

板厚与波高对波纹钢管涵受力性能影响分析

唐 杨¹, 王国炜², 安 海³, 亢兴军⁴

(1. 五峰土家族自治县农村公路管理所, 湖北 宜昌 443413; 2. 济南金衢公路勘察设计研究有限公司, 山东 济南 250101;
3. 国网西藏电力有限公司昌都供电公司, 西藏 昌都 854000; 4. 山东建筑大学 交通工程学院, 山东 济南 250101)

摘要:根据《公路桥涵用波形钢板》(JT/T 710—2008)中的 F 波型建立波纹钢管涵有限元模型, 分析波纹钢管涵的受力性能, 对比分析了板厚和波高 2 个参数对波纹钢板涵受力性能的影响。计算分析结果表明, 随着板厚和波高的下降, 波纹钢管涵的变形和应力逐渐增大, 且增长幅度逐渐增加; 波纹钢管涵在波峰截面的水平位移由顶点到最低点呈现 3 次先增大后减小的变化趋势, 在波谷截面的水平位移由顶点到最低点呈现 1 次先增大后减小的变化趋势, 均在 1/2 点达到最大值; 波纹钢管涵的竖向位移由顶点到最低点呈现逐渐减小的变化趋势, 在顶点达到最大值; 相邻波峰截面和波谷截面的应力变化趋势存在明显不同, 波峰截面的应力最小值出现在 1/2 点及其附近, 而波谷截面在 1/2 点附近有接近于应力最大值的较大值。

关键词:桥涵工程; 波纹钢管涵; 板厚; 波高

中图分类号: U449.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2021)04-0087-08

波纹钢管涵具有抗变形能力强、施工时间短、造价低廉、建材环保等优点^[1], 在特殊岩土地质区、交通不便的山区、冻融循环显著的高寒地区得到了广泛的应用^[2-3], 同时在桥涵加固^[4-5]和应急抢修^[6]中表现突出。

通过查阅相关文献发现, 波纹钢管涵的研究主要集中在特殊岩土地质区的应用^[7]、力学性能的测试^[8]、有限元仿真分析^[9-12]和施工工艺优化^[13]等几个方面, 而对波纹钢板的结构参数对波纹钢管涵受力性能的影响研究较少。

根据相关规范建立波纹钢管涵的有限元模型, 考虑到波纹钢独特的力学特性^[14-16], 通过改变波纹钢板结构参数建立多个对比模型, 研究其结构参数对波纹钢管涵受力性能的影响。

1 分析思路

1.1 分析模型

根据《公路桥涵用波形钢板》(JT/T 710—2008)^[17], 选用其中的 F 波型建立波纹钢板的几何模型, F 波型的波距为 400 mm, 波深为 180 mm(波高为 90 mm), 半径为 90 mm, 板厚为 6 mm。波纹钢管涵的有限元模型采用 Midas FEA 建立。波纹钢管涵的几何模型包含 2.5 个波形, 结构尺寸如图 1 所示, 将波形旋转即可得到波纹钢管涵的几何模型, 旋转半径为 0.5 m, 得到的波纹钢管涵的跨度为 1 m。

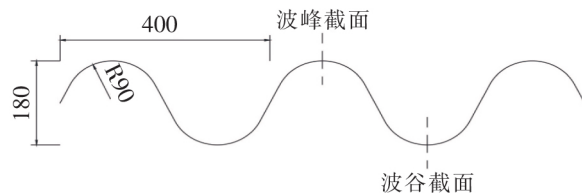


图 1 波形钢板结构尺寸(单位:mm)

钢板的本构模型设置为弹性模型, 弹性模量为 210 GPa, 容重为 78.5 kN/m³, 泊松比为 0.3。土体的本构模型设置为摩尔-库伦模型, 弹性模量为 81 MPa, 容重为 19.3 kN/m³, 泊松比为 0.25, 黏聚力为 118

收稿日期: 2021-07-14 责任编辑: 车轩玉 DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxbzb.20210161

基金项目: 山东省交通运输厅科技计划项目(2020B69)

作者简介: 唐杨(1992—), 男, 助理工程师, 研究方向为桥梁结构理论。E-mail: 2312083669@qq.com

唐杨, 王国炜, 安海, 等. 板厚与波高对波纹钢管涵受力性能影响分析[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2021, 34(4): 87-94.

kPa, 摩擦角为 22° , 剪膨胀角为 0° 。

根据圣维南原理, 取一定土体范围进行建模, 即波纹钢管涵四周的土体至少为一倍管径的厚度^[8], 故而将波纹钢管涵四周的土体取 1.5 m, 波纹钢管涵的管轴方向取 1.0 m。几何模型完成后分别划分土体和波纹钢管涵的有限元网格, 将土体和波纹钢管相切面的节点共节点处理^[9]。为了降低计算量, 根据对称性条件仅仅对一半结构建立有限元模型。波纹钢管涵的有限元模型如图 2 所示。除了对称边界条件以外, 将土体的底部固结, 两侧限制水平位移。在荷载上考虑自重和汽车荷载。汽车荷载采用面压力施加于管涵上部土体的表面, 参考《公路桥涵通用设计规范》(JTG D60—2015)^[18]中关于车辆荷载的取值, 接触面积设置为 $0.6\text{ m} \times 0.8\text{ m}$, 压力总量设置为 120 kN。分析工况设置为非线性静力分析, 计算方法采用 Newton Rapson 迭代法, 荷载步骤数设置为 5, 最大迭代步骤数设置为 100。

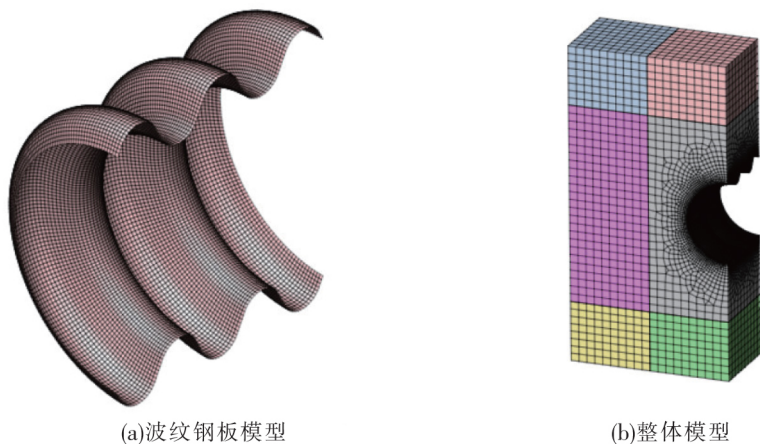


图 2 波纹钢管涵有限元模型

1.2 分析方法

为了更好地表述分析结果, 将波纹钢管涵的不同位置指定名称。结构位移的提取截面为波峰截面(管轴方向中间截面)和波谷截面(距离管轴方向中间截面最近的波谷截面), 如图 1 所示。每个截面提取 9 个点的数据, 包括 2 个端点(顶点、最低点)和由顶点逆时针旋转到最低点之间的 7 个中间点, 依次为 1/8 点、1/4 点、3/8 点、1/2 点、5/8 点、3/4 点、7/8 点, 每个点之间的弧长长度相等, 各点位置如图 3 所示。

波纹钢管涵的受力影响因素主要考虑板厚和波高 2 方面, 在具体分析中通过改变板厚和波高的结构参数从变形和应力 2 方面进行对比分析。在变形分析上, 通过波纹钢管涵波峰截面和波谷截面的位移分析结果计算得到变形分析结果, 具体计算方法为: 以 1/2 点的水平位移乘以 -2 得到波纹钢管涵的水平变形, 以顶点的竖向位移减去最低点的竖向位移得到波纹钢管涵的竖向变形。在应力分析上, 通过提取波峰截面和波谷截面的各节点 Mises 应力进行对比分析。

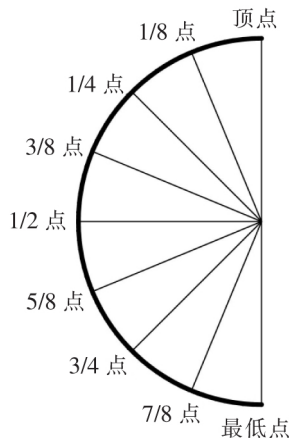


图 3 节点位置图

2 板厚的影响分析

将上面的计算模型修改板厚参数, 即将板厚 6 mm 重新设置为 2、3、4、5 mm, 用于分析板厚对波纹钢管涵受力性能的影响。

2.1 变形分析

通过计算, 得到波纹钢管涵在不同板厚条件下的位移云图, 提取波纹钢管涵波峰截面和波谷截面各节点的水平位移如图 4 所示, 竖向位移如图 5 所示, 计算得到水平变形和竖向变形如图 6 所示。

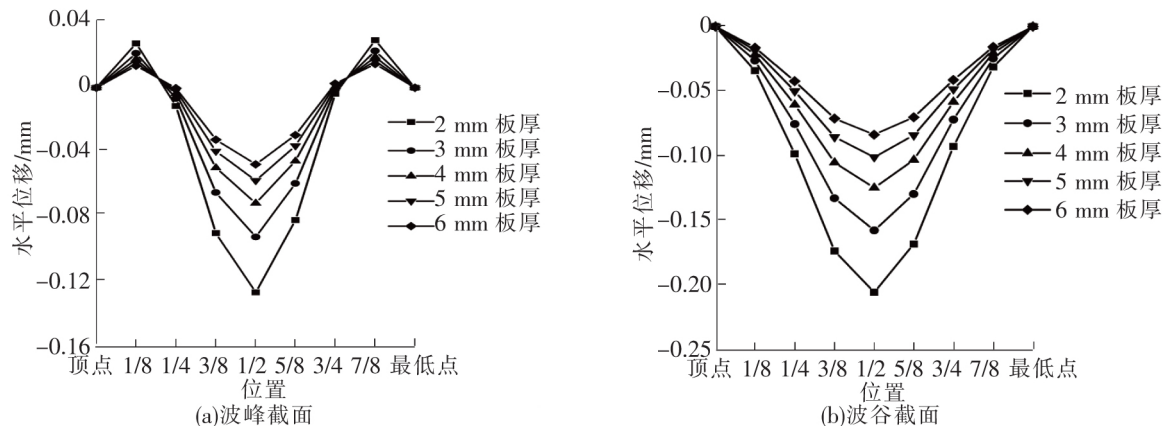


图 4 波纹钢管涵在不同板厚条件下的水平位移

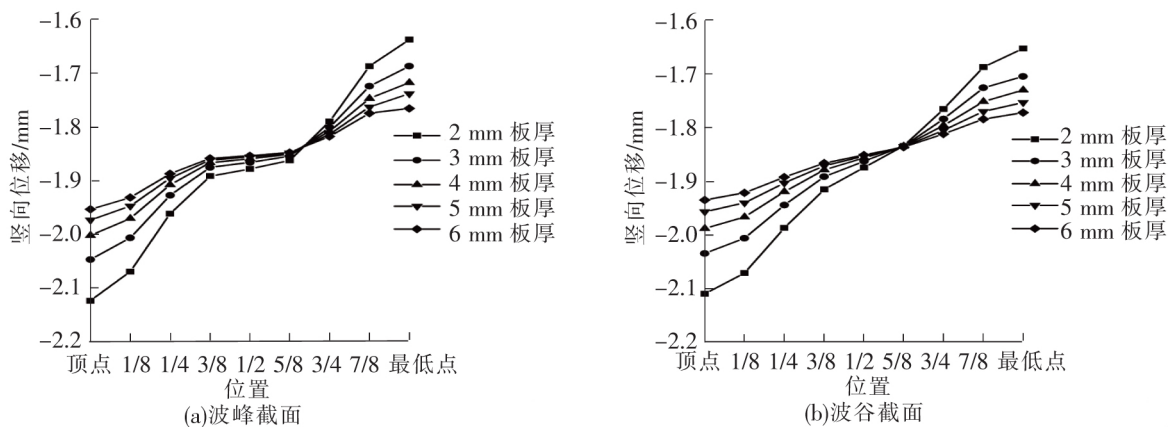


图 5 波纹钢管涵在不同板厚条件下的竖向位移

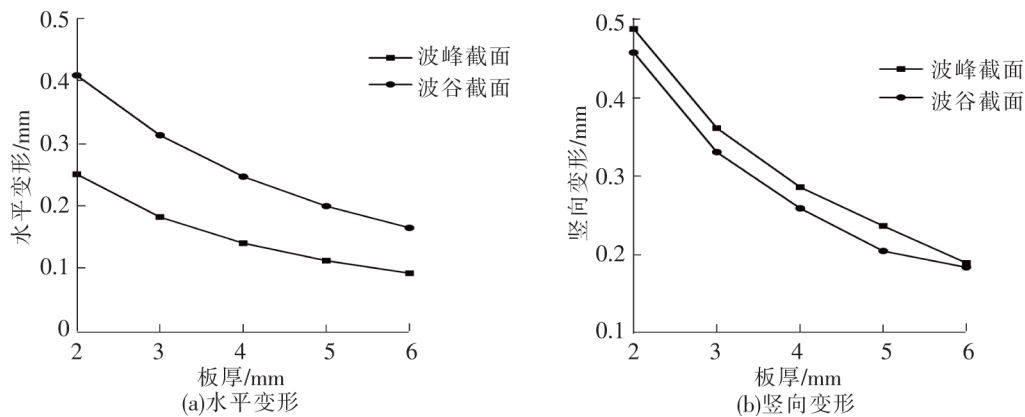


图 6 波纹钢管涵在不同板厚条件下的结构变形

由图 4(a)可以看出,波峰截面的水平位移先后 3 次呈现先增大后减小的变化趋势,波峰截面在 1/2 点时的水平位移达到最大值。随着板厚的减小,波纹钢管涵在波峰截面的水平位移越来越大,且水平位移的增长幅度越来越大。当板厚为 6 mm 时,波峰截面在 1/2 点的水平位移为 0.047 mm;当板厚为 5 mm 时,波峰截面在 1/2 点的水平位移为 0.057 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 21.28%;当板厚为 4 mm 时,波峰截面在 1/2 点的水平位移为 0.071 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 51.06%;当板厚为 3 mm 时,波峰截面在 1/2 点的水平位移为 0.092 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 95.74%;当板厚为 2 mm 时,波峰截面在 1/2 点的水平位移为 0.127 mm,水平位移增大到板厚为 6 mm 时的 2.70 倍。由此可见,随着波纹钢板板厚的减小,波纹钢管涵在波峰截面的刚度下降越来越快。

由图 4(b)可以看出,波谷截面的水平位移仅仅呈现一次先增大后减小的变化过程,在 1/2 点时波谷

截面的水平位移达到最大值。当板厚为 6 mm 时,波谷截面在 1/2 点的水平位移为 0.084 mm;当板厚为 5 mm 时,波谷截面在 1/2 点的水平位移为 0.101 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 20.24%;当板厚为 4 mm 时,波谷截面在 1/2 点的水平位移为 0.125 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 48.81%;当板厚为 3 mm 时,波谷截面在 1/2 点的水平位移为 0.158 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 88.10%;当板厚为 2 mm 时,波谷截面在 1/2 点的水平位移为 0.206 mm,水平位移增大到板厚为 6 mm 时的 2.45 倍。由此可知,随着板厚的减小,波纹钢管涵在波谷截面的水平位移越来越大,且水平位移的增长幅度越来越大,波谷截面的刚度下降速度亦越来越快。

由图 5(a)可以看出,波峰截面的竖向位移呈现逐渐增大的变化趋势,在顶点存在竖向位移最大值,在最低点存在竖向位移最小值。当板厚为 6 mm 时,波峰截面在顶点的竖向位移为 1.955 mm;当板厚为 5 mm 时,波峰截面在顶点的竖向位移为 1.975 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 1.02%;当板厚为 4 mm 时,波峰截面在顶点的竖向位移为 2.004 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 2.51%;当板厚为 3 mm 时,波峰截面在顶点的竖向位移为 2.049 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 4.81%;当板厚为 2 mm 时,波峰截面在顶点的竖向位移为 2.125 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 8.70%。由此可见,随着板厚的减小,波纹钢管涵在波峰截面的竖向位移越来越大,且竖向位移的增长幅度越来越大。

由图 5(b)可以看出,波谷截面的竖向位移同样呈现逐渐增大的变化趋势。随着板厚的减小,波纹钢管涵在波谷截面的竖向位移越来越大,在顶点达到最大值,在最低点达到最小值。当板厚为 6 mm 时,波谷截面在顶点的竖向位移为 1.938 mm;当板厚为 5 mm 时,波谷截面在顶点的竖向位移为 1.960 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 1.14%;当板厚为 4 mm 时,波谷截面在顶点的竖向位移为 1.991 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 2.73%;当板厚为 3 mm 时,波谷截面在顶点的竖向位移为 2.049 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 5.73%;当板厚为 2 mm 时,波谷截面在顶点的竖向位移为 2.112 mm,相比于板厚为 6 mm 时增大 8.98%。由此可见,随着板厚的减小,波纹钢管涵波峰截面的竖向位移越来越大,且竖向位移的增长幅度越来越大。

由图 6 可以看出,随着板厚的增大,波峰截面、波谷截面的水平变形和竖向变形越来越小。板厚由 2 mm 增大到 6 mm,波峰截面的水平变形由 0.253 mm 下降到 0.095 mm,波谷截面的水平变形由 0.412 mm 下降到 0.167 mm;波峰截面的竖向变形由 0.486 mm 下降到 0.188 mm,波谷截面的竖向变形由 0.455 mm 下降到 0.182 mm。

2.2 应力分析

提取波峰截面和波谷截面各点在不同板厚条件下的 Mises 应力如图 7 所示。

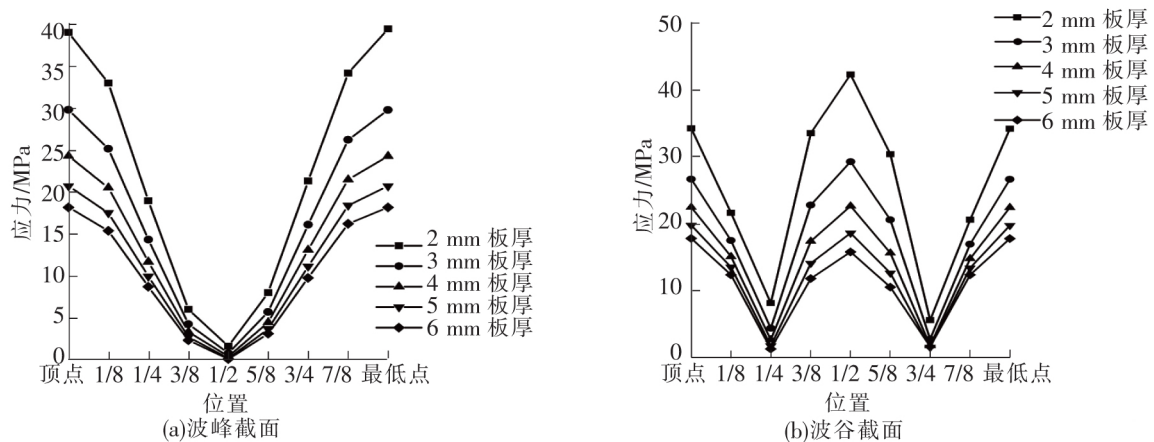


图 7 波纹钢管涵在不同板厚条件下的 Mises 应力

由图 7(a)可以看出,波峰截面的 Mises 应力在 1/2 点达到最小值,在顶点或者最低点达到最大值。随着板厚的减小,顶点和最低点的应力越来越大。当板厚为 6 mm 时,波峰截面的最大 Mises 应力为 18.162 MPa;当板厚为 5 mm 时,波峰截面的最大 Mises 应力为 20.692 MPa,相比于板厚为 6 mm 时增大 13.93%;当板厚为 4 mm 时,波峰截面的最大 Mises 应力为 24.278 MPa,相比于板厚为 6 mm 时增大

33.67%;当板厚为3 mm时,波峰截面的最大Mises应力为29.783 MPa,相比于板厚为6 mm时增大63.99%;当板厚为2 mm时,波峰截面的最大Mises应力为39.427 MPa,最大应力增大到板厚为6 mm时的2.17倍。

由图7(b)可以看出,波谷截面的Mises应力关于1/2点对称,在对称一侧呈现先减小后增大的变化趋势。在1/4点达到最小值,在顶点、1/2点、最低点的应力值均较大。当板厚为6 mm时,波谷截面的最大Mises应力为17.814 MPa;当板厚为5 mm时,波谷截面的最大Mises应力为19.764 MPa,相比于板厚为6 mm时增大10.95%;当板厚为4 mm时,波谷的最大Mises应力为22.640 MPa,相比于板厚为6 mm时增大27.09%;当板厚为3 mm时,波谷截面的最大Mises应力为29.246 MPa,相比于板厚为6 mm时增大64.17%;当板厚为2 mm时,波谷的最大Mises应力为42.205 MPa,最大Mises应力增大到板厚为6 mm时的2.37倍。由此可见,板厚的下降造成波纹钢管涵更大的变形,最终导致结构Mises应力值的逐渐增大。

3 波高影响分析

波高变化时波距不变,仅仅修改波纹的圆弧段半径,各圆弧之间直线连接,直线与圆弧相切。下面将波高90 mm重新设置为50、60、70、80 mm,用于分析波高对波纹钢管涵受力性能的影响。

3.1 变形分析

通过计算,得到波纹钢管涵在不同波高下的位移,提取波纹钢管涵波峰截面、波谷截面各节点的水平位移如图8所示,竖向位移如图9所示,计算得到水平变形和竖向变形如图10所示。

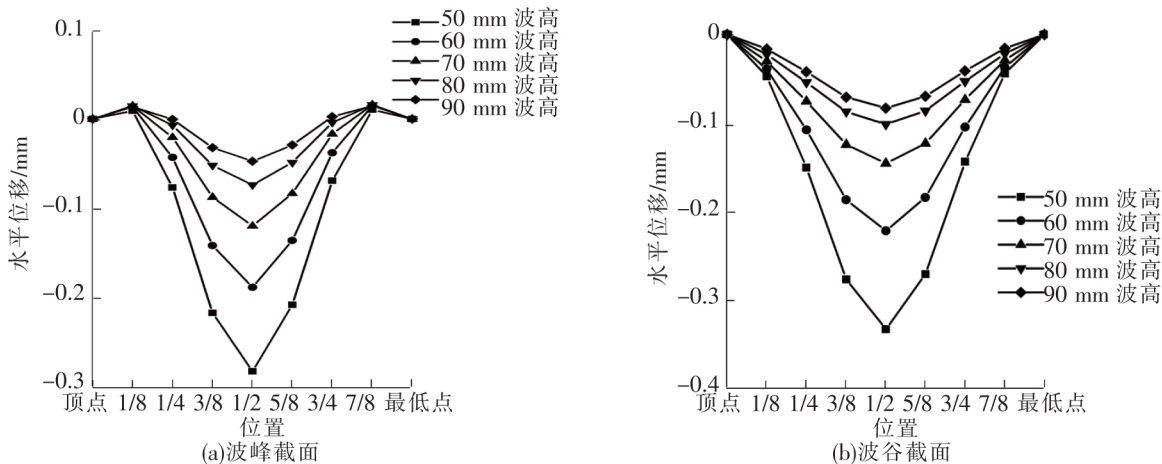


图8 波纹钢管涵在不同波高条件下的水平位移

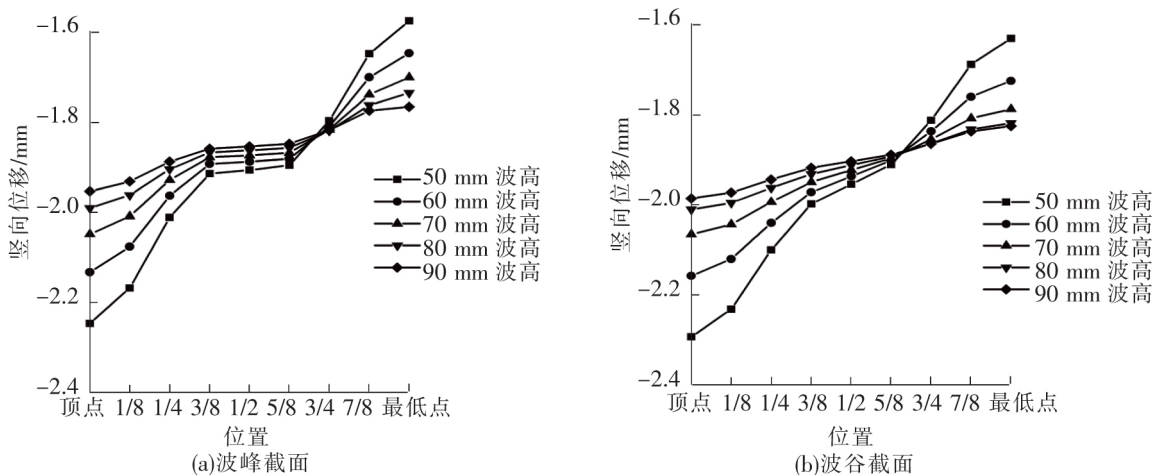


图9 波纹钢管涵在不同波高条件下的竖向位移

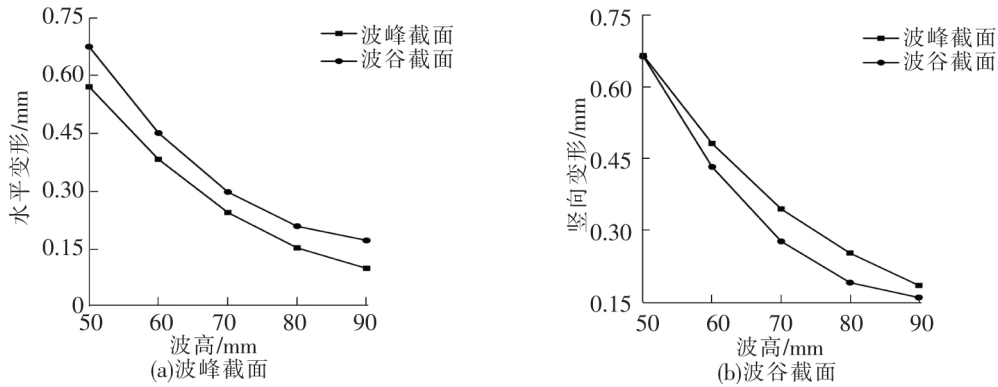


图 10 波纹钢管涵不同波高条件下的结构变形

由图 8(a)可以看出,随着波高的减小,波纹钢管涵在波峰截面的水平位移越来越大,在 $1/2$ 点水平位移达到最大值,且增长幅度越来越大。当波高为 90 mm 时,波峰截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.047 mm;当波高为 80 mm 时,波峰截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.074 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 57.45%;当波高为 70 mm 时,波峰截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.120 mm,增长到波高为 90 mm 时的 2.55 倍;当波高为 60 mm 时,波峰截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.189 mm,增长到波高为 90 mm 时的 4.02 倍;当波高为 50 mm 时,波峰截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.283 mm,增长到波高为 90 mm 时的 6.02 倍。

由图 8(b)可以看出,波纹钢管涵波谷截面的水平位移变化与波峰截面较为相似。当波高为 90 mm 时,波谷截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.084 mm;当波高为 80 mm 时,波谷截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.102 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 21.43%;当波高为 70 mm 时,波谷截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.147 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 75.00%;当波高为 60 mm 时,波谷截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.223 mm,增长到波高为 90 mm 时的 2.65 倍;当波高为 50 mm 时,波谷截面在 $1/2$ 点的水平位移为 0.335 mm,增长到波高为 90 mm 时的 3.99 倍。

由此可见,波纹钢板的波高与波峰截面、波谷截面的水平位移成反比,波纹钢板的波高对波纹钢管涵的位移影响较为显著。

由图 9(a)可以看出,从顶点到最低点,波纹钢管涵在波峰截面的竖向位移呈减小趋势,在顶点位置存在最大竖向位移。当波高为 90 mm 时,波峰截面的最大竖向位移为 1.955 mm;当波高为 80 mm 时,波峰截面的最大竖向位移为 1.992 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 1.89%;当波高为 70 mm 时,波峰截面的最大竖向位移为 2.050 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 4.86%;当波高为 60 mm 时,波峰截面的最大竖向位移为 2.135 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 9.21%;当波高为 50 mm 时,波峰截面的最大竖向位移为 2.248 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 14.99%。由此可见,随着波高的减小,波纹钢管涵波峰截面的竖向位移越来越大,且增长幅度越来越大。

由图 9(b)可以看出,波纹钢管涵在波谷截面的竖向位移变化与波峰截面较为相似,均在顶点位置存在最大竖向位移。当波高为 90 mm 时,波谷截面的最大竖向位移为 1.938 mm;当波高为 80 mm 时,波谷截面的最大竖向位移为 1.963 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 1.29%;当波高为 70 mm 时,波谷截面的最大竖向位移为 2.018 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 4.13%;当波高为 60 mm 时,波谷截面的最大竖向位移为 2.111 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 8.93%;当波高为 50 mm 时,波谷截面的最大竖向位移为 2.248 mm,相比于波高为 90 mm 时增大 16.00%。由此可见,与波峰截面类似,波谷截面的竖向位移同样与波高成反比,且竖向位移的增长幅度相近。

由图 10 可以看出,随着波高的增加,波峰截面、波谷截面的水平变形和竖向变形越来越小。波高由 50 mm 增大到 90 mm,波峰截面的水平变形由 0.566 mm 降低到 0.095 mm,波谷截面的水平位移由 0.670 mm 降低到 0.167 mm;波峰截面的竖向变形由 0.671 mm 降低到 0.188 mm,波谷截面的竖向变形由 0.668 mm 降低到 0.162 mm。由此可见,增大波纹钢板的波高可以有效提高波纹钢管涵的整体刚度。

3.2 应力分析

提取不同波高条件下波峰截面和波谷截面各点的 Mises 应力如图 11 所示。

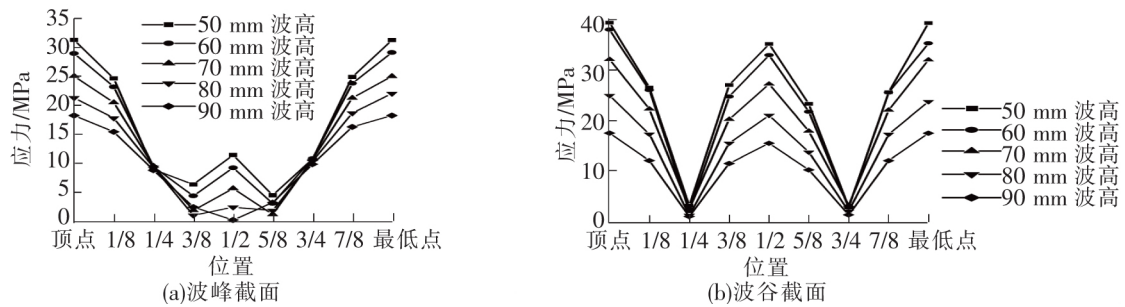


图 11 波纹钢管涵不同波高条件下的 Mises 应力

由图 11(a)可以看出,波峰截面的 Mises 应力在 $1/2$ 点两侧及其附近达到最小值,在顶点或最低点达到最大值。随着波高的减小,顶点和最低点的应力越来越大。当波高为 90 mm 时,波峰截面的最大 Mises 应力为 18.162 MPa;当波高为 80 mm 时,波峰截面的最大 Mises 应力为 21.970 MPa,相比于波高为 90 mm 时增大 20.97%;当波高为 70 mm 时,波峰截面的最大 Mises 应力为 24.961 MPa,相比于波高为 90 mm 时增大 37.44%;当波高为 60 mm 时,波峰截面的最大 Mises 应力为 29.069 MPa,相比于波高为 90 mm 时增大 60.05%;当波高为 50 mm 时,波峰截面的最大 Mises 应力为 31.250 MPa,相比于波高为 90 mm 时增大 72.06%。

由图 11(b)可以看出,波谷截面的 Mises 应力关于 $1/2$ 点对称,在对称一侧呈现先减小后增大的变化趋势。在 $1/4$ 点达到最小值,在顶点、 $1/2$ 点、最低点应力值较大。当波高为 90 mm 时,波谷截面的最大 Mises 应力为 17.814 MPa;当波高为 80 mm 时,波谷截面的最大 Mises 应力为 25.228 MPa,相比于波高为 90 mm 时增大 41.62%;当波高为 70 mm 时,波谷截面的最大 Mises 应力为 32.341 MPa,相比于波高为 90 mm 增大 81.55%;当波高为 60 mm 时,波谷截面的最大 Mises 应力为 38.227 MPa,增大到波高为 90 mm 时的 2.15 倍;当波高为 50 mm 时,波谷截面的最大 Mises 应力为 39.596 MPa,增大到波高为 90 mm 时的 2.22 倍。

综合以上计算结果来看,波纹钢管涵波峰、波谷截面的 Mises 应力与波纹钢板的波高成反比,增加波纹钢板的波高可以有效降低波纹钢管涵的 Mises 应力。

4 结论

综合以上研究,得出以下结论:

(1)波纹钢管涵的水平位移最大值出现在 $1/2$ 点,由顶点到最低点,波峰截面的水平位移先后 3 次呈现先增大后减小的变化趋势,波谷截面的水平位移仅仅呈现一次先增大后减小的变化过程;竖向位移的最大值出现在顶点,竖向位移由顶点到最低点呈现逐渐减小的变化趋势;随着波纹钢板厚度的减小,波纹钢管涵的结构变形逐渐增大,且增长速度越来越快;波高对波纹钢管涵的变形影响与板厚相似。

(2)波纹钢管涵在波峰截面的 Mises 应力最小值出现在 $1/2$ 点及其附近位置,在顶点或者最低点出现较大值,且顶点和最低点位置的应力值较为接近;波纹钢管涵在波谷截面的 Mises 应力较小值出现在 $1/4$ 点或者 $3/4$ 点,较大值出现在顶点、最低点和 $1/2$ 点;随着波纹钢板厚度、波高的减小,波纹钢管涵的 Mises 应力增大。

参 考 文 献

- [1]李静,邱林. 钢波纹管涵在公路建设中的运用及优势[J]. 特种结构, 2017, 34(3): 64-67.
- [2]陆文斌,金隆海,王宝良. 高寒季冻生态区钢波纹管涵施工技术应用[J]. 公路, 2016(6): 73-81.
- [3]张仕艳,陈剑,王军,等. 钢波纹管涵在喀斯特地貌公路工程中的应用研究[J]. 山东交通科技, 2018(6): 59-60.
- [4]陈超. 钢波纹管涵加固技术在高速公路中的应用[J]. 山西建筑, 2016, 42(17): 142-143.

- [5]唐杨,王大为,林锦霞.波纹管加固某钢筋混凝土圆管涵有限元分析[J].河南城建学院学报,2020,29(6):48-53.
- [6]张晓鹤.钢波纹管涵在公路维修改造与应急抢险中的应用分析[J].科技视界,2019(15):186-187.
- [7]张东山,王宪国.大直径钢波纹管涵在多雨山区公路的应用[J].筑路机械与施工机械化,2016(10):75-78.
- [8]David B G, Ian D M. Performance of deteriorated corrugated steel culverts rehabilitated with sprayed-on cementitious liners subjected to surface loads [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2015, 47:222-232.
- [9]骆志红.大直径钢波纹管涵有限元计算分析[J].交通科技,2011(1):40-42.
- [10]彭立,张阳,穆程,等.高填土大跨钢波纹管涵力学性能分析与测试[J].中外公路,2016,36(6):103-108.
- [11]曹海洋,唐杨.波纹管涵与圆形钢管涵的受力性能对比分析[J].长江工程职业技术学院学报,2020,37(4):1-4.
- [12]Baodong Liu, Haibo Sun, Weibo Xu, et al. Research on the law of stress development along backfilling process between crest and valley of buried corrugated steel pipe culverts [J]. International Journal of Steel Structures, 2021, 21(1): 142-153.
- [13]李凌宜,张鹏.钢波纹管涵通车过程中的变形分析及施工工艺优化[J].筑路机械与施工机械化,2018(11):47-51.
- [14]张彦玲,刘宇坤,李运生.波形钢腹板组合箱梁抗扭性能的试验及理论研究[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2021,34(2):1-9.
- [15]刘希宇,赵岩,李易,等.不同波形的波纹钢板覆面冷弯型钢剪力墙有限元研究[J].建筑钢结构进展,2021,23(7): 31-41.
- [16]唐杨.梯形波纹钢板的几何形状对波纹钢板拱的力学性能影响研究[J].钢结构,2018,33(9):19-23,29.
- [17]交通部公路科学研究院.JTG/T 710—2008 公路桥涵用波形钢板[S].北京:人民交通出版社,2008.
- [18]中交公路规划设计院有限公司.JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].北京:人民交通出版社,2015.

Research on Effect of Plate Thickness and Wave Height on Mechanical Properties of Corrugated Steel Pipe Culvert

Tang Yang¹, Wang Guowei², An Hai³, Qi Xingjun⁴

(1. Countryside Highway Administration Bureau of Wufeng Tujia Autonomous County, Yichang 443413, China;

2. Jinan Jinqi Road Survey Design Research Co. Ltd., Jinan 250101, China;

3. Changdu Power Supply Company, State Grid Tibet Power Co. Ltd., Changdu 854000, China;

4. School of Transportation Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China)

Abstract: The finite element model of corrugated steel tube culvert was established according to the F wave shape in “Corrugated Steel Plate for Highway Bridge and Culvert” (JT/T 710—2008), and the mechanical performance of corrugated steel plate culverts were analyzed. At the same time, the effects of plate thickness and wave height on the mechanical properties of corrugated steel culverts were compared and analyzed. Through calculation and analysis, the results show that as the plate thickness and wave height decrease, the deformation and stress of the corrugated steel pipe culvert gradually increase, and the growth rate gradually increases. The horizontal displacement of the corrugated steel pipe culvert in the wave crest section shows a three-time increase and then decreases from the apex to the lowest point. The horizontal displacement of the wave trough section shows a first increase and then a decrease from the apex to the lowest point. Both reaching a maximum at 1/2 point. The vertical displacement of the corrugated steel pipe culvert shows a decreasing trend from the highest point to the lowest one, and reaches a maximum at the highest point. The stress variation trends of adjacent wave crest sections and wave trough sections are obviously different. The minimum stress value of wave crest sections appears at 1/2 point and its vicinity, while the wave trough section has a larger value close to the maximum stress value near the 1/2 point.

Key words: bridge and culvert engineering; corrugated steel pipe culvert; plate thickness; wave height