

研究土工格栅性能与水稳层厚度对面层开裂的影响

Study on the Effect of Geogrid Performance and Thickness of Water Stable Layer on Surface Layer Cracking

高超

Chao Gao

北京城建设计发展集团股份有限公司
中国·北京 100044
Beijing Urban Construction Design &
Development Group Co., Limited,
Beijing, 100044, China

【摘要】基于滇中新区空港大道中段工程主路路面结构设计,采用 ABAQUS 软件分析土工格栅的种类及水泥稳定碎石层厚度对面层开裂的影响。格栅模量越大面层层底越呈现明显的受压状态,水泥稳定碎石层厚度越大面层层底越呈现明显的受压状态,当厚度达到一定值时继续增加基层厚度对改善面层层底受压的效果不明显。综合软件数据分析、经济效益确定水泥稳定碎石基层厚度为 38cm,格栅采用玻纤格栅时,路面面层层底受压且面层不易在荷载作用下发生开裂破坏。

【Abstract】Based on the pavement structure design of the main road in the middle section of airport avenue, central yunnan new area, ABAQUS software was used to analyze the influence of the type of geogrid and the thickness of cement stabilized gravel on the surface cracking. The larger the grille modulus, the more obvious the compression state appears at the bottom layer, and the thicker the cement stabilized gravel layer is, the more obvious the compression state appears at the bottom layer. When the thickness reaches a certain value, increasing the base layer thickness has no obvious effect on improving the compression state at the bottom layer. Based on the analysis of software data and economic benefits, it was determined that the thickness of cement stabilized Macbeth base was 38cm. When glass fiber grille was used for grille, the pavement layer was under pressure and the surface layer was not easy to crack under the action of load.

【关键词】土工格栅;水泥稳定碎石;面层裂缝

【Keywords】geogrid; cement stabilized macadam; the surface cracks

【DOI】10.36012/etr.v2i1.1025

1 引言

文章路面结构依托于滇中新区空港大道中段(文林路至机场北高速)工程。根据《云南滇中新区嵩明-空港片区总体规划(2015~2030年)》,未来嵩明-空港片区将形成以快速路与交通性主干路为骨架,形成“六横四纵”的结构性干路网体系。空港大道是“六横四纵”中的纵三路,是中国云南省滇中新区中部主要车流通道,处于南北向两条发展轴带之间,承担东片区各组团和机场、空港、大板桥等组团的快速交通联系,兼顾机场集疏运和部分货运交通联系功能。沥青路面经常会出现开裂的情况,雨水等流入裂缝后对基层进一步造成破坏,继而继续扩大道路裂缝的趋势,大大降低了道路的使用寿命,甚至影响公路的基本路用性能^[1]。

2 原材料及路面结构

2.1 土工格栅

土工格栅具有强度高、耐腐蚀等特点,是常用的加筋材料之一,对减弱路面开裂、调节不均匀沉降,具有良好的效果^[2]。空港大道中段(文林路至机场北高速)工程采用的是玻纤格栅。不同种类土工格栅的性能参数如表 1 所示。

表 1 不同种类土工格栅的性能

| 种类 | 抗拉强度(kN/m) | 模量/MPa | 密度(kg/m ³) | 泊松比 |
|------|------------|--------|------------------------|-----|
| 塑料格栅 | 64.8 | 1740 | 1100 | 0.3 |
| 玻纤格栅 | 100 | 12100 | 1910 | 0.3 |
| 钢塑格栅 | 150 | 26000 | 2350 | 0.3 |

2.2 项目概况

滇中新区空港大道中段工程项目起点接文林路与云南省

嵩明职教基地 5 号路交叉口处,终点至机场北高速公路。路线全长约 9.45km,道路等级为城市主干路,主辅分离,主路双向八车道,主路设计速度为 60km/h,辅路设计速度为 30km/h。工程概况示意图如图 1 所示。



图 1 工程概况示意图

主路路面结构为 4cm AC-13C 改性沥青混凝土(+0.3%抗车辙剂)上面层;5cm AC-20C 改性沥青混凝土(+0.3%抗车辙剂)中面层;7cm AC-25C 沥青混凝土下面层;乳化沥青稀浆封层+0.6cm 玻纤格栅;沥青透层;38cm 水泥稳定碎石(压实度 $\geq 98\%$,7d 抗压强度 3~4MPa)基层;18cm 级配碎石底基层。

为减少沥青路面面层的开裂破坏,在水泥稳定碎石基层施工完毕后,在基层顶部铺设玻纤格栅^①。主路路面结构参数如表 2 所示。

表 2 项目路面结构

| 结构层 | 厚度/cm | 密度(kg/m ³) | 模量/MPa | 泊松比 | |
|----------|-------|------------------------|--------|------|------|
| 沥青混合料面层 | 上面层 | 4 | 2425 | 2000 | 0.25 |
| | 中面层 | 5 | 2400 | 1800 | 0.25 |
| | 下面层 | 7 | 2415 | 1400 | 0.25 |
| 玻纤格栅 | 0.6 | 1910 | 12100 | 0.3 | |
| 水泥稳定碎石基层 | 38 | 2000 | 3200 | 0.25 | |
| 级配碎石底基层 | 18 | 1850 | 300 | 0.25 | |
| 土基 | - | 1800 | 40 | 0.4 | |

2.3 建模路面结构的确定

根据相关规范要求分别对不同格栅性能和不同水泥稳定碎石基层厚度下的主路路面结构进行建模分析,分析不同变量下面层层底应力的规律,研究对路面开裂的影响。具体的建模路面结构如表 3 所示。

2.4 有限元模型的建立

利用 ABAQUS 有限元软件建立主路沥青路面模型。模型的尺寸为高 3m、长 3m 和宽 3m。模型的约束条件为:底面约束为 $U_1=U_2=U_3=UR_1=UR_2=UR_3=0$,路面横向左右两面为

表 3 建模路面结构

| 结构层 | 厚度/cm | 密度(kg/m ³) | 模量/MPa | 泊松比 | |
|----------------|-------|------------------------|------------------|------|------|
| 沥青混合料面层 | 上面层 | 4 | 2425 | 2000 | 0.25 |
| | 中面层 | 5 | 2400 | 1800 | 0.25 |
| | 下面层 | 7 | 2415 | 1400 | 0.25 |
| 塑料格栅/玻纤格栅/钢塑格栅 | 0.6 | 1100/1910/2350 | 1740/12100/26000 | 0.3 | |
| 水泥稳定碎石基层 | 基层 | 30/38/46 | 2000 | 1350 | 0.25 |
| 级配碎石底基层 | 底基层 | 18 | 1850 | 300 | 0.25 |
| 土基 | - | 1800 | 40 | 0.4 | |

$U_1=UR_2=UR_3=0$,纵向左右两面为 $U_2=UR_1=UR_3=0$,其他表面无约束,层间接触条件为完全连续状态。选取的单元类型为减缩积分的三维二次实体单元(C3D8R)。

标准轴载加载时以双圆荷载模拟轮胎荷载,接触压力为胎压 0.7MPa。荷载作用如图 2 所示。

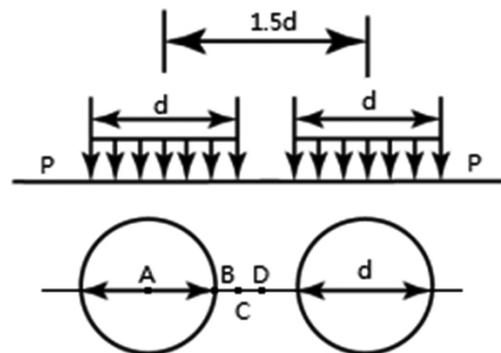


图 2 荷载作用示意图

3 对面层开裂的分析

基于水泥稳定碎石基层厚度为 30cm 的前提下,研究无土工格栅、塑料格栅、玻纤格栅和钢塑格栅四种路面结构的层面层底水平方向应力变化规律,如图 3 所示。

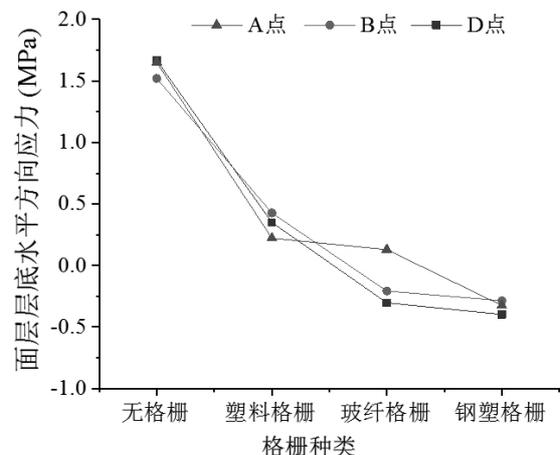


图 3 不同格栅下面层层底水平方向应力变化图

分析图 3 可知,当水泥稳定碎石基层厚度为 30cm 时,路面结构无格栅和有塑料格栅时面层层底水平方向应力为拉应力,表明当水泥稳定碎石基层厚度较小时路面容易出现裂缝,铺贴塑料格栅后会减缓出现裂缝的速度,但面层层底仍然受拉应力,仍容易出现开裂破坏;当路面结构有玻纤格栅和钢塑格栅时,面层层底水平方向应力为压应力,路面结构不易开裂,且铺设玻纤格栅和钢塑格栅时面层层底拉应力数据相差不大,表明当水泥稳定碎石基层厚度为 30cm 时玻纤格栅和钢塑格栅抗开裂效果相当;当水泥稳定碎石基层厚度为 30cm,铺设玻纤格栅和钢塑格栅时面层层底压应力较小,表明当外界条件发生改变路面面层层底容易变为受拉状态,所以水泥稳定碎石基层厚度不易过小。

基于水泥稳定碎石基层厚度为 38cm 的前提下,研究无土工格栅、塑料格栅、玻纤格栅和钢塑格栅四种路面结构的面层层底水平方向应力变化规律,如图 4 所示。

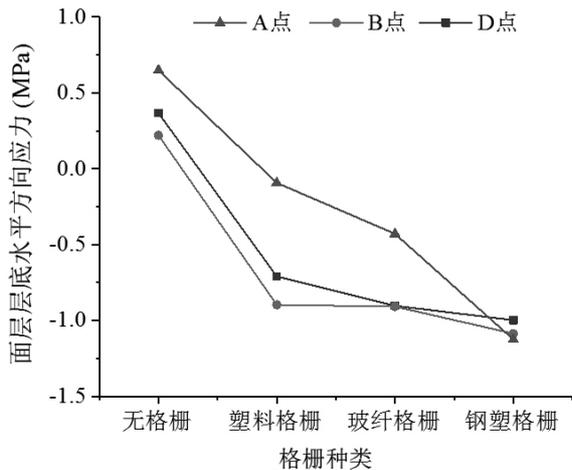


图 4 不同格栅下面层层底水平方向应力变化图

分析图 4 可知,当水泥稳定碎石基层厚度为 38cm,路面结构无格栅时,面层层底水平方向应力为拉应力;当路面结构有格栅时,随着格栅模量越来越大面层层底水平方向应力为压应力,压应力呈现逐渐变大的趋势,应力状态从拉应力变为压应力;当格栅为塑料格栅时,A 点处应力为受压状态,但值非常小,当路面结构发生改变时,A 点处应力很容易变为受拉状态,从而使路面出现开裂损坏;当格栅为钢塑格栅时,面层层底水平方向应力为压应力,且数值最大,防止路面开裂效果很好,但造价较高;当格栅为玻纤格栅时,面层层底水平方向应力为压应力,且数值很大,满足使用要求,造价适中。结合实际防裂效果和造价分析确定玻纤格栅效果最好。

基于水泥稳定碎石基层厚度为 46cm 的前提下,研究无土工格栅、塑料格栅、玻纤格栅和钢塑格栅四种路面结构的面

层层底水平方向应力变化规律,如图 5 所示。

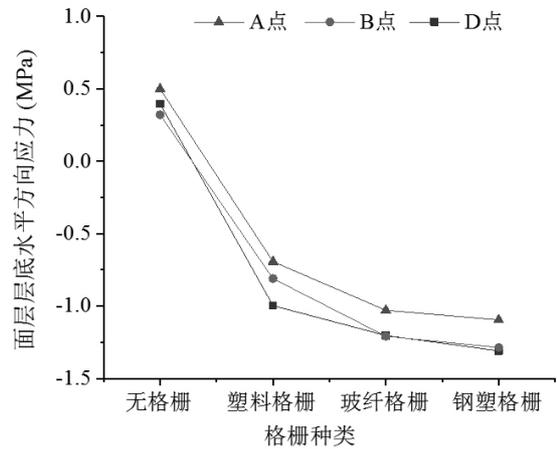


图 5 不同格栅下面层层底水平方向应力变化图

分析图 5 可知,当水泥稳定碎石基层厚度为 46cm,路面结构无格栅时面层层底水平方向应力为拉应力,但拉应力很小,表明水泥稳定碎石基层厚度很大时面层层底不易受拉,路面不容易开裂;当路面结构有格栅时面层层底水平方向应力为压应力,不同种类格栅下的路面面层层底拉应力差距很小,表明当水泥稳定碎石基层厚度很大时,格栅的模量大小对面层层底应力影响较小。

基于铺筑玻纤格栅的前提下,研究水泥稳定碎石基层厚度为 30cm、38cm 和 46cm 下路面结构的面层层底水平方向应力变化规律,如图 6 所示。

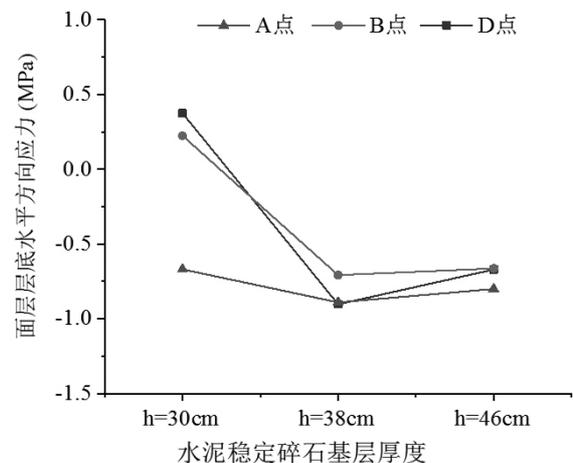


图 6 不同格栅下面层层底水平方向应力变化图

分析图 6 可知,两轮迹中心点位置 D 处的水平应力数值变化较大,对基层厚度最为敏感,A 点处数值变化较小,表明轮迹中心点处面层层底为最容易开裂位置;当格栅为玻纤格栅时,随着水泥稳定碎石基层厚度的增加,面层层底水平方向应力呈现先减小再增加的趋势,面层层底水平方向位置先受

拉再受压;当水泥稳定碎石基层厚度很小时,面层层底受拉,面层层底极易出现开裂破坏,影响道路路用性能,当水泥稳定碎石基层厚度很大时,面层层底受压,且应力逐渐变小。考虑到面层层底受力状态、基层厚度对施工难易程度的影响以及造价相关因素的影响,确定水泥稳定碎石基层厚度为 38cm 时较为合理。

4 结语

①当水泥稳定碎石基层厚度不变时,格栅模量的大小对路面结构面层层底应力影响很大,当格栅模量越大面层层底受压应力,且面层层底压应力随格栅模量的增大而增大;当基层厚度较小时,格栅的模量越大路面越不容易开裂;当基层厚度较大时,格栅的模量大小对减弱路面面层开裂的影响较小。

②当格栅的种类(模量)不变时,水泥稳定碎石基层厚度大小对路面面层层底应力影响较大;当基层厚度很小时,面层

很容易出现开裂现象;当基层厚度达到合适值后再继续增加基层厚度对面层层底应力影响很小。

③基于中国云南省滇中新区空港大道中段(文林路至机场北高速)工程主路路面结构设计,采用 ABAQUS 软件进行数据分析,综合经济相关效益确定水泥稳定碎石基层厚度为 38cm,格栅采用玻纤格栅时路用性能最好。此时路面面层层底受压,且面层不易在荷载作用下发生开裂破坏,抗开裂效果最好。

参考文献

- [1] 于保阳,高超,张荣华,等.东北季冻区透水性沥青混合料路用性能验证[J].沈阳建筑大学学报:自然科学版,2019(3):479-486.
- [2] 张中华,武书华,解江浩,等.基层模量对沥青路面结构的力学响应[J].北方交通,2011(12):13-15.
- [3] 张妍,薛洪华.沥青路面裂缝结构应力分析[J].山西交通科技,2005(1):1-3.