

文章编号:1673-0062(2014)02-0109-04

# 公路两侧拓宽对水泥路面结构的影响研究

周斌华

(衡阳市公路管理局,湖南 衡阳 421001)

**摘要:**公路改建时路基拓宽方式主要有单侧拓宽和两侧拓宽,公路路基不同拓宽方式影响水泥路面板纵缝布设.本文利用有限元方法建模,得出公路路基两侧拓宽时车辆荷载、温度等因素作用下水泥路面板的应力变化,分析纵向裂缝产生的原因,为公路路基拓宽改建设计与施工提供依据.

**关键词:**公路路基拓宽;水泥路面板;纵向接缝;不均匀沉降

**中图分类号:**U416.2      **文献标识码:**B

## Effect of Both Sides of the Road Widening on Cement Pavement Structure

ZHOU Bin-hua

(Hengyang Highway Administration Bureau, Hengyang, Hunan 421001, China)

**Abstract:** The main methods of subgrade widening of highway reconstruction: unilateral widening and widening on both sides, longitudinal seam design of cement pavement are affected by the different ways of highway subgrade widening. In this paper, analysis model is established by the finite element method, when both sides of the highway subgrade widening stress changes of cement pavement are analyzed under vehicle load, temperature and etc, the reason of longitudinal crack are analyzed, which provide the basis for reconstruction of highway subgrade widening design and construction.

**key words:** highway subgrade widening; concrete pavement; longitudinal seams; uneven settlement

## 0 引言

随着我国交通运输的发展,部分低等级公路逐渐不适应日益增大的交通量及车辆荷载,低等级公路急需改建成高等级公路.在改建过程中,需对原有路基进行拓宽,旧路经过多年运营,旧路路

基的沉降已基本完成,而新拓宽的路基继续固结沉降,导致新旧路基之间产生不均匀沉降.水泥混凝土路面强度高、刚度大,当新旧路基出现不均匀沉降时,混凝土面层将会产生较大的附加应力,当车辆荷载、温度以及不均匀沉降产生的应力之和超过水泥混凝土的容许应力强度时,水泥路面结

收稿日期:2013-12-25

作者简介:周斌华(1972-),男,湖南衡东人,衡阳市公路管理局工程师.主要研究方向:道路桥梁设计与施工.

构的稳定性及行车的安全性受到影响,从而导致水泥路面出现纵向裂缝、横向滑移等病害,造成公路养护费用的提高,并且直接影响到交通运输的正常运营。

公路路基拓宽时,新旧路基时有发生不均匀沉降的现象,从而造成水泥路面出现纵向裂缝,但合理的水泥路面板的设计可缓解水泥路面板过早破坏。本文利用有限元方法对某公路路基两侧拓宽时加铺水泥路面板建模分析,获得新旧路基加宽交界处的路基不均匀沉降对水泥混凝土路面结构产生的应力变化,分析纵向接缝位置对水泥路面应力的影响效果,对水泥路面的应力进行必要的预测及分析,以便更好的指导施工和设计。

## 1 计算模型与参数

公路改建路基拓宽时,拓宽路基上新铺筑的

路面结构不仅承受着车辆的荷载,同时也承受着不均匀沉降产生的附加应力。虽然水泥混凝土路面的刚度及强度相对较高,但其为脆性材料,对路面各结构层的变形适应性较差,在新旧路基的交界处,路面极易出现纵向裂缝<sup>[1]</sup>。路基均匀沉降时对路面的影响不大,因此模型中只考虑不均匀沉降对水泥混凝土路面产生的附加应力。分析水泥混凝土路面不均匀沉降的附加应力及变形时,国内外一般把沉降曲线假设为抛物线或者余弦曲线,将此作为路面结构的边界条件进行计算<sup>[2-5]</sup>。根据以往的研究,新旧路基交界处沉降量较小,随着加宽的路基向路外侧延伸,沉降量逐渐增大,到路边缘时扩宽路基的沉降量达到最大值,不均匀沉降变化的曲线横向呈反拱形。文中计算将不均匀沉降的变化曲线简化为余弦函数表达,加宽路基的沉降如图1所示。

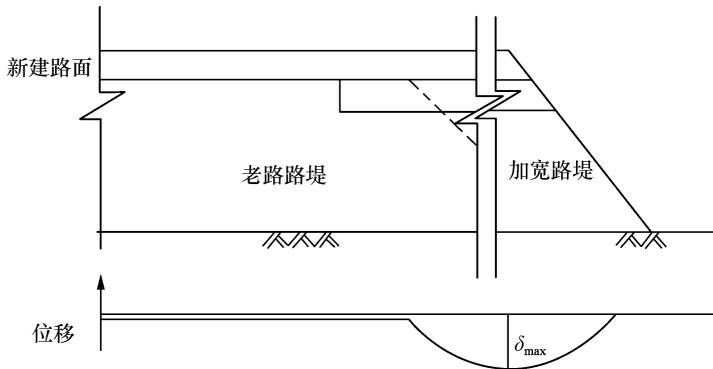


图1 加宽路基沉降形态

Fig.1 Settlement form of subgrade widening

计算时将上述路基沉降的位移曲线作为边界条件进行加载,如果在同一分析步中再加上车辆或温度荷载,这种解法是错误的,路基的不均匀沉降作为初始位移条件进行加载,限制了该模型竖向上的位移,从而忽略了车辆荷载下产生的竖向位移<sup>[6]</sup>,因此将车辆荷载、不均匀沉降以及温度

应力分别进行了计算。计算时在模型施加位移约束的方式进行加载模拟不均匀沉降,从而求出路面结构的附加应力。假设新路基最大不均匀沉降位于路肩处,旧路基部分无不均匀沉降,各结构层为均质、各向同性的线弹性材料,路面结构层中各层材料完全连续,其材料参数见表1。

表1 各层材料参数

Table 1 Layers of material parameters

结构层	材料	弹性模量/MPa	泊松比	厚度/m
路面	C35 混凝土	31 500	0.15	0.3
基层	水泥稳定沙砾	1 300	0.2	0.24
垫层	级配碎石	300	0.3	0.2
旧路基	路基土	50	0.3	1.5
新路基	路基土	30	0.3	1.5

某公路原路基 9 m,分别在两侧加宽 2 m. 水泥混凝土路面宽 11 m,每块混凝土板长度均为 5 m,厚 0.3 m,通过设置不同的接缝位置,得到横向最合适的路面板块划分形式. 混凝土板横向布置为四种形式:工况一、2 块混凝土板 5.5 m + 5.5 m;工况二、3 块混凝土板 4 m + 3 m + 4 m;工况三、3 块混凝土板 3.5 m + 4 m + 3.5 m;工况四、3 块混凝土板 3 m + 5 m + 3 m. 混凝土板与板采用拉杆连接,计算时选择弹簧单元模拟接缝,该弹簧单元方向与路面接缝传荷剪力的方向相一致,刚度大小  $q$  根据 Friberg 理论以及“贡献面积”方法进行计算<sup>[7-8]</sup>,接缝传荷系数等级优良.

## 2 计算结果分析

### 2.1 车辆荷载的影响分析

车辆荷载采用 BZZ-100 标准轴载,轮压 0.7 MPa,轮距 1.8 m,分别作用于四种工况最外侧混凝土板中部纵向边缘处,此处为混凝土板的最不利荷位,得出四种工况在车辆荷载下产生的最大拉应力如表 2 所示.

表 2 各工况混凝土板最大拉应力

Table 2 Maximum tensile stress of concrete slab in each condition

	工况一	工况二	工况三	工况四
最大拉应力/MPa	1.178	1.182	1.184	1.185

从上表的水泥混凝土路面板块的最大拉应力可以看出,当路基无不均匀沉降且接缝传荷系数优良时,路面混凝土板越宽,车辆标准轴载作用下产生的最大拉应力越小,但各工况的混凝土板产生的拉应力差距不大,工况一 5.5 m 宽的混凝土板比工况四 3 m 宽的混凝土板仅仅减少了 0.6%,其差距几乎可忽略不计. 若车辆荷载处于正常载重的状态,车辆荷载作用下接缝的布置位置及板块横向的划分形式对路面混凝土板应力的影响并不大.

### 2.2 新旧路基不均匀沉降的影响分析

在接缝传荷良好以及车辆非大幅超载的情况下,路面横向板块的划分方式的研究重点应该是不均匀沉降及温度对混凝土板应力的影响效果. 新旧路基发生不均匀沉降时,首先发生破坏的混凝土面层<sup>[9]</sup>,当最大不均匀沉降值为 0.1 ~ 2.0 cm 时,四种工况不同沉降值计算出的混凝土

面层应力见表 3 所示,最大不均匀沉降量为 2 cm 时,四种工况混凝土面层的应力变化如图 2 所示.

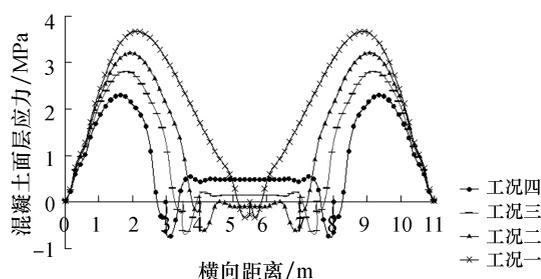


图 2 各工况不均匀沉降的附加应力

Fig. 2 Additional stress of uneven subsidence in each conditions

新旧路基交界处上方,面层混凝土板宽度越窄,相应不均匀沉降导致的附加应力就越小,最大拉应力位于板宽中部靠外侧位置,如 5.5 m 宽的混凝土板,最大应力位于距道路中心线 3.5 m 处. 随着板宽的减小,混凝土面层的最大拉应力位置逐渐向道路中心线外侧偏离.

表 3 各工况新旧路基不均匀沉降产生的附加应力

Table 3 Additional stress of uneven settlement of new and old roadbed in each conditions

最大不均匀沉降量/cm	工况一 /MPa	工况二 /MPa	工况三 /MPa	工况四 /MPa
0.1	0.184	0.161	0.141	0.115
0.2	0.368	0.322	0.281	0.230
0.5	0.919	0.804	0.703	0.576
1.0	1.838	1.608	1.405	1.151
2.0	3.675	3.215	2.810	2.302

从表中可以看出,工况四 3 m 宽的混凝土板的最大拉应力比工况一 5.5 m 宽的板少了 37.36%. 设置 3 条接缝时,新旧路基交界处混凝土板宽度 3 m 时,相对于 3.5 m 板宽度窄了 0.5 m,拉应力少了 18.08%,而板宽减少同样的宽度,3.5 m 宽混凝土板却比 4 m 宽的板拉应力只减少了 12.60%,4 m 板相对于 5.5 m 减少的比例更低. 对于路基每侧加宽 2 m 的旧路改建,混凝土板接缝位置超出新旧路基交界处越远,不均匀沉降产生的附加应力减少的幅度越低,同理,接缝位置越靠近新旧路基交界处,不均匀沉降产生的路面附加应力下降幅度越快,在该部位混凝土宽度减少,得到的收益更大.

### 2.3 温度的影响分析

由上可知,工况四 3 m + 5 m + 3 m 横向混凝土板布置时不均匀沉降的附加应力最低,但该工况混凝土面层中部 5 m 板宽度较大,温度翘曲应力可能较高,若在道路中心线多设置一道接缝,对于 11 m 宽的路面来说接缝设置的数量过多,施工成本升高及工期的延长,路面结构的整体性下降,若接缝施工质量较差,拉杆数量设置少,还容易出现唧泥和错台等病害. 在该地区最大温度梯度下(温度梯度取 88 °C/m),通过 abaqus 有限元软件计算出路面 3 m ~ 5.5 m 宽的混凝土板在正温度梯度下温度翘曲应力,其计算结果见图 3 所示.

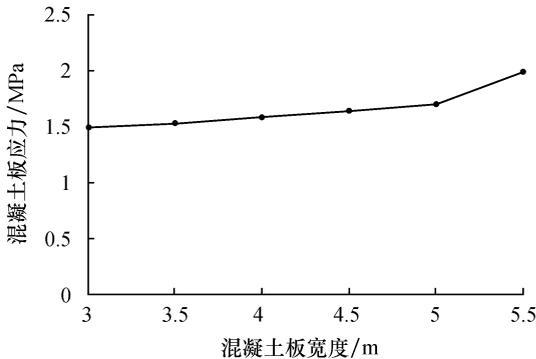


图3 不同板宽时混凝土板温度应力

Fig.3 Concrete slab temperature stress of different plate width

路面混凝土板块宽度 4.5 m 内时,温度翘曲应力变化情况不大,增加的幅度较为平缓,当混凝土板宽度大于 4.5 m 时,温度应力增长的幅度逐渐增大,因此在温度作用下,混凝土板块宽度尽量控制在 4.5 m 以内.

### 2.4 计算结果综合分析

在该路基宽度以及两侧加宽的情况下,最外侧混凝土板块产生纵向裂缝位于板横向中部靠外侧. 混凝土板宽度越窄,新旧路基不均匀沉降导致的附加应力越小,该接缝位置越靠近新旧路基交界处,不均匀沉降产生的路面应力下降幅度越大. 合理的布置接缝位置,能有效的避免路面过早的纵向开裂. 结合温度应力计算的结果,当路面宽度 11 m 时,工况三 3.5 m + 4 m + 3.5 m 板的布置形式最优,每块板的宽度都在合适的范围内,在保证

不均匀沉降和车辆荷载对水泥路面板产生的应力在混凝土容许强度范围内时,同时能有效的避免温度应力过大.

## 3 结论

1) 当公路路基压实度较好,且无不均匀沉降时,在车辆荷载作用下水泥路面板宽度变化时,水泥路面板所受拉应力变化不大;

2) 在温度荷载作用下随水泥路面板的宽度变化,温度产生的应力随此增加,当板宽大 4.5 m 时尤为明显;

3) 在公路路基两侧拓宽时,当新旧路基出现不均匀沉降时,纵向裂缝可能出现在水泥路面板中部外侧. 水泥路面板宽度越小,新旧路基不均匀性沉降产生的附加应力也越小. 纵向接缝接近新旧路基交界处,附加应力下降幅度也越大.

4) 分析表明,工况三 3.5 m + 4 m + 3.5 m 板的布置形式最优.

### 参考文献:

- [1] 吴瑞麟,樊金山,颜昌清,等. 拓宽路基不同沉降形态下沥青路面结构仿真[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2012,40(9):76-80.
- [2] 廖公云,黄晓明,杨庆刚. 不同路面结构对软基不均匀沉降的适应性研究[J]. 公路交通科技,2007,24(4):34-38.
- [3] 李春明. 旧路加宽路面结构适用性分析[J]. 北方交通,2011(11):31-33.
- [4] 文畅平,周建普. 刚性路面半刚性基层在路基不均匀沉降下的力学分析[J]. 科学技术与工程,2005,5(22):1763-1769.
- [5] 曾国东. 新老路基不均匀沉降对路面结构影响研究[D]. 长沙:长沙理工大学,2004.
- [6] Sun Liqiang, Yan Shuwang, He Hongjuan, et al. Study of "Wave Type" uneven settlement and reinforcing method of soft clay foundation [J]. Advanced Materials Research,2011,243-249:2990-2996.
- [7] 张昌尧. 水泥水泥混凝土路面路基不均匀变形分析与控制[D]. 上海:同济大学,2009.
- [8] 周正峰,凌建明,袁捷. 机场水泥混凝土道面接缝传荷能力分析[J]. 土木工程学报,2009,42(2):112-118.
- [9] 李强. 路基纵向不均匀沉降对水泥路面结构的影响[J]. 公路与汽运,2006(1):77-79.