

怀洪新河特大桥墩柱模板设计

史幼广¹, 陈 曦², 陆连玖³, 张一工⁴

(1. 安徽省寿县航道局, 安徽 寿县 230000; 2. 安徽省高等级公路工程监理有限公司, 安徽 合肥 230022; 3. 安徽省滁州市路桥工程处, 安徽 滁州 239500; 4. 安徽省滁州市公路局, 安徽 滁州 239500)

摘要: 结合怀洪新河特大桥的钢模设计计算, 发现钢模的截面中心不在连接螺栓的力线上, 钢模承受弯矩并产生一定的弯曲变形, 变形过大将影响墩柱的外观质量, 因此钢模设计时必须验算其刚度和变形。另外, 对圆端形墩柱钢模采用加大半圆模板刚度的办法进行设计, 其受力情况明确、加工制作简单、运输安装方便、钢材用量少。并推导出圆柱形墩柱钢模和圆端形墩柱钢模的变位计算公式。

关键词: 钢模设计; 墩柱模板; 变径计算公式

怀洪新河特大桥位于安徽省境内, 是界阜蚌高速公路跨越怀洪新河的一座特大桥, 主桥为 7×45 (m) 预应力等截面空心连续梁, 截面为单箱室, 箱梁顶板宽度 12.75 m, 底板宽度 5 m, 翼板悬臂长 2.875 m, 箱梁高 2.5 m, 两岸引桥共 19 孔 30 m 小箱梁, 全长 927 m, 主桥桥墩为圆端形混凝土柱墩, 引桥桥墩为圆柱形混凝土墩。

该桥全部为混凝土结构, 需要模板数量很大, 估计 350 t~400 t, 故对模板进行精心设计, 控制模板变形在允许范围内, 尽可能地减轻模板的重量、降低工程成本。为此, 对引桥桥墩模板、主桥桥墩模板、主桥箱梁模板进行了认真计算和设计, 通过设计和对比发现, 新设计的模板和同类型的传统模板比较有三大优点:

别简述圆柱形桥墩和圆端形桥墩模板的设计特点。

1 圆柱形桥墩模板设计

引桥圆柱形桥墩直径 200 cm, 墩高 8 m。拟采用 4 节钢模, 每节 2 m, 钢模面板采用厚 5 mm 钢板, 水平受力肋板采用厚 6 mm、高 100 mm 钢板、间距 500 mm。竖向构造肋采用厚 6 mm、高 80 mm 钢板, 间距 400 mm~450 mm。两个半圆钢模采用螺栓连接, 螺栓中心至钢面板内侧距离 50 mm, 如图 1-a)。

1.1 钢模的力学特性

水平肋间距 500 mm, 取 500 mm 作为一个计算单元 (图 2)。翼缘宽 500 mm、高 5 mm, 允许应力 160 MPa, 则翼缘有效宽度 $b_1 = 46 \times 5 = 230$ mm, 按有效宽度 b_1 计算截面惯性矩和截面模量。

$$A_1 = 230 \times 5 = 1\,150 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 100 \times 6 = 600 \text{ mm}^2$$

$$A = 1\,150 + 600 = 1\,750 \text{ mm}^2$$

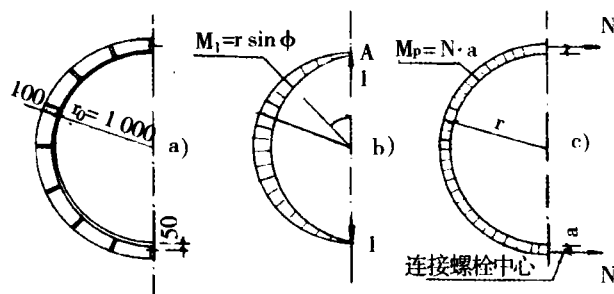


图 1 钢模螺栓中心至钢面板内侧距离示意 单位: N, mm

① 受力情况简单、明确; ② 模板重量减少 30%~41%; ③ 模板的制作、运输和安装方便。下面分

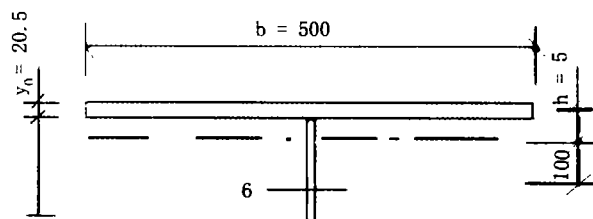


图 2 截面中心至钢面板内侧距离示意 单位: mm

* 收稿日期: 2002-09-23
修回日期: 2002-11-28

$$y_0 = \frac{1\ 150 \times 2.5 + 600 \times 55}{1\ 750} = 20.5\ \text{mm}$$

截面惯性矩

$$I = \frac{1\ 150 \times 5^2}{12} + 1\ 150 (20.5 - 2.5)^2 + \frac{600 \times 100^2}{12} + 600 (55 - 20.5)^2 = 1.589 \times 10^6\ \text{mm}^4$$

截面模量

$$W_1 = \frac{1.589 \times 10^6}{20.5} = 0.077\ 5 \times 10^6\ \text{mm}^3$$

$$W_2 = \frac{1.589 \times 10^6}{105 - 20.5} = 0.018\ 8 \times 10^6\ \text{mm}^3$$

1.2 钢模的内力计算

新浇混凝土的侧压力按 $p = 50\ \text{kN/m}^2 = 0.05\ \text{N/mm}^2$ 计, 钢模的计算半径为

$$r = r_0 + y_0 = 1\ 000 + 20.5 = 1\ 020.5\ \text{mm}$$

在计算单元高 $h = 500\ \text{mm}$, 由连接螺栓承担的钢模轴向拉力 N

$$N = h \cdot r \cdot p = 500 \times 1\ 020.5 \times 0.05 = 25\ 512.5\ \text{N}$$

连接螺栓至钢模截面中心的距离

$$a = 50 - 20.5 = 29.5\ \text{mm}$$

钢模截面承受的偏心力矩

$$M_p = N \cdot a = 25\ 512.5 \times 29.5 = 0.752\ 6 \times 10^6\ \text{N} \cdot \text{mm}$$

钢模内、外侧的应力

$$\sigma_1 = \frac{N}{A} - \frac{M_p}{W_1} = \frac{25\ 512.5}{1\ 750} - \frac{0.752\ 6 \times 10^6}{0.077\ 5 \times 10^6} = 4.87\ \text{N/mm}^2 < 215\ \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{A} + \frac{M_p}{W_2} = \frac{25\ 512.5}{1\ 750} + \frac{0.752\ 6 \times 10^6}{0.018\ 8 \times 10^6} = 54.6\ \text{N/mm}^2 < 215\ \text{N/mm}^2$$

1.3 变位计算

以虚拟单位力作用于 A 点, 虚拟单位力产生的弯矩 $M_1 = r \sin \varphi$, 图 1-b)。

A 点的变位

$$f = \int \frac{M_p M_1}{EI} ds = \int_0^{\pi/4} \frac{M_p r^2 \sin \varphi}{EI} d\varphi = -\frac{r^2 M_p}{EI} = \frac{1\ 020.5^2 \times 0.7526 \times 10^6}{2.1 \times 10^5 \times 1.589 \times 10^6} = -2.35\ \text{mm}$$

负值表示变位同虚拟单位力作用方向相反, 也即圆钢模在新浇混凝土压力作用下, A 点在径向缩小 2.35 mm, 满足规范径向尺寸偏差 $\pm 15\ \text{mm}$ 的要求。

2 主桥圆端形墩柱模板设计

主桥圆端形墩柱横截面尺寸如图 3, 高 8 m ~ 10 m。为拆装方便, 钢模拟分成 4 块: 由两块半圆钢模、两块平钢模组合而成。为减小模板的变形, 传统的做法, 是在外侧焊接大型槽钢, 再用粗螺栓把钢槽连接起来, 如图 4。这种方法的缺点很多: ① 用钢量大; ② 受力不合理、不明确; 加工制作和安装调整困难。

新的设计思路是取消钢模外侧大型槽钢, 适当增加半圆钢模自身的抗弯刚度: 水平肋板的间距由 500 mm 缩小为 330 mm ~ 340 mm; 肋板截面尺寸由 $6 \times 100\ (\text{mm})$ 增加到 $8 \times 150\ (\text{mm})$, 如图 5。

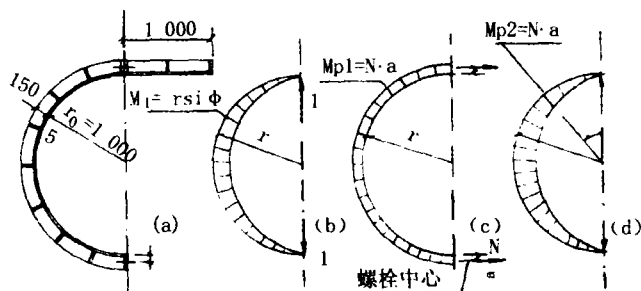


图 3 圆端墩柱横截面尺寸示意 单位: mm

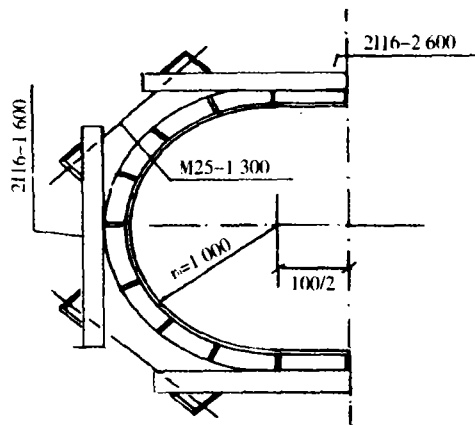


图 4 粗螺栓连接槽钢示意 单位: mm

2.1 半圆钢模的力学特性

按组合 T 形断面最大应力 $180\ \text{N/mm}^2$, 翼板厚 5 mm, 水平肋板间距 340 mm, 有效翼缘宽度 $b_1 = 42 \times 5 = 210\ \text{mm}$, 如图 5。

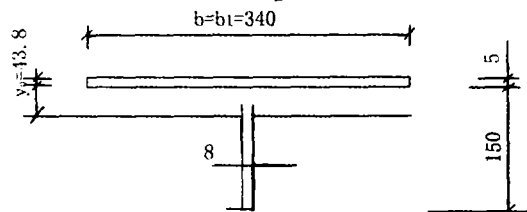


图 5 肋板截面尺寸示意 单位: mm

$$A_1 = 210 \times 5 = 1\,050 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 150 \times 8 = 1\,200 \text{ mm}^2$$

$$A = 1\,050 + 1\,200 = 2\,250 \text{ mm}^2$$

$$y_0 = \frac{1\,050 \times 2.5 + 1\,200 \times 80}{2\,250} = 43.8 \text{ mm}$$

截面惯性矩

$$I = \frac{1\,050 \times 5^3}{12} + 1\,050 (43.8 - 2.5)^2 + \frac{1\,200 \times 150^3}{12} + 1\,200 (80 - 43.8)^2 = 5.616 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

截面模量

$$W_1 = \frac{5.616 \times 10^6}{43.8} = 0.128 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_2 = \frac{5.616 \times 10^6}{155 - 43.8} = 0.505 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

2.2 内力计算

同圆柱形钢模相比, 圆端形墩柱半圆钢模上 A 点轴向力 N 相同外, 又增加了一个切向力 F , F 是平钢模上侧压力通过连接螺栓传递的, 在计算单元高 $b_1 = 340 \text{ mm}$ 的切向力 F

$$F = \frac{B}{2} b_1 p$$

式中 B ——为平钢模的宽度, $B = 1000 \text{ mm}$;

$$p = 0.05 \text{ N/mm}^2;$$

$$F = 500 \times 340 \times 0.05 = 8\,500 \text{ N}$$

半圆钢模的计算半径

$$r = r_o + y_o = 1\,000 + 43.8 = 1\,043.8 \text{ mm}$$

单元高 $b_1 = 340 \text{ mm}$ 钢模的轴向拉力 T

$$T = b_1 r p + F \sin \phi$$

$$= 340 \times 1\,043.8 \times 0.05 + 8\,500 \sin \phi$$

$$= 17\,745 + 8\,500 \sin \phi$$

最大拉应力在半圆钢模的中点, $\phi = 90^\circ$

$$T_{\max} = 17\,745 + 8\,500 = 26\,245 \text{ N}$$

钢模的弯矩 M_p (外侧受拉为正)

$$M_p = M_{p1} + M_{p2}$$

$$= N \cdot a - F \cdot r \sin \phi$$

$$= b_1 r p a - F r \sin \phi$$

式中 $a = 60 - 43.8 = 16.2$;

$$b_1 = 340 \text{ mm};$$

$$p = 0.05 \text{ N/mm}^2。$$

最大弯矩发生在半圆钢模的中点

$$M_{p\max} = 340 \times 1\,043.8 \times 0.05 \times 16.2 - 8\,500 \times 1\,043.8 \times 1$$

$$= -8.58 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_1 = \frac{26\,245}{2\,250} + \frac{-8.58 \times 10^6}{0.0505 \times 10^6} = -158.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{26\,245}{2\,250} - \frac{-8.58 \times 10^6}{0.128 \times 10^6} = 78.8 \text{ N/mm}^2$$

2.3 变位计算

A 点的变位可分为两部分, 一部分同圆柱钢模是由连接螺栓和半圆钢模截面中心不在一条直线上引起的, 以 f_1 表示; 另一部分是平钢模传递的 F 力引起的, 以 f_2 表示

$$f_1 = -\frac{r^2 M_{p1}}{EI}$$

式中 $r = 1\,043.8 \text{ mm}$;

$$M_{p1} = b_1 r p a$$

$$= 340 \times 1\,043.8 \times 0.05 \times 16.2$$

$$= 0.287 \times 10^6 \text{ N/mm}$$

$$f_1 = -\frac{1\,043.8^2 \times 0.287 \times 10^6}{2.1 \times 10^5 \times 5.616 \times 10^6} = -0.27 \text{ mm}$$

$$f_2 = \int \frac{M_1 M_{p2}}{EI} ds$$

式中 $M_1 = r \sin \phi$, $M_{p2} = F r \sin \phi$

$$f_2 = \int_0^{\pi/4} \frac{r \sin \phi \times F r \sin \phi \times r d\phi}{EI}$$

$$= \frac{\pi F r^3}{8EI}$$

$$= \frac{\pi \times 8\,500 \times 1\,043.8^3}{8 \times 2.1 \times 10^5 \times 5.616 \times 10^6} = 3.22 \text{ mm}$$

$$f = f_1 + f_2 = -0.27 + 3.22 = 2.95 \text{ mm}$$

A 点的变位和虚拟单位力的作用方向相同, 即 A 点半径增加约 3 mm, 满足施工规范要求, 该方案可行。

3 结 语

3.1 圆柱形桥墩钢模不仅承受轴向力, 也存在弯矩和变形、模板设计时必须考虑;

3.2 圆端形桥墩钢模设计, 按本文提出的方法受力情况明确、合理; 制作运输安装方便。

3.3 圆端形桥墩模板的半圆钢和平钢模之间的螺栓除承受拉力外, 还承担剪力, 选择螺栓时应以考虑。

参 考 文 献

- [1] 中国路桥集团第一公路局编. 公路桥涵施工技术规范. 北京: 人民交通出版社, 2001, 11.
- [2] 徐伟等编. 施工结构计算与设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999, 1.