

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.12.011

层间界面条件变化对半刚性基层沥青路面 结构性能的影响

张兴华

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘 要: 针对半刚性基层排水性能较差的特点, 若渗入沥青层的水分不能从基层迅速排走, 将会滞留在基层表面, 软化基层表面, 在车辆荷载的作用下形成泥浆, 使沥青层与基层之间的界面条件从连续状态变为滑动状态或者是半连续半滑动状态。现采用弹性层状体系理论计算分析了层间接触状况发生变化时, 路面结构的力学响应及弯沉的变化情况。结果表明: 当界面条件从连续状态变为滑动状态的过程中, 荷载中心处的面层层底应力逐渐由压应力变为拉应力, 极易引起路面结构开裂破坏。

关键词: 半刚性基层; 界面条件; 连续状态; 滑动状态; 开裂破坏

中图分类号: U416.217

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0038-03

0 引 言

半刚性基层作为我国高等级公路的主要结构形式, 由于其强度高、刚度大、稳定性好、板体性强、弯沉小、具有一定的抗拉、抗疲劳能力以及良好的水稳定性、较长的强度增长龄期和较好的应力扩散能力, 能有效地减薄沥青面层厚度等优点, 加之原材料来源广、造价低廉, 半刚性基层沥青路面在我国的高等级公路的建设中获得了广泛的应用。据不完全统计, 我国 85% 以上的高等级沥青路面基层采用水泥稳定碎石材料铺筑, 并且新建的高速及一、二级公路大多数也采用半刚性基层的沥青路面形式。

水泥稳定碎石基层虽然强度高、刚度大、稳定性好、整体性强、弯沉小, 但同时, 也意味着其存在抗变形能力小、脆性大、自愈能力弱、对重载车辆较为敏感及排水能力较差等弱点。对于易产生温缩裂缝及反射裂缝的沥青路面来说, 横向裂缝产生以后, 为雨水进入路面结构内部提供通道, 水分沿裂缝进入基层、底基层甚至路基, 由于水泥稳定碎石的渗水性能较差, 渗入沥青层的水分若不能从基层迅速排走, 只能沿沥青面和基层的分界面扩散、积累, 滞留在基层表面, 软化基层表面, 形成泥浆使沥青层与基层之间的界面条件从连续状态变为滑动状态或者是半连续半滑动状态^[1]。如果界面不连续, 荷载作用下沥青层

底的拉应力和应变可能超过沥青混合料的极限拉应变, 加剧了沥青面层的疲劳破坏。另外, 由于路面结构层存在材料及施工质量等方面的差异性, 也将大大削弱了路面各结构层间的粘结力。因此, 基层与面层之间的界面条件将是路面结构中的薄弱环节。研究基层间的界面条件, 对于优化路面设计具有十分重要的意义。

1 路面结构参数

选取了我国典型的半刚性基层路面结构用于路面结构性能分析。其路面结构各层模量、泊松比及厚度如表 1 所列。为了更好地描述沥青面层与基层间的界面条件, 定义摩擦参数 ψ , 当 $\psi=0$ 为层间连续, $\psi=1$ 为层间完全光滑, 当 ψ 在 0→1 变化时, 为层间连续至层间完全光滑的渐变过程^[2-3]。

表 1 半刚性基层沥青路面结构参数表

项目	面层	基层	底基层	土基
E/MPa	1 200	1 500	1 300	60
μ	0.35	0.25	0.25	0.45
h/m	0.15	0.25	0.18	—

采用单元均布荷 $r=0.157\ 5, p=0.7\ \text{MPa}$ 作用于上述给定的路面结构组合, 通过改变层间界面条件, 即摩擦参数 ψ 分别取 0, 0.25, 0.5, 0.75, 0.9, 1 等值时, 计算荷载中心两侧各范围内的应力、应变及弯沉值, 具体计算结果分析如下文所述。

收稿日期: 2023-01-06

作者简介: 张兴华(1991—), 男, 工学硕士, 工程师, 从事道路设计工作。

2 沥青面层层底应力、应变计算

半刚性基层与沥青面层的层间界面条件由完全结合到完全光滑的变化过程中,沥青面层底部应力变化如图 1 所示。从图中可以看出,在完全结合条件下,即 $\psi=0$ 时,整个沥青面层底部完全处于受压的状态,当 ψ 增大,界面条件逐渐变为光滑时,沥青面层层底应力也由压应力逐渐变为拉应力,层间接触完全光滑时,沥青路面层底拉应力达到 0.368 9 MPa,相对于层间连续时应力增大比率 3.15 倍(见表 2),对于沥青面层来说这是非常不利的,极易引起沥青面层的底部开裂。

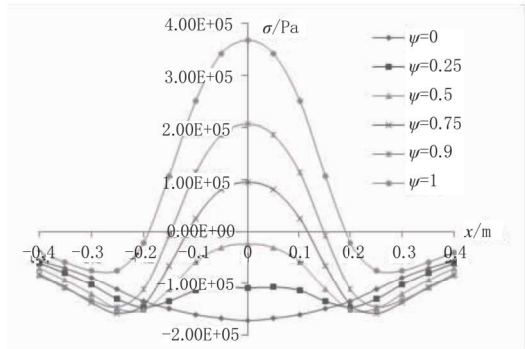


图 1 沥青面层底部处应力随摩擦参数的变化图

表 2 荷载中心处应力值及其增加比率一览表

ψ	0	0.5	1
σ/Pa	-171 600	-23 550	368 900
增加比率		0.862 76	3.149 77

图 2 给出了半刚性基层与沥青面层的层间界面条件变化时,沥青面层底部的应变变化图示。不同于应力,当 $\psi=0$ 时,整个沥青面层底部应变却处于受拉的状态,当 ψ 增大,界面条件逐渐变为光滑时,沥青面层层底的拉应变逐渐增大,层间接触完全光滑时,沥青路面层底拉应变达到 3.566×10^{-4} ,相对于层间连续时应力增大比率 6.868 5 倍(见表 3)。另外,从图 1、2 还可以发现,在距荷载中心 0.2~0.3 m 范围内,存在峰值应力和应变,这在客观上也解释了路面车辙的成因。

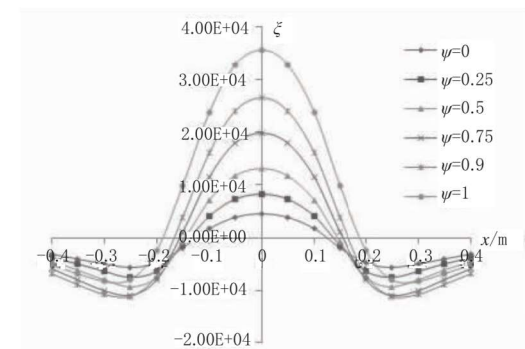


图 2 沥青面层底部处应变随摩擦参数的变化图

表 3 荷载中心处应变值及其增加比率一览表

ψ	0	0.5	1
ε/Pa	4.532E-05	1.309E-04	3.566E-04
增加比率		1.888 4	6.868 5

3 沥青面层内剪应力计算

图 3、图 4、图 5 分别为沥青面层内 $h=0.05 \text{ m}$ 、 $h=0.75 \text{ m}$ 、 $h=0.1 \text{ m}$ 处,剪应力随摩擦参数 ψ 的变化趋势图,从图中可以发现,最大剪应力一般在荷载边缘处达到,但基面间界面条件变化,对面层内的剪应力影响不大。

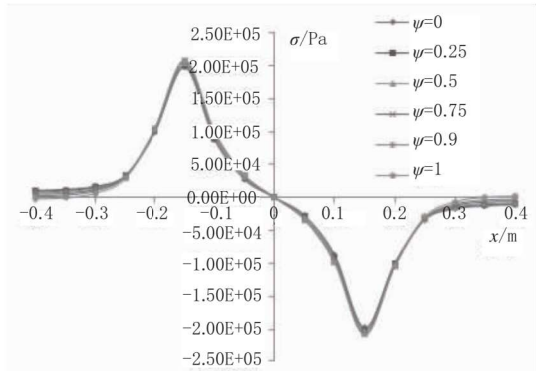


图 3 沥青面层内处剪应力随摩擦参数的变化图

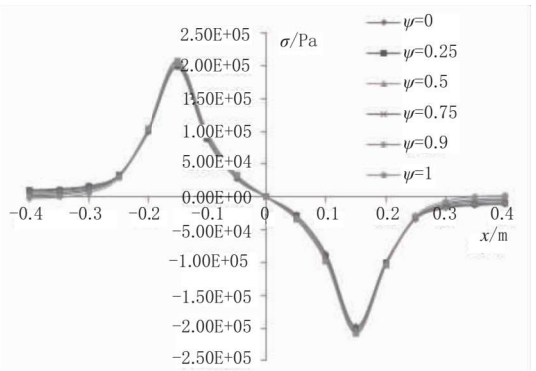


图 4 沥青面层内处剪应力随摩擦参数的变化图

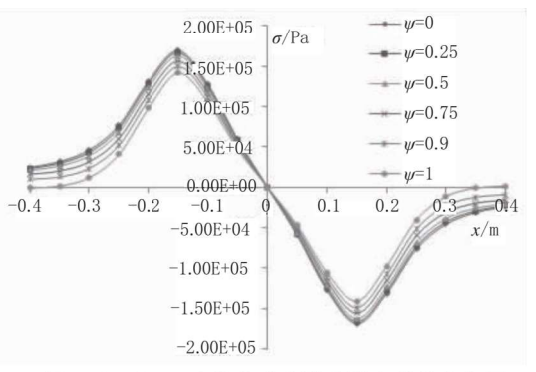


图 5 沥青面层内处剪应力随摩擦参数的变化图

4 路面顶部及基层顶部弯沉计算

路面弯沉反映了路面结构的整体刚度,也是路面设计的重要检测指标之一,观察基面间界面条件变化对其的影响具有十分重要的意义。观察图 6、图

7,可以看出,基层、面层顶部的弯沉均随摩擦参数 ψ 的增大而增大(见表4)。当 ψ 从0变化为1时,其面层顶部弯沉增比率仅为0.3,变化量也仅为0.129 mm,说明弯沉指标对于截面条件的变化不敏感,即:与面层底部的应力应变相比,摩擦参数 ψ 对弯沉的影响很小。

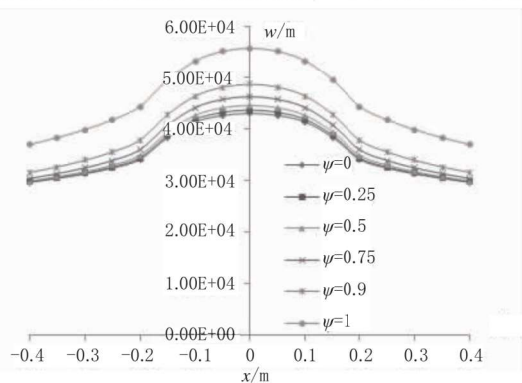


图6 沥青面层顶部弯沉随摩擦参数的变化图

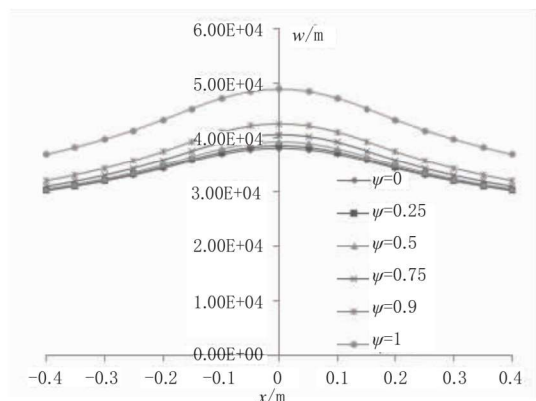


图7 基层层顶部弯沉随摩擦参数的变化图

表4 路基、路面顶部弯沉计算表

ψ	0	1	增比率
面层顶部弯沉 /m	0.000 43	0.000 559	0.3
基层顶部弯沉 /m	0.000 381	0.000 49	0.222 45

5 结 论

(1)半刚性基层沥青路面基面间界面条件,由连续变为光滑的过程中,面层底部应力状态从压应力变化为拉应力,层底拉应变逐渐增大,极易引起沥青面层底部开裂。

(2)界面条件的变化,对面层内剪应力及基层、面层顶部的弯沉影响很小,在进行路面结构分析时可不考虑摩擦参数的变化所造成的影响。

因此,在进行路面结构设计时,需要考虑基面层间的界面条件^[4-5]对路面结构性能的影响,这对于优化路面结构设计,延长路面寿命具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 胡卫国.沥青路面基面层间界面抗剪研究[D].长沙理工大学.
- [2] 孙立军.路面工程[M].上海:同济大学出版社,2012.
- [3] 王吉昌.半刚性基层与沥青面层间界面特性研究[D].长安大学,2013.
- [4] 戴许明.沥青路面抗裂防水技术研究[D].长沙理工大学,2006.
- [5] 武书华,陈华鑫,张久鹏,et al.半刚性基层沥青路面层间界面力学特性与黏结状态的试验研究[J].东南大学学报:自然科学版,2016,46(2):7.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com