N/mm^2 ;

[0115] 钢管立杆抗压强度的设计值 $[f]=205\text{N/mm}^2$,故立杆满足要求。

[0116] 结论:立杆稳定。

[0117] 3、地基承载力验算

[0118] 根据规范模板支撑架立杆底部地基承载力应符合下式规定:

$$[0119] \quad P_k = \frac{N_k}{A_g} \leq f_a$$

[0120] 式中: P_k 为相应于荷载效应标准组合时,立杆基础底面处的平均压力标准值(MPa); N_k 为相应于荷载效应标准组合时,上部结构传至立杆基础顶面的轴向力标准值(N); A_g 为立杆底座或垫板底面积(mm^2),当基础底面积大于 0.3m^2 时,计算所采用的值不宜超过 0.3m^2 ; f_a 为修正后的地基承载力特征值(MPa),应按本规范第5.4.2条的规定混凝土的修正系数为1,计算修正后的地基承载力特征值 f_a 应按下式进行计算:

[0121] $f_a=m_f f_{ak}$;

[0122] 其中, m_f 为地基承载力修整系数, f_{ak} 为地基承载力特征值。

[0123] $f_a=20\text{Mpa}\times 1.0=20\text{Mpa}$ 。

[0124] 4、横向杆稳定验算

[0125] 因为荷载全部由立杆上部的顶升降杆承担,传给立杆,所以,横向杆基本上不承担外荷载,横向杆两端为铰接方式,水平推力为零,只在施工时承担部分施工荷载 Q_4 及自身重力 Q_5 ;

$$[0126] \quad \text{横向杆弯矩 } M_{\max} = q_1 L^2 / 8 = 0.0841 \text{KN} \cdot \text{m}$$

$$[0127] \quad \text{横向杆的容许弯矩: } [M] = [f_c] W_1;$$

[0128] 式中: q_1 为作用在横向杆上的均布载荷, L 为横向杆的长度, $[f_c]$ 为钢管设计抗弯强度, $[f_c] = 205 \text{KN/mm}^2$; W_1 为钢管截面抵抗矩;

$$[0129] \quad W_1 = 4490.7 \text{mm}^3;$$

$$[0130] \quad [M] = 205 \times 4490.7 = 0.926 \text{KN} \cdot \text{m}$$

$$[0131] \quad M_{\max} = 0.0841 \text{KN} \cdot \text{m} < [M] = 0.926 \text{KN} \cdot \text{m}$$

[0132] 结论:横向杆抗弯强度满足要求。

[0133] 5、支架刚度(挠度)验算

$$[0134] \quad \text{最大挠度 } \omega_{\max} = 5q_2 L^4 / 384E_1 I_1;$$

[0135] 式中:式中: E_1 为钢管弹性模量,取值 $205 \times 10^3 \text{N/mm}^2$; q_2 为作用在支架上的均布荷载,取值 1.869N/mm , I_1 为钢管截面抵抗矩,取值 4490.7mm^3 , L 为钢管长度,即横向杆的长度;

$$[0136] \quad \text{经计算最大挠度 } \omega_{\max} \text{为 } 0.0034 \text{mm};$$

$$[0137] \quad \text{容许挠度 } [\omega] = L/400 = 600/400 = 1.5 \text{mm} > \omega_{\max} = 0.0034 \text{mm};$$

[0138] 结论:支架刚度满足要求。

[0139] 6、底模强度计算

[0140] 箱梁底模采用高强度多层板,板厚 $t = 15 \text{mm}$,底部为 50mm 厚松木板, $100 \times 100 \text{mm}$ 方木龙骨间距为 600mm ,所以验算底模板强度采用宽 $b = 600 \text{mm}$ 。荷载按最不利因素计算:

$$[0141] \quad \text{底模板弯拉应力 } \sigma_2 \text{的计算公式为: } \sigma_2 = \frac{M_2}{W_2};$$

[0142] 其中, M_2 为跨中最大弯矩, W_2 为底模板截面抵抗矩;

$$[0143] \quad M = \frac{q_3 l_1^2}{8};$$

[0144] q_3 为作用在底模板上的均布荷载, l_1 为底模板跨度,

$$[0145] \quad q = Q_6 \times b;$$

[0146] Q_6 底模板荷载, b 为方木间距;

$$[0147] \quad Q_6 = Q_2 + Q_3 + Q_4。$$

[0148] 8、挠度计算:

[0149] 模板下方木背肋布置可知,模板可看作为多跨等跨连续梁,按均布荷载作用连续梁进行计算。

[0150] 根据《建筑施工计算手册》,计算公式为:

$$[0151] \quad f_1 = K_w \frac{q_4 l_1^4}{100 E_2 I_2}$$

[0152] 其中, f_1 为底模板挠度值, q_4 为连续梁上均布荷载, l_1 底模板为跨度, E_2 为底模板

弹性模量, I_2 为底模板截面惯性矩, K_W 为挠度系数, 均布荷载作用连续梁按照活载最大, 取值 0.677。

[0153] 9、纵梁强度计算

[0154] 纵梁为 10×10 cm 方木, 间距为 0.6m。

[0155] 纵梁挠度: $f_2 = \frac{5q_5 l_2^4}{384E_3 I_3}$;

[0156] 其中, q_5 为作用在纵梁上的均布荷载, l_2 为纵梁间距, E_3 为纵梁弹性模量, I_3 为纵梁截面惯性矩。

[0157] 10、支架抗风荷载计算

[0158] 支架上的荷载除以上计算外, 还应考虑风荷载的作用。根据《公路技术通用技术规范》2.3.8 规定, 计算桥梁的强度和稳定时, 应考虑作用在桥梁上的风力。在风力较大的地方应按照季节性进行风荷载计算。

[0159] 计算方法为:

[0160] 横向风力为横向风压乘以迎风面积。横向风压按照下公式计算:

[0161] $W = K_3 K_4 K_5 K_6 W_0$

[0162] 其中, W 为横向风力值, K_3 为设计风速频率换算系数, K_3 取值为 0.85; K_4 为风载体型系数, K_4 取值为 1.3; K_5 为风压高度变化系数, K_5 取值为 1.0; K_6 为地形、地理条件系数, $K_6 = 1.3$, W_0 为基本风压值, W_0 取值为 600pa;

[0163] $W = 0.862 \text{Kpa} = 86.2 \text{kg/m}^2$, 纵向风压为横向的 40%, 且纵向受力面积较小, 因此计算时仅考虑横向风荷载。

[0164] 风荷载按中心集中力加载在立杆上, 立杆均按两端铰接计算。立杆受力稳定性按组合风荷载计算:

[0165] 水平荷载计算风荷载标准值 $W_K = 0.7 \mu Z \mu S W_0$;

[0166] 其中, μZ 为风压高度变化系数, μS 为脚手架风荷载体形系数;

[0167] 经计算 $W_K = 9.96 \text{kg/m}^2$

[0168] 风荷载产生的弯矩 $M = 0.85 \times 1.4 \times W_K \times L a h^2 / 10$;

[0169] 其中, $L a$ 为纵杆间距, h 为步距;

[0170] 模板支撑架荷载 ΣQ 即立杆所受最大竖向荷载 $Q_7 = K_1 (Q_1 + Q_2 + Q_3) + K_2 Q_4$;

[0171] 其中, 钢管自重 Q_1 ; 箱梁混凝土自重 Q_2 ; 模板、木板及木方自重 Q_3 ; 施工荷载 Q_4 ; 永久荷载安全系数 K_1 、可变荷载安全系数 K_2 ;

[0172] $N/A + M_3/W_3 \leq \sigma_3$; 使支架抗风荷载验算满足要求;

[0173] N 为支架钢管的轴心压力设计值, A 为支架钢管的截面积; M_3 为风荷载产生的弯矩, W_3 为立杆截面抵抗矩, σ_3 为立杆容许应力。

[0174] 最后应说明的是: 以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案, 而非对其限制; 尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换; 而这些修改或者替换, 并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。