

向上为 z 轴建立坐标系。模型共采用 8 节点六面体的实体单元 4960 个，该单元每个节点上具有 3 个线性位移自由度。荷载考虑恒载和活载偏载的组合作用，其中活载按城市 A 级荷载设计。建立有限元模型见图 4。

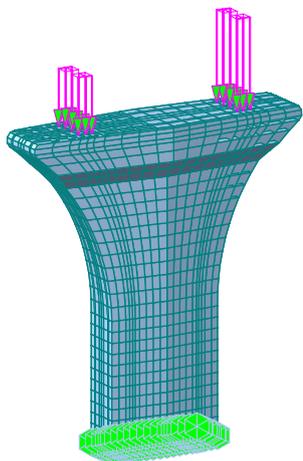


图 4 有限元模型图

4 分析结果

在偏载作用下，计及桥墩的自重，由线弹性理论求解得到桥墩的各部位的受力特性。详细结果见图 5、图 6 和图 7（单位均为 t/m^2 ）：

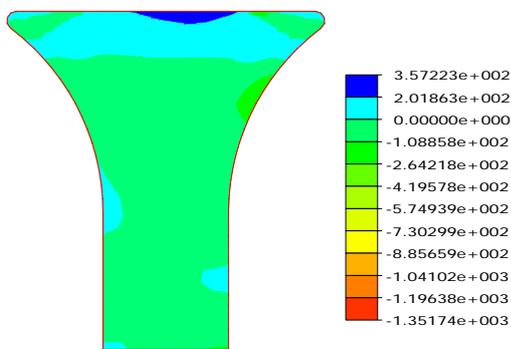


图 5 横桥向对称中心线处横截面正应力 σ_{xx}

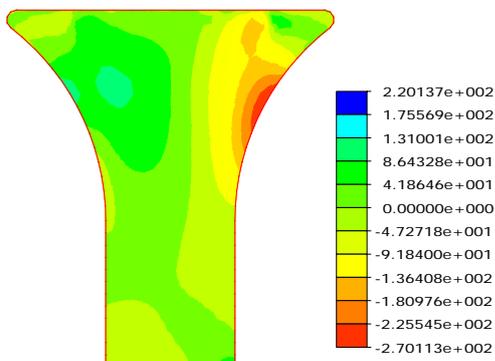


图 6 横桥向对称中心线处横截面剪应力 τ_{xy}

从应力图中可以得到：距离墩顶 0~1.8m 范

围内桥墩的最大主拉应力超过了《铁路钢筋混凝土和预应力混凝土桥涵设计规范》中规定的 C30 混凝土无箍筋及斜筋时的容许主拉应力值 0.7MPa，因此在这部分高度的结构内应布置箍筋和斜筋来承受剪应力。如果按照规范中的梁部分长度全由混凝土承受的主拉应力 0.35 MPa 来布置钢筋，则箍筋的长度还应该向下延伸至距离顶部 2.6m 处。而初拟钢筋布置（见图 1）中仅在距离墩顶 0~1.2m 的范围内布置了箍筋和斜筋，从应力分析上看其布筋范围达不到承载力要求。距离墩顶 0~6.5m 的范围内结构的顺桥向截面内的剪应力在弧线中部有集中现象。

最大主压应力发生在桥墩的悬臂根部，最大值为 7.8 MPa，剪应力等值线在越靠近悬臂的根部下缘越密集，产生了应力集中现象（见图 6）。因此，从结构受力的角度来考虑，可以通过加宽桥墩底部的横向尺寸，减缓圆曲线的变化曲率来减缓应力等值线的效果。

最大的弯曲拉应力发生在大偏载作用位置侧距离桥墩中心线 1.5m 左右的墩顶位置，最大值为 3.57MPa。结合图 1 和图 5，墩帽横向受弯钢筋全部布置在受拉区域，墩顶上的钢筋为两层，箍筋底部钢筋正好处于拉应力和压应力的交接处。顶部配筋方式主要承受拉力、弯矩和剪力，呈现出深梁受力特性。

根据上述计算结果可得出：箍筋的布置范围偏小，达不到结构受力的要求；悬臂的弧部由于应力集中压应力和剪应力均较大；整个弧线悬出部呈现“牛腿”受力特性。根据以上特点，拟提出解决的措施大致有以下几种方案：

1. 加高墩帽的高度，减小托盘的斜率。
2. 加宽桥墩的横向尺寸，加大曲线半径，以减少应力不均匀变化梯度。
3. 增加竖向箍筋和斜筋的布置范围。

5 方案设计

如果采用以上三种解决措施的第一种方案，该桥墩总高度为 10.9m，如果继续加高上部承台的高度时，从美学上讲不太合适，在构造上变化

太多，修改工作量大，该方案予以否定。

对于方案二拟采用下面两种方法检算：

方法一：墩底宽度为 5m，曲线处半径增加到 9.789m；

方法二：墩底宽度为 6m，曲线处半径增加到 10.26m。

方法一，对桥墩下部直线段部分在原设计的基础上分别向外侧扩大 0.5m，曲线部分的半径从原设计的 7.6m 加大到 9.789m，其他部位结构形式无变化。计算结果见图 7 和图 8。

修改截面后，截面上的应力等值线分布趋于均匀，竖直截面的剪应力最大值发生在大偏荷载作用处的截面内，除局部承压出现的峰值外，外悬弧线段最大剪应力值下降 50%，最大的弯曲正应力下降 22%，但受力特点仍与初拟墩身一致。

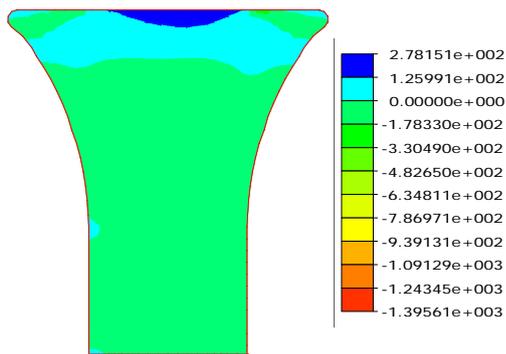


图 7 横桥向对称中心线处截面正应力 σ_{xx}

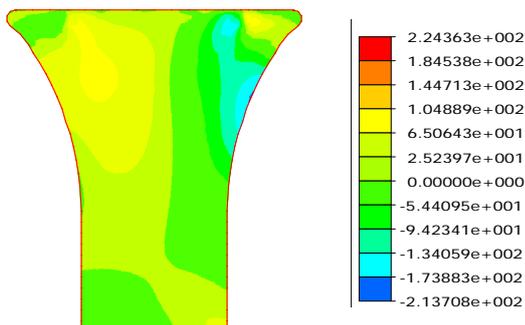


图 8 横桥向对称中心线处截面剪应力 τ_{xz}

方法二，桥墩下部直线段在原设计的基础上分别向外侧扩大 1.0m，曲线部分的半径增加到 10.26m。主要的应力图见图 9 和图 10。

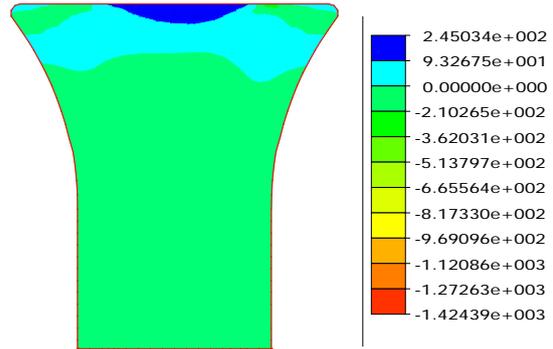


图 9 横桥向对称中心线处截面正应力 σ_{xx}

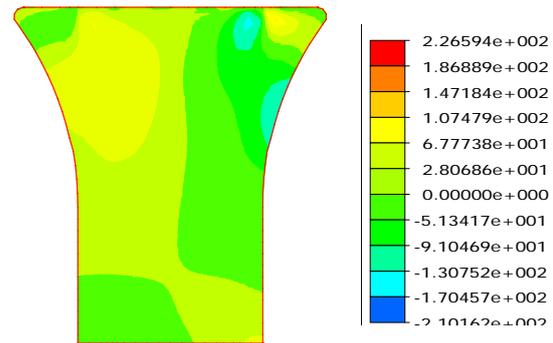


图 10 横桥向对称中心线处截面剪应力 τ_{xz}

当墩底加宽到 6m 后，支座中心线与墩身底部截面边缘平齐，基本上消除了剪应力集中现象，应力等值线更加平缓，应力分布变得十分均匀。与原设计相比较，弯曲正应力得到降低，顺桥向支座中心线所在的竖直面内剪应力值减小。在与以上几个方案的比较中，结构仍呈现出深梁受力特性，但“大牛腿”的受力特性基本消失。修改设计后得到的单元的主拉应力值比原设计计算结果小。在大偏荷载作用位置的纵向截面内弯曲拉应力范围分布宽度增加，最大值较原设计的值小。

6 计算结果分析

本文通过上述三种结构形式及布筋特点来分析此类“宝瓶”式桥墩的受力特性与结构尺寸的关系。经比较得出：增加墩底的尺寸，结构的受力得到了很好的改善，应力等值线趋于平缓均匀。竖向压应力相对减小，竖向剪应力下降。主拉应力的大小和分布情况在三种工况下基本相同，因此箍筋和斜筋的布置范围均需要满布于整个弧线段范围内。方法一与方法二的进行比较，

当墩底尺寸增加到 5m 时,结构的应力值已在规范的要求范围以内。墩底宽度增加到 6m 对结构的应力分布优化已不明显,并且从结构的外形上讲不能很好地满足人们的审美要求,加之尺寸的增加,混凝土和钢筋数量随之增加,从经济上看也不太合理。

7 结论

采用空间程序来分析桥梁结构的受力特性,再根据计算结果来指导钢筋布置能得到较好的结果。

对于“宝瓶”式桥墩,最大的弯曲拉应力发生在墩顶。剪应力始终在弧线中心区域有集中现象。尺寸的变化对主拉应力的大小和分布范围的改变影响不大。

对于支座中心位于墩底截面处的“宝瓶”式桥墩,箍筋应在整个弧线段部分满布,而不应只是布置于托盘以上部位。托盘上部受力特性表现为深梁的受力特性;弧线段部位具有大牛腿构造的受力特性,而且其特性随着与支座中心线偏离墩底截面的程度而变化。

the Discussion about the Characters of the “Aquarius” Type Pier under the Outer Force and the Reasonable Distribution of the Reinforcing Steel Bar

Chen hongchi

the Construction Bureau of Fuzhou City

Abstract: Combined with the results calculated by the finite program MIDAS, the characters of the “Aquarius” type pier of some great bridge under the outer force are analyzed in this paper. After calculating and comparing, the conclusions are gained which the structure and the distribution of the reinforcing steel bar should be optimized on the base of the primary design. It guides our design.

Keywords: the “Aquarius” type pier, stress, and distribution of the reinforcing steel bar