

高速公路路面加宽技术与方案探析

陈卫华

(湘西土家族苗族自治州交通科学技术研究院, 湖南 吉首 416000)

摘要: 结合湖南某高速公路的加宽改造,介绍了高速公路路面常用加宽方案及加宽技术,并采用 ABAQUS 有限元软件建立模型,对不同加宽方案下路基表面沉降、路基基底沉降进行计算分析。结果表明,单侧和双侧加宽方案对路基表面与底面沉降有着基本相似的影响,但采用双侧加宽方案时新旧路基的沉降差异较小,出现裂缝的可能性减小,宜采用双侧加宽方案进行高速公路路面拓宽。

关键词: 公路;高速公路;路面加宽;新旧路基差异沉降

中图分类号: U418.9

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)04-0094-04

路面加宽无论是在设计还是在施工上都是高速公路改造的关键。高速公路建成通车后,经过长时间的运行,路基完成沉降,而新加宽路面的路基存在沉降,新旧路基的差异沉降会导致新旧路面接缝处开裂。针对这一现象,韩文涛按照南北幅不同的设计标准,对基层松散和破碎是否挖除、旧路面中砾换填如何处理、分隔带封闭路段南北幅标高差的控制及较大弯沉挖除指标的确定等关键问题进行分析,进一步优化旧路面改建方案,达到充分利用旧路面资源、方便施工、节省工程造价的目的;杨阳通过对沈平(沈阳—四平)高速公路交通荷载和沿线地理气候环境的分析,结合路面结构长期耐久性的技术指标,建立加宽的新建路面结构,并针对原路结构的再生利用和新旧路面联结处的耐久性进行优化设计;李峰伟等提出了主线单侧加宽、分离式路基、先匝道分流后分离式路基、主线扩容匝道分流后分离式路基等枢纽互通式立交改扩建方案;刘宁等针对目前路基拓宽工程设计建设中存在的损坏问题,提出了路基拓宽工程设计方法。该文结合湖南某高速公路

路面加宽,对路面加宽技术与方案进行研究。

1 工程概况

湖南某高速公路按照一级公路标准建设,目前是四车道,路基宽度 23 m,其中中央隔离带宽度 1 m,路缘带宽度两边各 0.5 m,车道宽度 3.75 m。由于路面使用时间久远,同时为了应对软土地基施工后沉降较大的问题,路面采用砼和沥青路面混合的形式。基外边坡在雨水侵蚀及冲刷作用下发生滑坡,造成路基水毁及砼路面板脱空等病害。公路内侧边坡为岩土质边坡,垮塌长度约 120 m,垮塌坡面高度约 25.8 m。边坡垮塌导致家庭村的村道外侧路肩垮塌,形成长约 20 m 的缺口。为确保切方边坡的稳定,避免垮坡地质灾害进一步扩展,对发生垮塌地质灾害的内侧边坡进行处治。处治方法以坡面支护处理为主,采用路堑挡土墙进行支挡,然后采用台阶式 C25 砼护坡,坡度较陡的地方采用护面墙。路面的场地勘测参数见表 1,水泥砼路面结构设计见表 2。

表 1 路面的场地勘测参数

土层	厚度/m	湿容重/(kN·m ⁻³)	弹性模量/MPa	泊松比	粘聚力/kPa	内摩擦角/(°)
旧路基	5.0	20	12.0	0.32	30	27
粉土	5.0	20	2.8	0.30	10	20
淤泥质土	5.5	18	2.0	0.35	20	15
粉质黏土	12.0	20	3.0	0.35	13	19
新路基土	5.0	22	12.0	0.33	30	25
桩体	—	—	18 000.0	0.20	—	—
格栅	—	—	1 000.0	0.28	—	—

表 2 水泥砼路面结构设计

结构名称	技术指标
水泥砼面板	抗压强度 40 MPa;抗疲劳强度 1.8 MPa;抗折强度 4.4 MPa
6%水泥稳定石屑基层	根据路基填筑高度、干湿情况、填筑材料确定
4%水泥稳定石屑底基层	厚度与路面基层厚度相同
接缝	在靠近桥涵位置、与柔性面接触位置、坡度发生变化的位置设置胀缝;在临近胀缝的位置采用传力杆加假缝形式,其余采用假缝形式
配筋	传力杆采用直径 2.5 cm 的钢筋,拉杆采用直径 1.6 cm 的螺纹钢,其余采用直径 1.2 cm 的钢筋铺设

2 高速公路路面加宽方案

该高速公路按照一级公路标准建设,路面加宽方案有:

(1) 双侧加宽。在工艺上可细分为双侧拼接与双向分离,其中双侧拼接是目前高速公路双侧加宽施工最常用的方案。双侧拼接是在高速公路两侧分别拼接加宽,可最大程度降低施工对公路运营的影响,但由于施工需两边同时进行,施工难度大。双侧分离加宽方案主要是针对四车道扩建成八车道、四车道扩建成六车道,其中四车道扩六车道方案是在原本单边两车道的基础上分别增加 1 条车道,即加宽后每边 3 条车道,两边共 6 条车道。分离施工方案效率低,对新增土地面积需求高,工程造价大。

(2) 单侧加宽。在工艺上也分为单侧拼接与单侧分离。单项拼接加宽是去除道路中央隔离带,在道路的一侧进行开挖施工、拼接路面,其最大优点是可降低对施工路面的使用,但需拆除道路中央隔离带,对高速公路运营会造成一定影响。单侧分离加宽是以原公路路面作为半片路基,在公路的另一侧铺设新路基,该方式能消除新旧路基不均匀沉降,但因新旧道路标高不一致,会导致不易设置中央隔离带。值得注意的是,单侧分离加宽方案会分离出 1 条车道,不适合四车道变六车道施工,其更适合整数倍级路面扩宽,如四车道扩八车道。

3 路面加宽技术

(1) 基底处理。加宽道路施工之前,清除路基边坡的杂草、石子、淤泥与污水等,对于出现翻浆等危害的路段进行碎石置换,并用推土机碾压使压实度达到要求。

(2) 台阶处理。原道路边坡为 1:1.4 左右,加宽施工中将原路基开挖成台阶形式,使新旧道路形成交错结合的模式,加强新旧道路路基的结合。台

阶宽度控制在 2.1 m 左右,即使受限于施工条件,其宽度也不应小于 1.1 m。另外,3%的内倾向斜坡有助于新旧路基的结合。

(3) 路基填筑材料的选择。原路基因道路长时间运营已被碾压密实,而新增路基必然发生沉降,需根据填筑材料与路面车辆的荷载特点妥善处理可能发生的不均匀沉降。路面加宽中路基填筑需选用透水性较好的材料,如碎石土、石渣等,确保其物理性能满足设计需求,泥炭、淤泥、膨胀土及易溶盐超过允许范围的土不能直接用于路基,强风化软岩石头不宜作为浸水填料。另外,填土方式会影响后期压实度,需引起重视。

(4) 路基碾压。路基填筑施工之前进行相关检验和试验。施工中根据相关规范,结合所选填筑材料的含水量与压实设备采用合理的组合方式,控制碾压次数与速度。同时控制碾压宽度,必要时开展护道铺设,确保碾压强度与密度符合要求。

(5) 路面排水。路面排水是确保新加宽道路路基强度的关键,合理的排水方式能降低路基渗水,避免因渗水导致强度降低的现象。多采用集中排水方式。为增加路基与土地之间的摩擦力,形成土体侧向位移约束机制,在路基补强施工期铺设土工格栅,提升新旧路基的结构强度。土工格栅具有较高的抗拉强度和较低的伸长率,其抗变形能力强,能与土壤形成相互摩擦的整体,镶嵌在路基区域有助于提升路基的承载力与稳定性。

(6) 冲击夯实。制订合理的夯实施工方案,通过冲击夯实提升路基的承载力与强度,避免新旧道路发生不均匀沉降。

4 路面加宽路基沉降分析

4.1 加宽工程路基沉降计算

对于加宽工程路基沉降,先通过分层求和进行计算,再根据经验进行修正,计算公式如下:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} h_i \quad (1)$$

式中: e_{1i} 、 e_{2i} 分别为 i 层路基在重力作用力、重力作用力和均衡附加应力共同作用下达到稳定状态时的空隙比; h_i 为 i 层路基的原始厚度。

路基沉降也可按下式计算:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zi}}{E_{si}} h_i \quad (2)$$

式中: σ_{zi} 为每层界面对应的应力增加量; h_i 为 i 层路基的计算厚度, $h_i \leq$ 基础厚度 b ; E_{si} 为各土层的压缩弹性模量。

4.2 加宽工程路基差异沉降计算

设土层变形模量为 E_s , 则新路基总沉降量为:

$$S_{\text{新}} = \int_0^h \frac{1}{E} \sigma_z(Z) dh = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zi}}{E_{si}} \Delta h_i \quad (3)$$

式中: σ_{zi} 为路基土层均衡附加应力; Δh 为路基计算高度。

如图 1 所示, 旧路基土层荷载分为两侧面三角形荷载与中间矩形荷载, 旧路基深度 Z 处的附加应力为:

$$\sigma_{z2} = K_1 P + K_2 P + K_3 P \quad (4)$$

式中: K 分别为 3 个荷载部分对应的附加应力, 计算公式见式(5)~(7)。

$$K_1 = m \left[\arctan\left(\frac{m}{n}\right) - \arctan\left(\frac{m-1}{n}\right) \right] - \frac{(m-1)n}{(m-1)^2 + n^2}, m = \frac{2A+B+X}{B}, n = \frac{Z}{A} \quad (5)$$

$$K_2 = \arctan\left(\frac{m}{n}\right) - \arctan\left(\frac{m-1}{n}\right) + \frac{mn}{m^2 + n^2} - \frac{(m-1)n}{(m-1)^2 + n^2}, m = \frac{A+B+X}{B}, n = \frac{Z}{A} \quad (6)$$

$$K_3 = K_1, m = \frac{X}{A}, n = \frac{Z}{A} \quad (7)$$

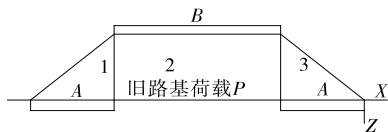


图1 旧路基形成的梯形应力系数

新旧路基任意一点对应的应力为:

$$\sigma_z = \sigma_{z\text{新}} + \sigma_{z\text{旧}} = (K_1 + K_2 + K_3) P_{\text{旧}} + (K_4 + K_5 + K_6) P_{\text{新}} \quad (8)$$

新旧路基差异沉降为:

$$\Delta S = \Delta S_{\text{新总}} - \Delta S_{\text{旧总}} \quad (9)$$

5 ABAQUS 有限元分析

采用 ABAQUS 有限元软件进行模拟, 其中半片旧路基宽度 $b=12$ m, 新增路基宽度 $b_1=8$ m, 全部路基高度 $h=4$ cm, 新旧路基接触面坡度为 $1:1.6$, 以路基 60 m 作为计算模型(见图 2)。

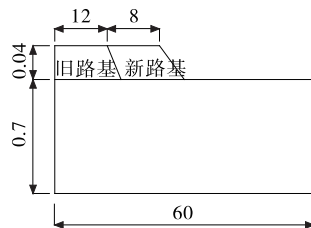


图2 路基土体沉降计算模型(单位:m)

由于旧路基已处于平衡状态, 由此可推算路基原始应力荷载分布, 然后逐级对新路面进行加载。表 3 为路基土体材料参数。

表3 路基土体材料参数

类别	弹性模量/MPa	泊松比	粘聚力/kPa	内摩擦角/(°)	重度/(kN·m ⁻³)
新路基	90	0.32	36	30	20
旧路基	90	0.36	36	30	20
路基	45	0.42	27	30	15

5.1 数值模型基本假设

- (1) 不考虑路基长度。
- (2) 旧路基因时间长久, 地基沉降基本处于静止状态, 当下沉降变化值为零。
- (3) 路基具有良好的几何形状, 具有对称性。
- (4) 对路基采用四边等参单元, 对土体采用蒙特卡洛弹塑性模型。

5.2 不同加宽方案对路基沉降的影响

单侧加宽采用回填旧路基加单侧填方新路基的拼接方式, 单侧加宽宽度分别为 4、8、12、16 m。路基结构属于对称结构, 取一半进行模型分析, 双侧加宽宽度分别为 4、8、12、16 m, 对应半片路基宽度为 2、4、6、8 m。不同加宽方案下路基沉降见图 3~5。

由图 3~5 可知: 1) 采用单侧加宽方案时, 随着车道的增加, 路基沉降呈增长趋势, 但增长速率有所减缓。路基宽度增加, 路基竖向沉降也随着增加。路基加宽至 4 m 时, 竖向最大沉降为 12.4 m; 路基加宽至 8 m 时, 对应竖向最大沉降为 21.4 m; 路基加宽至 12 m 时, 对应竖向最大沉降为 25.4 m。路

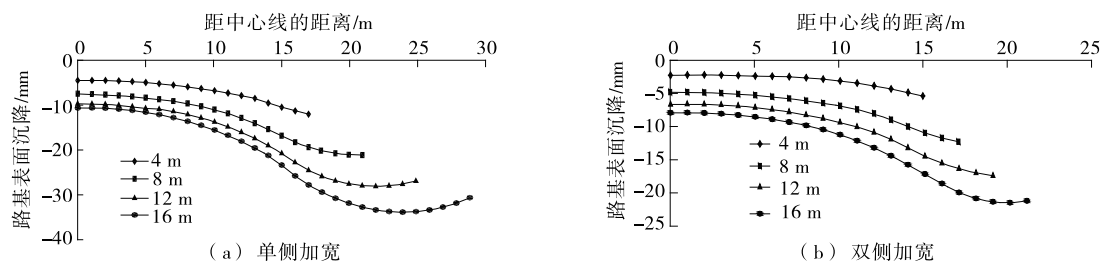


图3 不同加宽方案下路基表面沉降

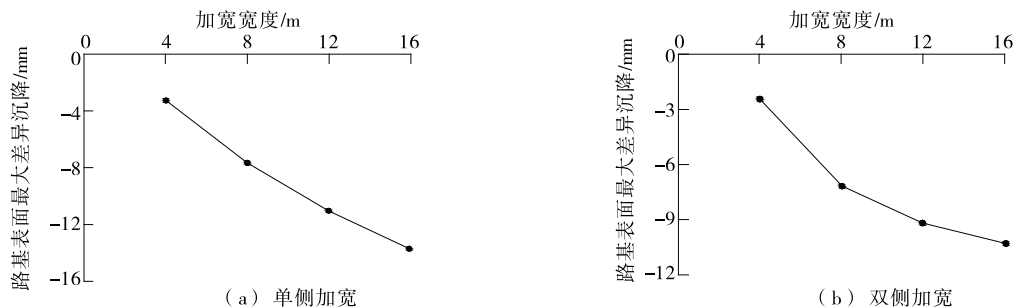


图4 不同加宽方案下路基表面最大差异沉降

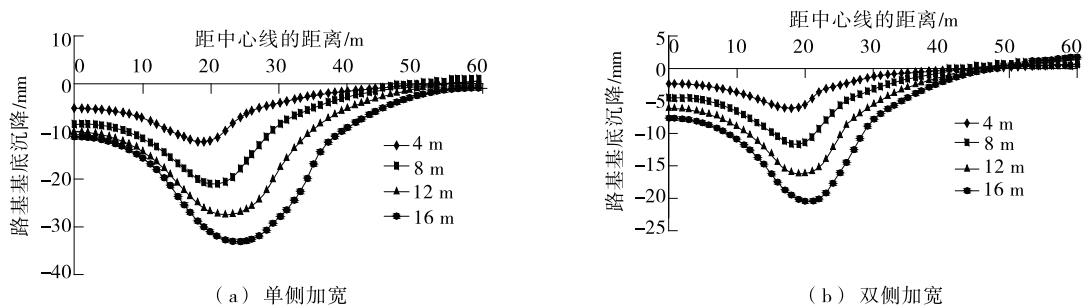


图5 不同加宽方案下路基基底沉降

基沉降程度与路面加宽数值之间并不成比例关系。

2) 采用双侧加宽方案时,道路宽度与原路基中心沉降成正比关系。双侧路基底面水平位移的变化规律与单侧加宽的变化规律相似,呈现路基中心先逐步增大后逐步减小的规律。3) 两方案对比,单侧和双侧加宽方案对路基的表面与底面沉降有着基本相似的影响,但采用双侧加宽方案时新旧路基的差异沉降较小,相应地,出现裂缝的可能性减小。

6 结语

采用单双面加宽方案时,随着路面的加宽,路基荷载呈增长趋势,但幅度有所减小;采用双侧加宽方案时,新旧路基沉降差异较小,出现裂缝的可能性减小,宜优先采用双侧加宽方案。按该方案加宽后,该高速公路平整度与压实度满足要求,结构附加层应力小于结构容许用力,路面加宽方案可行。

参考文献:

- [1] 韩文涛.单侧加宽扩建方式下的旧路面改建几个关键问题的考虑[J].中外公路,2012,32(5).
- [2] 杨阳.沈平高速公路沥青路面加铺加宽改造的优化设计[J].北方交通,2017(5).
- [3] 李峰伟,丁宁.兰考西枢纽互通式立交改扩建方案研究[J].中外公路,2011,31(3).
- [4] 刘宁,吴军军,李大明,等.路基拓宽工程设计方法[J].黑龙江交通科技,2017(10).
- [5] 马建国.高速公路改扩建工程路基路面拼宽技术[J].建材发展导向,2018(5).
- [6] 房修桂.浅谈高速公路改扩建工程加宽路基施工技术[J].中国科技投资,2017(20).
- [7] JTG D30—2015,公路路基设计规范[S].