

圆板式橡胶支座的性能评价

魏红一, 许 歆, 胡世德

(同济大学土木工程学院 上海市 200092)

摘 要: 采用通用有限元软件 ANSYS 对圆板式橡胶支座的典型代表试件建立 FEA 模型, 针对支座中心加载和坡梁偏压加载工况, 进行了数值模拟分析, 从有限元仿真分析的角度, 定性地解释了圆板式橡胶支座的受力性能, 以及利用有限元数值分析手段定性分析橡胶支座性能的可行性。

关键词: 圆板式橡胶支座; FEA 模型; 有限元仿真; 性能

支座作为桥梁上下部结构的传力构件, 在结构受力和耐久性上起着重要作用。然而, 通过既有桥梁橡胶支座的调查发现, 虽然为适应桥梁的纵坡以及使支座均匀受力的要求, 在主梁构造上采取设置楔形块的构造措施, 但支座还是有偏载和脱空现象, 支座受力较大一侧橡胶外鼓, 有些还伴有橡胶开裂。为此, 有必要对橡胶支座的工作性能进行研究。

在评价橡胶支座力学性能方面, 目前我国采用的试验方法和项目是轴心抗压试验、剪切试验和容许转角试验, 试验方法的本身要求支座无脱空现象, 无法得出支座在受力过程中的传力性能机理。在这方面, 计算机仿真技术为通过数值模拟揭示结构性能提供了很好的技术手段。

本文基于大型有限元软件 ANSYS, 针对圆板式橡胶支座在轴向受压和在坡梁作用状态下的性能做了有限元数值仿真分析, 给出了圆板式橡胶支座在不同荷载工况下受力性能的定性评价。

1 橡胶支座有限元分析模型的建立

本文中有限元仿真分析的对象为 GYZ200×28 公路圆板式橡胶支座, 支座的表层橡胶厚度为 2.5 mm; 中间层橡胶厚度 5 mm, 共 3 层; 中间层钢板厚度 2 mm, 共 4 层。支座构造布置见图 1 所示。

橡胶支座是具有大变形特性的构件, 在进行有限元数值模拟中应注意以下几个问题。

(1) 总体几何模型和单元类型的确定。

考虑到在轴心受压和在坡梁作用状态下圆板式

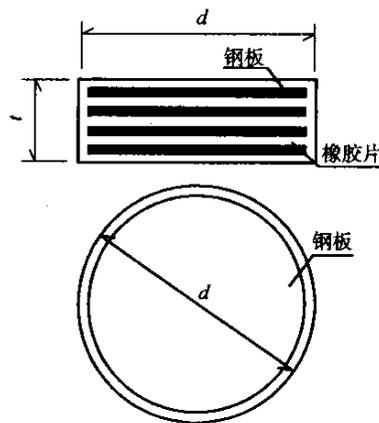


图 1 圆板式橡胶支座构造布置

支座的几何形状和加载工况的对称性, 分别建立 1/4、1/2 支座模型进行分析。

橡胶采用 HYPER58(3D)超弹性块单元, 钢板用 SOLID45(3D)块单元, 支座顶、底面橡胶和试验用钢板之间分别用 TARGE170(3D)单元和 CONTA173(3D)单元来模拟刚性目标单元和橡胶柔性体表层的接触单元(面—面接触)。

(2) 钢板材料属性的确定。

支座内钢板材料的应力—应变本构关系采用经典的双线性描述, 其线弹性段的弹性模量取为 200 GPa, 泊松比为 0.3, 屈服应力为 300 MPa。

(3) 橡胶材料常数的选定。

支座内的橡胶确定为超弹性材料(有限元程序中假定超弹性材料为各向同性、不可压缩或几乎不

可压缩),其应力—应变本构关系可由橡胶材料的实验数据(如单轴拉压试验、双轴拉压试验和剪切试验数据)并通过 Mooney—Rivlin 常数定义材料的应变能密度而加以拟合确定,拟合曲线与真实值间的精度决定于参数的多少。

(4) 橡胶支座顶、底面和试验用承载板之间的接触问题。

为揭示支座在坡梁作用下的变形历程,以及支座顶、底面的承压分布状况,必须考虑支座与梁底、墩顶间的接触问题,这是类似构件数值分析的重点和难点。接触问题是一种高度非线性行为,需要较多的计算机资源和反复的迭代试算过程。本文采用刚体—柔体接触类型,面—面接触方式。由覆盖在 FEA 模型接触面之上的一层表面单元构成接触单元(CONTA173),与“目标”面(TARGE170)形成接触对,接触对之间的接触刚度对问题分析的收敛性有影响。另外,分析中假定“目标”面与“接触”面一旦接触就为粗糙接触,即两面间模拟为无滑动的、表面相当粗糙的摩擦接触问题。目标面的几何位置根据 2%和 4%的坡度确定。

(5) 橡胶支座的内部橡胶和内部钢板之间的接触问题。

考虑到实际情况,橡胶支座的内部橡胶和内部钢板之间,无论在制作过程中,还是在实际使用中,都是始终紧密地约束在一起的。并且试验结果也验证了橡胶支座内部的钢板与橡胶间较少产生剥离现象。故为了简化 FEA 模型,合并橡胶支座内部橡胶和钢板之间的节点。

2 基于有限元数值分析的支座性能评价

(1) 工况 1:轴向受压(梁体向下变位 1.5 mm)。

在轴向受压(梁体坡度为 0°)的情况下,随着梁体的向下变位,支座由顶至底的各层橡胶和钢板逐渐变形参与受力,支座外侧橡胶略微外鼓,总体变形不是很明显,支座底没有脱空现象。

从主应力等值线图可以看出,最上层钢板的主应力分布略欠均匀,而下面三层钢板的主应力都呈现较均匀的分布状态,支座钢板的最大拉应力值出现在最上层钢板内。

(2) 工况 2:坡梁作用。

在坡梁作用下,支座的传力方式是从下坡侧支座边缘开始受压,压力区域通过橡胶的变形逐渐向下及周围扩散,但支座的顶、底压力区偏于一侧,随着梁体坡度的增加,受压区中心将更偏向于下坡侧,另一侧则存在较大范围的脱空。在传力过程中,顶层橡胶对在压应力区域的扩散起着明显的调节作用。

以 2%坡梁作用下的支座模型分析为例,支座受载后,受压区的橡胶层明显外鼓。无论是主压应力,还是支座顶、底面的正压应力区域明显偏于一侧,这与支座的试验结果非常吻合。随着施加荷载的增加,支座底面接触应力中心(沿直径方向)逐渐向支座中心偏移,而支座底部的脱空长度逐渐减小,但加载力近 300 kN 时,依然有近 25%的脱空率(脱空长度/直径)。

3 结论

(1) 在轴向压力作用下,支座由顶至底的各层橡胶和钢板逐渐变形参与受力,支座外侧橡胶略微外鼓,应力分布较均匀,最大拉应力值出现在最上层钢板内,支座底无脱空现象。

(2) 普通的圆板式橡胶支座在坡梁作用下,存在着偏载、受压区橡胶层外鼓,随着梁体坡度的增加,受压区中心将更偏向于下坡侧,另一侧则存在较大范围的脱空。顶层橡胶对支座传力过程中受压区域的扩展起着明显的调节作用。

(3) 公路桥梁设计规范中规定,当梁体纵坡小于 1%时,可将梁体直接搁置在支座上,而当纵坡大于 1%时,需在梁体下设置楔形构造以使支座处于轴向受压状态。但无论是上述的何种情况,由于混凝土的收缩徐变、预拱度设置等,支座依然会处于坡梁作用状态,这对支座受力是不利的。深入研究支座的构造形式来改善受力性能是有必要的。

(4) 从定性的分析上,橡胶支座的有限元数值仿真分析结果能与支座试验较吻合,能从更深层次上揭示橡胶支座的工作性能,为支座的构造设计提供帮助。

参考文献:

- [1] JT/T 4—93,公路桥梁板式橡胶支座[S].
- [2] JTJ 041—2000,公路桥涵施工技术规范[S].