

文章编号:1671-6833(2011)01-0022-04

长寿命路面沥青层内应变曲线驼峰现象分析

孙红燕, 郑传超

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘要: 基于陕蒙高速长寿命路面结构组合形式, 借助弹性层状体系理论分析沥青层内水平拉应变的变化规律, 提出消除或缓和沥青层内水平拉应变曲线驼峰现象的措施. 结果表明: 当沥青联结层与沥青基层的模量比 ≥ 1.5 时, 沥青层内应变曲线驼峰出现, 并且随模量比的增大, 驼峰现象加剧. 高模量层的存在是沥青层内驼峰现象出现的根本原因. 只有当沥青联结层与沥青基层的模量比较接近时, 沥青层内应变曲线的驼峰现象才有明显改善. 分析结果为长寿命路面结构设计提供了理论基础.

关键词: 道路工程; 沥青层内水平拉应变; 弹性层状体系理论; 长寿命路面; 高模量层

中图分类号: U416.217 **文献标志码:** A

0 引言

我国沥青路面早期破坏严重, 与采用的设计指标有一定关系^[1]. 而长寿命路面以沥青层底拉应变和路基顶面压应变为设计指标, 关于它的研究处于起步阶段, 还需进一步深入. 目前大量分析都着眼于路面应力及弯沉^[2-7], 而对沥青层应变分析较少. 壳牌(SHELL)设计方法中提到, 当基层与沥青面层之间具有较高的模量比(即 E_2/E_1 较大)时, 沥青面层的最大水平拉应变可能不在层底面而是在沥青面层之内^[8]. 因此有必要对整个沥青层内的应变变化规律进行分析. 路面由于结构组合不同, 其应力应变状态差别也很大. 沥青层内水平拉应变有时会出现沥青层内部分区域大于层底的情况, 它的变化趋势是先增大后减小, 沥青层内应变变化规律曲线中间有明显的突起, 即驼峰现象. 路面沥青层内应变变化规律曲线出现驼峰现象, 对沥青路面路用性能很不利. 以下分析可为如何消除或缓和驼峰现象提供一定的理论基础.

1 路面结构及计算模型的选取

1.1 路面结构及其参数

笔者选取陕蒙高速长寿命路面实验路的两类路面结构进行对比分析, 包括半刚性底基层路面结构和柔性底基层路面结构. 两种路面结构的参数见表1和表2.

表1 计算用半刚性底基层路面结构

Tab.1 Semi-subgrade pavement

结构层	厚度/cm	回弹模量/MPa	泊松比
沥青面层	4	1 200	0.25
沥青联结层	6	1 800	0.25
沥青基层	18	800	0.25
级配碎石	20	500	0.25
水泥稳定碎石	20	1 400	0.25
砂砾垫层	20	150	0.25
土基	—	80	0.35

表2 计算用柔性底基层路面结构

Tab.2 Flexible subgrade pavement

结构层	厚度/cm	回弹模量/MPa	泊松比
沥青面层	4	1200	0.25
沥青联结层	6	1800	0.25
沥青基层	18	800	0.25
级配碎石	20	270	0.25
天然砂砾	20	150	0.25
砂砾垫层	20	150	0.25
土基	—	80	0.35

1.2 计算模型

笔者基于弹性层状体系理论采用标准双圆均布荷载100 kN, 计算轮隙中心处沥青层内水平拉应变. 上述路面结构层间条件按完全连续考虑, 从路表面至沥青底面每隔2 cm取一个计算点.

2 计算结果分析

2.1 沥青层内有无高模量层对沥青层内水平拉应变规律的影响

沥青层内水平拉应变规律与高模量层的相关

收稿日期:2010-09-11; 修订日期:2010-10-27

基金项目:陕西省交通建设科技计划资助项目(0505k)

作者简介:孙红燕(1982-),女,浙江永康人,长安大学博士研究生,研究方向为路面工程, E-mail: xmysch@163.com

情况如图 1 所示.比较时,沥青面层和沥青基层的模量均取 1 200 MPa,沥青联结层的模量分别取 1 200 MPa、1 800 MPa 和 2 400 MPa,其它结构层参数取值按表 1 和表 2.从图 1 上看,随沥青联结层模量增加,沥青层底拉应变基本无变化,路面 8 cm 到 16 cm 位置处的应变逐渐增大,驼峰逐渐出现.因此沥青层内高模量层的存在是沥青层内应变驼峰曲线出现的主要原因.

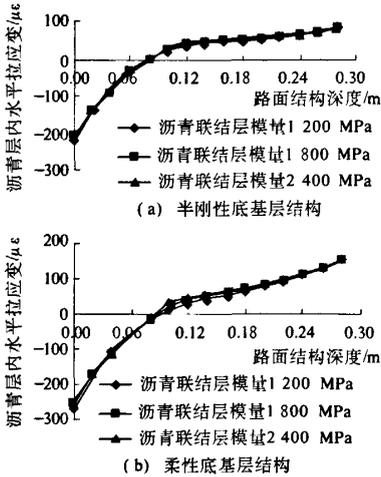


图 1 沥青联结层模量的影响

Fig. 1 Influence of asphalt binder course modulus

2.2 沥青层内存在高模量层时其它参数的影响

2.2.1 沥青基层模量的影响

图 2 为沥青基层模量对水平拉应变的影响.

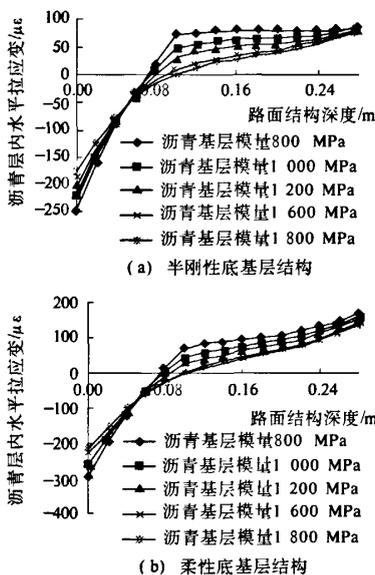


图 2 沥青基层模量的影响

Fig. 2 Influence of asphalt base modulus

由图 2 可见,沥青基层模量增大对沥青层内水平拉应变的驼峰位置没有影响,驼峰位置仍处于距路面 8 cm 到 16 cm 之间.当沥青基层模量相同时,半刚性底基层路面的驼峰现象比柔性底基层路面更加突出,危害更大.另外,图 2 显示沥青基层模量的增加可以有效地削减沥青层内应变的驼峰现象.沥青基层和沥青联结层的模量越接近,则沥青层内应变的驼峰现象就越不突出.因此,沥青基层模量是影响驼峰高度的一个重要因素.但随着沥青基层模量增加,半刚性底基层结构沥青层底水平拉应变基本无变化,柔性底基层结构略有减少,但幅度不大.

2.2.2 沥青联结层厚度的影响

图 3 为不同基层沥青联结层厚度的影响.

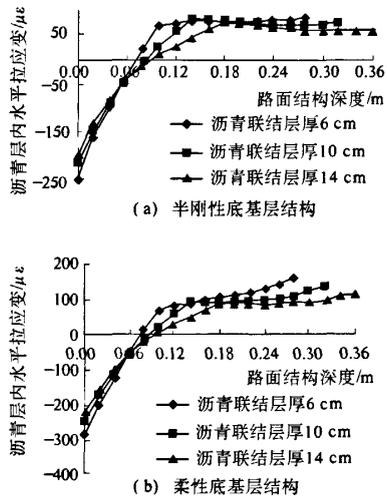


图 3 沥青联结层厚度的影响

Fig. 3 Influence of asphalt binder course thickness

如图 3,不管是半刚性底基层沥青路面还是柔性底基层沥青路面,沥青联结层厚度对沥青层内应变的驼峰位置都产生显著影响.沥青层内应变的驼峰位置随沥青联结层厚度增加而有所移动.沥青联结层厚度增加,驼峰位置向路面结构深处移动.沥青联结层厚度每增加 4 cm,则驼峰位置向路面深处移动约 4 cm.分析发现,沥青层内水平拉应变曲线的转折点出现在沥青联结层和沥青基层层间,但这里计算时层间条件按完全连续考虑.因此,相信沥青层内水平拉应变曲线转折点的出现是由于模量突变.而沥青联结层厚度增加对沥青层内水平拉应变的驼峰现象并没有改善,只是沥青基层底面拉应变有所降低.

2.2.3 沥青基层厚度的影响

图4为沥青基层厚度对水平拉应变的影响。

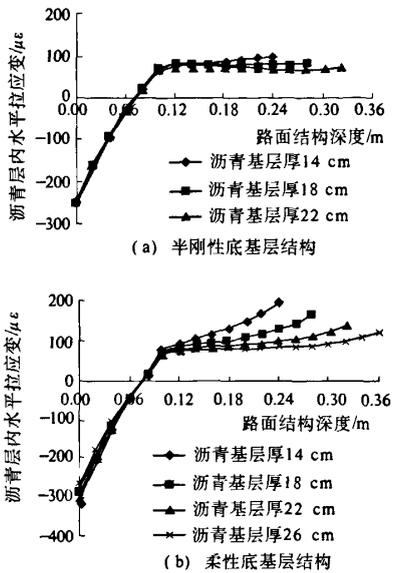


图4 沥青基层厚度的影响
Fig.4 Influence of asphalt base thickness

如图4, 沥青基层厚度的增加只是减小了沥青层底拉应变. 随着沥青基层厚度的增加, 沥青基层底面拉应变减小得很快, 但是距路表约 10 cm 处的应变值基本上不变, 沥青层内应变曲线仍有非常明显的驼峰. 沥青基层厚度的增加并没有影响沥青层内应变的驼峰位置, 此时驼峰位置仍然处于距路表 8 cm 到 16 cm 之间. 也就是说, 当沥青基层厚 ≥ 14 cm 时, 沥青层内水平拉应变曲线的驼峰位置不再移动. 对于半刚性底基层路面, 当沥青基层厚度为 22 cm 时, 沥青层内最大拉应变并不在层底, 而是出现在距路表面 14 cm 处.

2.2.4 级配碎石模量的影响

随着级配碎石模量增加, 沥青层底拉应变迅速减小, 如图5所示. 但是级配碎石模量的增加对沥青层内的应变, 尤其是路表到距路表 16 cm 处之间的沥青层内水平拉应变几乎没有影响. 沥青层内应变的驼峰现象依然很明显, 而且驼峰的位置没有发生移动, 仍处于距路表 8 cm 到 16 cm 之间.

3 沥青层内应变曲线驼峰出现的条件分析

由图1到图5可知, 沥青层内应变曲线的驼峰现象是由沥青联结层和沥青基层的模量差别较大导致的. 图6为沥青层模量为 1 800 MPa 时应

变变化规律. 在图6中, 当沥青联结层模量为 1 800 MPa, 沥青基层模量达到 1 200 MPa 时, 沥青层内应变曲线驼峰现象即开始出现, 随着沥青基层模量减小, 驼峰现象加剧. 由此可得, 当沥青联结层与沥青基层的模量比 ≥ 1.5 时, 沥青层内应变曲线驼峰出现, 并且随着模量比的增大, 驼峰现象加剧. 因此, 对于笔者采用的路面结构建议沥青联结层与沥青基层的模量比应小于 3, 这样沥青层内拉应变最大值仍然出现在沥青层底, 才符合长寿命路面结构设计指标的选取.

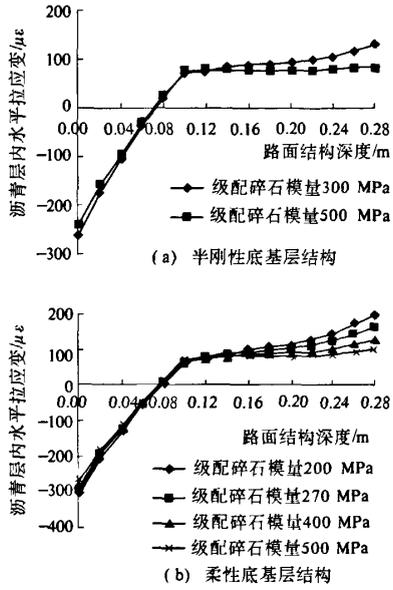


图5 级配碎石模量的影响
Fig.5 Influence of graded broken stone modulus

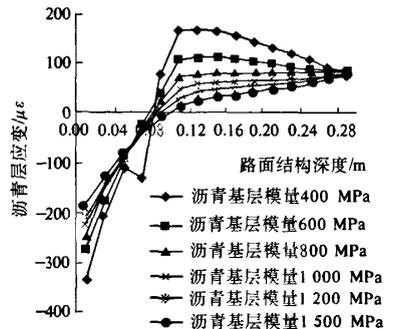


图6 沥青联结层模量为 1 800 MPa 时应变化规律
Fig.6 Horizontal tensile strain with binder course modulus-1 800 MPa

4 结论

(1) 对于笔者采用结构, 高模量层存在是沥

青层内驼峰现象出现的根本原因。当沥青联结层与沥青基层的模量比 ≥ 1.5 时,沥青层内应变曲线驼峰出现,并且随模量比增大,驼峰现象加剧。作者建议沥青联结层与沥青基层的模量比应小于3,这样沥青层内拉应变最大值仍出现在沥青层底,才与长寿命路面设计指标的选取一致。

(2)只有沥青基层模量增加即沥青基层模量和沥青联结层模量比较接近时,沥青层内应变曲线的驼峰现象才会有明显改善。因此,路面内设置高模量层时,不应过分追求高模量,以免加剧沥青层内应变曲线的驼峰现象。

(3)沥青基层模量和厚度及级配碎石模量3参数的改变均不会对沥青层内应变驼峰的位置产生影响,即这3个参数变化,驼峰位置不会发生移动,一直处于距路表8 cm到16 cm之间。

(4)随着沥青联结层厚度增加,驼峰位置向路面结构深处移动。沥青层内水平拉应变曲线的转折点出现在沥青联结层和沥青基层的层间。当沥青联结层较厚时,最大拉应变可能不出现在沥青基层底面,此时需验算沥青层内拉应变才能保证路面结构整体抗疲劳性能。

参考文献

- [1] 姚祖康. 对我国沥青路面现行设计指标的评述[J]. 公路, 2003(2): 43-49.
- [2] VON Q. Hot-mix asphalt layer thickness design for longer-life bituminous pavements [J]. Transportation Research Circular, 2001, 12(5): 66-68.
- [3] 谢水友, 郑传超. 轮胎接触压力对沥青路面结构影响[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2004, 24(1): 12-16.
- [4] 毛成, 邱延俊. 结构层模量对路面力学响应影响的三维数值分析[J]. 交通运输工程学报, 2003, 3(1): 36-39.
- [5] 袁峻, 黄晓明. 级配碎石夹层半刚性基层沥青路面结构分析[J]. 中南公路工程, 2006, 31(5): 43-47.
- [6] 崔鹏, 邵敏华, 王国英, 等. 长寿命沥青路面结构组合探讨[J]. 中南公路工程, 2007, 32(3): 6-10.
- [7] 侯荣国, 王选仓, 冯治安. 长寿命沥青路面结构与裸化技术研究[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2007, 28(1): 72-75.
- [8] 林绣贤. 柔性路面结构设计方法[M]. 北京: 人民交通出版社, 1988: 159-160.

Analysis of Tensile Strain Variation in Asphalt Layer of Long-life Pavements

SUN Hong-yan, ZHENG Chuan-chao

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Based on the pavement structure of Shaanxi and Inner Mongolia Expressway, tensile strain variation regularity in asphalt layer has been analyzed by elastic multi-layered system theory. The method that can get rid of or release the hunchback of strain curve has also been presented. The results show that high modulus layer was the cause of strain hunchback curve of asphalt layer. When the ratio of intermediate layer modulus to base layer modulus is not less than 1.5, the hunchback of strain curve appears. And hunchback phenomenon is more serious with the ratio of intermediate layer modulus to base layer modulus increasing. Only when the intermediate layer modulus is close to base layer modulus can hunchback phenomena of strain curve be ameliorated. The results can give theoretic reference to the design of the long-life asphalt pavement.

Key words: road engineering; tensile strain in asphalt layer; elastic multi-layered system theory; long-life pavement; high modulus layer