

文章编号:1005-0523(2013)02-0033-04

结构层参数对SAMI-R防反射裂缝影响有限元分析

刘仕贵, 于 新

(河海大学土木与交通学院, 江苏 南京 210098)

摘要:水泥稳定碎石基层在我国沥青路面中普遍采用,但因其自身特点容易产生干、温缩裂缝,且裂缝会在荷载和温度的共同作用下反射至路表,从而影响路面的使用性能。通过在基层和面层之间设置橡胶沥青应力吸收层(SAMI-R)是工程中采用较多且行之有效的防反射裂缝方式。采用大型通用软件ABAQUS进行了路面结构的力学分析,得出SAMI-R层厚度增加对防反射裂缝效果不利,适当增加模量有利,厚度的影响要比模量显著;增加面层厚度和模量有利于控制剪切型反射裂缝扩展,但增加到一定程度后面层底将由受压变成受拉,不利于疲劳开裂的控制;增加基层厚度和模量不利于反射裂缝扩展的控制,但影响较小。

关键词:道路工程;SAMI-R;反射裂缝;应力强度因子

中图分类号:U411

文献标志码:A

水泥稳定碎石基层具有“足够强度、适宜刚度、抗冻能力强、水稳性好”等性能而在我国沥青路面中普遍采用,但因其本身特点容易产生干、温缩裂缝,且裂缝会在荷载和温度的共同作用下反射至路表,从而影响路面的使用性能。一般在工程中采用橡胶沥青应力吸收层(stress absorbing membranes interlayer-rubber, SAMI-R)、土工织物夹层、土工格栅等来防治反射裂缝向面层的扩展。其中SAMI-R是一种高弹性低劲度的软夹层,其作用为降低基层与面层之间的粘附阻力,使二者易于蠕动、滑移,从而减少温度下降引起的反射裂缝,同时由于隔开了裂缝端部,它可以降低面层底面的载荷能力^[1]。路面裂缝尖端应力强度因子是判断裂缝扩展的重要指标,应力强度因子越大,裂缝越易开裂扩展,道路的使用寿命就越短^[2]。郑建龙等^[3]对基层有贯通裂缝通过有限元计算了裂缝尖端应力强度因子,指出在沥青面层和半刚性基层之间铺设低弹性模量、大变形率、不易产生低温脆化的应力吸收膜,具有明显的止裂效果。林梦^[1]、白琦峰^[4]、石昆磊^[5]等采用在基层设置一定宽度的裂缝,对不同面层和夹层参数时面层底的应力进行了计算,并与其他夹层对比,指出SAMI夹层具有较好的防裂效果。以上研究中未对应力吸收层的利与弊进行全面分析,由于应力吸收层模量较低,当厚度较大时易使路表弯沉增大,从而使面层底产生拉应力,再加上水泥稳定碎石基层内裂缝通常是微小的,其尖端必存在应力集中现象,因此应采用面层底拉应力和裂缝尖端应力强度因子双重指标来分析SAMI-R层的防裂效果。而结构层参数是沥青路面结构设计中主要内容,对于设置SAMI-R层来防治反射裂缝扩展的路面结构具有重要影响,因此很有必要对结构层参数对SAMI-R防反射裂缝扩展影响进行分析。

1 有限元模型及结构层参数

1.1 有限元计算模型

水泥稳定碎石基层易产生干、温缩裂缝,本模型中主要研究SAMI-R层防反射裂缝效果,因此在基层设置贯通厚度的裂纹以模拟带裂缝的路面结构。采用大型通用软件ABAQUS对沥青路面建立二维平面应变

收稿日期:2013-03-07

作者简介:刘仕贵(1987—),男,硕士研究生,主要从事道路材料研究方面工作。

模型,宽度取6 m,深度方向取3 m,模型底部固定约束,路表自由,道路两侧约束水平位移。为提高计算效率及精度,采用非均匀的网格划分方法,由路面横向两侧向中间逐渐增密,由土基到路表逐渐增密,其中在裂缝尖端对网格进行细化。模型采用等参8节点单元,由于裂缝尖端存在应力集中现象,为提高计算精度,在裂缝尖端部位采用退化的四分之一节点单元^[8],计算模型如图1所示。

根据公路JTG D 50—2006《公路沥青路面设计规范》,本模型假定各结构层间完全连续,采用线弹性理论进行计算,虽然沥青材料具有典型的粘弹塑性性质,但考虑行车荷载的高速瞬时性,在极短的时间内还是主要表现线弹性。路面采用标准荷载轮压 p 为0.7 MPa,相应当量圆直径 d 为21.30 cm,根据等效原则荷载转换为线荷载大小为0.117 371 MPa。根据荷载经过裂缝上方最不利情况,采用两种荷载工况,分别为正荷载和偏荷载,见图2。

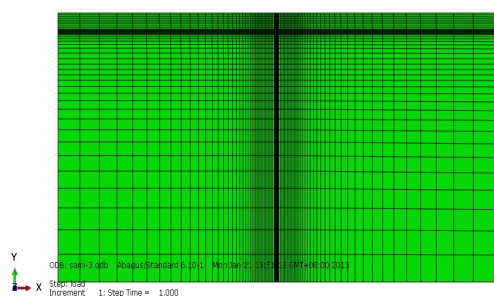


图1 计算模型
Fig.1 Calculation model

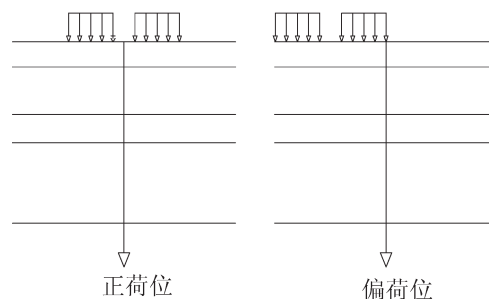


图2 最不利荷载工况
Fig.2 Condition of most unfavorable load

1.2 结构层参数

本模型中采用我国典型路面结构层,包括面层、基层、底基层、土基,其中在基层和下面层之间设置于SAMI-R层。通常面层由上、中、下三层组成,考虑面层粘结相对较好且模量相差不大,为方便计算面层采用一层,厚度为叠加厚度,模量为平均模量。为探讨面层、基层厚度和模量对SAMI-R层防反射裂缝效果的影响,面层厚度按12,15,18,20,22,25 cm变化,模量按1 000,1 200,1 400,1 500,1 800 MPa变化,泊松比为0.25;基层厚度按25,28,30,32,35 cm变化,模量按1 500,1 800,2 000,2 200,2 500 MPa变化,泊松比为0.3;底基层厚度和模量不变为18 cm、800 MPa,泊松比为0.3;土基模量取40 MPa,泊松比为0.4。

由于SAMI-R层为软夹层,模量通常较低,其厚度对路表弯沉影响比较大,特别是当厚度较大时会使下面层底受弯拉作用,易导致疲劳开裂。SAMI-R应力吸收层厚度一般为1~5 cm,模量为10~100 MPa^[1]。为探讨应力吸收层厚度和模量对反射裂缝扩展的影响,选取1~5 cm增量为1 cm为厚度变化参数,模量按10,30,50,70,90,100 MPa变化,泊松比为0.25。

2 计算结果

2.1 SAMI-R层厚度和模量影响分析

正荷位作用时,由于结构及荷载的对称性,可知 K_{II} (裂缝尖端张拉型应力强度因子)等于零,故不予分析(下同)。图3为应力强度因子和面层底拉应力随SAMI-R层厚度、模量变化情况(σ_{II} 表示面层底水平拉应力)。在分析SAMI-R层厚度和模量影响时,面层厚度和模量固定分别为18 cm,1 400 MPa,基层厚度和模量固定分别为30 cm,2 000 MPa。SAMI-R层厚度变化时,模量取定为70 MPa,模量变化是厚度取定为2 cm。

由图3可知,在正、偏荷载作用下,剪切型应力强度因子 K_I 都是负值,说明裂缝尖端处于闭合受压状态。在偏荷载作用下,应力强度因子 K_{II} 随SAMI-R层厚度增加逐渐增大后趋于平缓,在3 cm处达到最大值,随模量的增加逐渐较小后趋于平缓,其中模量对 K_{II} 影响不如厚度影响显著。在正、偏荷载作用下,面层底拉应力随SAMI-R层厚度增加成由负变正成线性增大,随模量增大先由正变负显著减小后趋于平缓,其

中模量影响较显著。由此可见,SAMI-R层厚度增加对防反射裂缝效果不利,模量增加有利。因此,SAMI-R层厚度宜控制在3 cm以内,模量宜控制在50 MPa以上以防止面层底因疲劳拉应力而开裂,但超过70 MPa后面层底已处于受压,再增大模量已无益。

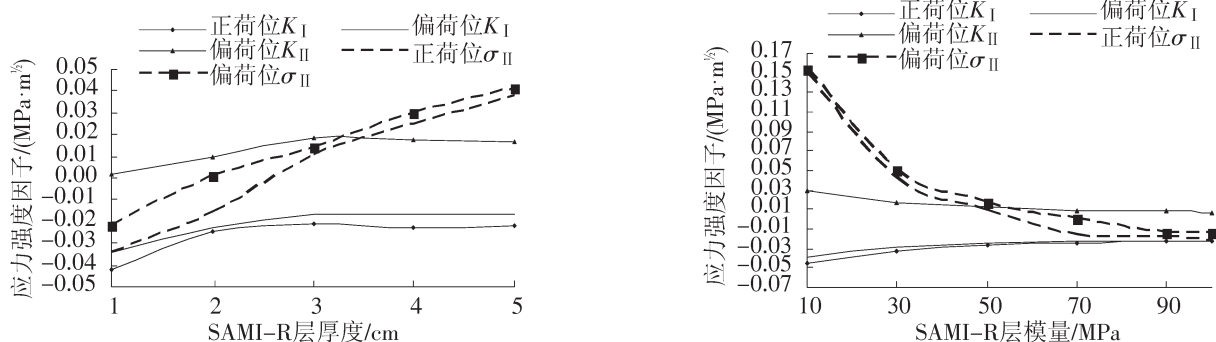


图3 应力强度因子和面层底拉应力随SAMI-R层厚度、模量变化情况

Fig. 3 Changes of stress intensity factor and tensile stress at surface bottom with thickness and modulus of SAMI-R

2.2 面层厚度和模量影响分析

图4为应力强度因子和面层底拉应力随面层厚度、模量变化情况。在分析面层厚度和模量影响时,SAMI-R层厚度和模量固定分别为2 cm,70 MPa,基层厚度和模量固定分别为30 cm,2 000 MPa。面层厚度变化时,模量取定为1 400 MPa,模量变化是厚度取定为18 cm。

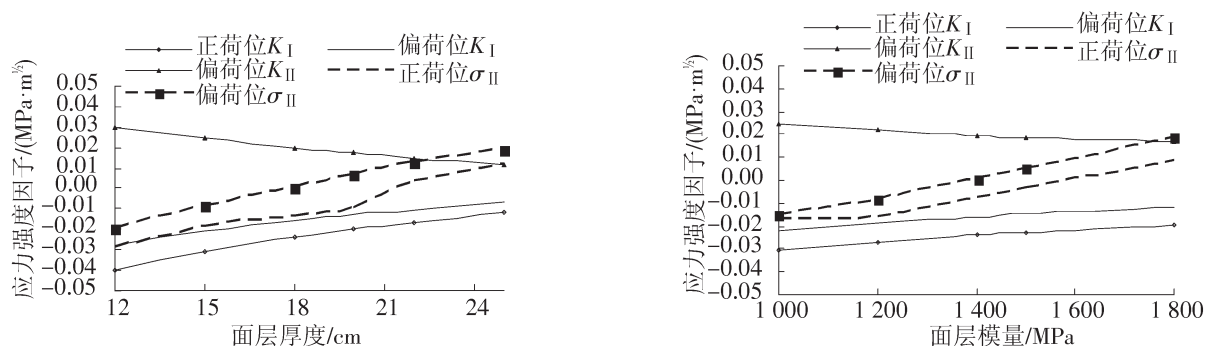


图4 应力强度因子和面层底拉应力随面层厚度、模量变化情况

Fig. 4 Changes of stress intensity factor and tensile stress at surface bottom with thickness and modulus of surface

由图4可知,无论在正荷载还是偏荷载作用下,裂缝尖端应力强度因子 K_I 都是负值,但随面层厚度和模量的增加负值逐渐较小。在偏荷载作用下,应力强度因子 K_{II} 随厚度增加逐渐较小,随模量增加亦逐渐减小,其中厚度影响较模量显著,特别是厚度较小时。在正、偏荷载作用下,面层底拉应力随面层厚度和模量的增加而逐渐由负值变正增大,其中偏荷载作用对面层底拉应力值要显著大于正荷载。由此可见,增大面层厚度和模量都可以减小裂缝尖端应力强度因子 K_{II} ,但厚度超过18 cm、模量超过1 400 MPa后,偏荷载作用下面层底将受拉,易导致疲劳开裂。

2.3 基层厚度和模量影响分析

图5应力强度因子和面层底拉应力随基层厚度、模量变化情况。在分析基层厚度和模量影响时,面层厚度和模量固定分别为18 cm,1 400 MPa,SAMI-R层厚度和模量固定分别为2 cm,70 MPa。基层厚度变化时,模量取定为2 000 MPa,模量变化时厚度取定为30 cm。

由图5可知,正、偏荷载作用下,裂缝尖端应力强度因子 K_I 都为负值,且随基层厚度和模量增加而逐渐增大。在偏荷载作用下,应力强度因子 K_{II} 随基层厚度和模量增加而逐渐增大。基层厚度、模量对面层底拉应力总体影响较小,当其值较小时,偏荷载作用下面层底会出现较小的拉应力,厚度超过30 cm、模量超过

2 000 MPa后,面层底处于受压状态。由以上分析可知,增加基层厚度和模量都将不利于防治裂缝剪切型裂缝的扩展。

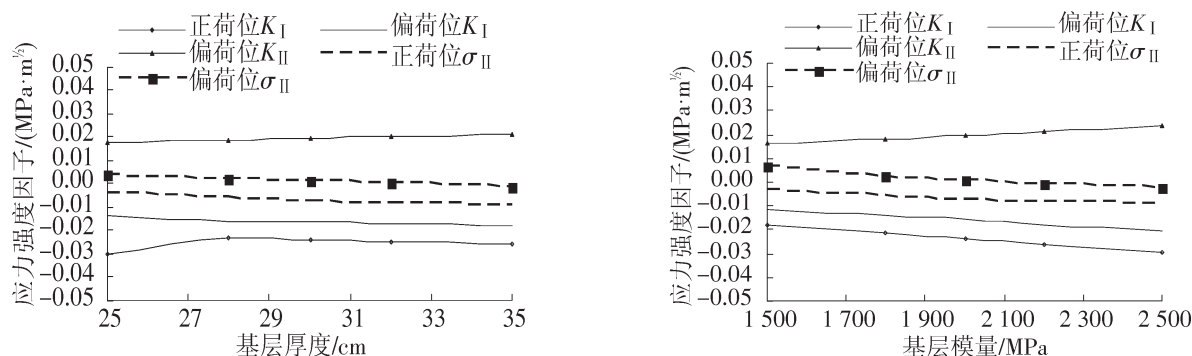


图5 应力强度因子和面层底拉应力随基层厚度、模量变化情况

Fig.5 Changes of stress intensity factor and tensile stress at surface bottom with thickness and modulus of base

3 结论

本研究中得到以下主要结论:

1) 通过计算,正荷位作用下应力强度因子 K_I 为负,裂缝尖端处处于闭合状态;对于面层底拉应力,两种荷位中偏荷载为最不利荷载。

2) SAMI-R层厚度增加对防反射裂缝不利,特别是将引起面层底拉应力的线性增大,易导致疲劳开裂;模量增加有利于剪切型反射裂缝扩展的控制,但模量过大对应力强度因子 K_{II} 减小将不明显。通过计算,考虑裂缝尖端应力强度因子和面层底拉应力,SAMI-R层厚度宜控制在3 cm以内,模量宜控制在50~70 MPa范围内。

3) 对于在基层和面层设置SAMI-R层的半刚性沥青路面,增大面层厚度和模量都可以减小裂缝尖端应力强度因子 K_{II} ,但厚度超过18 cm、模量超过1 400 MPa后,偏荷载作用下面层底将受拉,易导致疲劳开裂;增加基层厚度和模量都将不利于防治裂缝剪切型裂缝的扩展,但其对反射裂缝扩展的影响不及面层参数明显。

参考文献:

- [1] 林梦. 橡胶沥青应力吸收层路用性能研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2008.
- [2] 王宏畅. 半刚性基层沥青路面反射裂缝扩展及寿命研究[J]. 交通运输系统工程与信息,2012,12(2):174-180.
- [3] 郑健龙,张起森. 半刚性路面反射裂缝及其应力强度因子的有限元分析[J]. 岩土工程学报,1990,12(3):22-30.
- [4] 白琦峰. 半刚性基层沥青路面反射裂缝防治措施对比研究[D]. 南京:东南大学,2005.
- [5] 石昆磊. 高粘性沥青应力吸收层防治沥青路面反射裂缝的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.
- [6] 郭东浩,解建光,曹兴国. 水泥稳定灰渣碎石的制备及路用性能初探[J]. 华东交通大学学报,2010,27(2):13-17.
- [7] 周富杰,孙立军. 复合路面荷载型反射裂缝的力学分析和试验路验证[J]. 土木工程学报,2002,35(51-56):22-30.
- [8] BARSOUM, R S. Further application of quadratic isoparametric finite elements to linear fracture mechanics of plate bending and general shells[J]. Int J Fracture, 1975, 11(2):167-169.
- [9] 公路沥青路面设计规范 JTG D 50—2006[S]. 中华人民共和国行业标准,2006.

(下转第77页)

Fast Colorization Technology of Vehicle-Mounted Infrared Video Images

Fan Deying, Jiang Xiangang, Qiu Yunli, Xiong Juan

(School of Basic Science, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper puts forward a color classification method based on color palette technology in the Lab color space so as to carry out efficiently the color processing of vehicle-mounted infrared video images in time. The system firstly applied k-means clustering method to the preprocessed infrared images and obtained the clustering center. Then it segmented the block scenery of infrared video images with classification boundaries obtained by Fisher evaluation function. The appropriate color was thus given to different scenery frames by the color classification method. Experiments show that the proposed color classification method has much higher efficiency which can obtain realistic image color fit for human vision and is convenient for achieving colorization of infrared video images at night.

Key words: K-means clustering; Fisher evaluation function; Lab color space; color palette; classification colorization

(上接第36页)

Finite-element Analysis of Structure Layer Parameters' Effects on SAMI-R Anti-reflection Crack

Liu Shigui, Yu Xin

(College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Cement-stabilized crushed stone base, widely adopted in asphalt pavement, easily produces dry and temperature crack, causing the cracks to be reflected to surface by the function of load and temperature, thus affecting the pavement performance. The installment of stress absorbing membranes interlayer-rubber (SAMI-R) is an effective way to prevent reflection crack propagation between the base and surface layer. This paper uses ABAQUS to analyze the mechanics of pavement structure. It finds out that increasing thickness of SAMI-R is adverse to the prevention of reflection crack propagation while increasing modulus is favorable, which shows the influence of thickness is more significant than modulus. Meanwhile, increasing the top-layer's thickness and modulus is helpful to control the shear reflection crack but the bottom of top-layer will change pressure into tension when up to a certain degree. Increasing the base thickness and modulus is unfavorable for reflection crack propagation control, although the impact is smaller.

Key words: pavement engineering; SAMI-R; reflection crack; stress intensity factor